Prosiding

Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016

ISBN:978-979-98731-7-0

Yogyakarta, 27 Oktober 2016

Spirit Kebijakan Satu Peta Dalam Rangka Mendorong Percepatan Pembuatan Peta Desa, Peta Rencana Detil Tata Ruang dan Pembangunan Infrastruktur

Penerbit

Departemen Teknik Geodesi

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta, 2016

Alamat : Jalan Grafika No.2 Bulaksumur, Kampus UGM, Yogyakarta 55281
Telpon/Fax : (0274) 520226
E-mail : geodesi@ugm.ac.id

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab

1. Prof. Ir. Panut Mulyono, M.Eng., D.Eng	Dekan Fakultas Teknik UGM
2. Ir. Virgo Eresta Jaya, M.Eng.Sc.	Ketua Umum ISI Pusat
3. Ir. Prijono Nugroho D., M.SP., Ph.D.	Ketua Departemen Teknik Geodesi UGM
4. Arie Yuriwin, S.H., M.Si.	Kepala Kantor Wilayah ATR/BPN DIY
5. Dr. Oloan Sitorus, S.H., M.S.	Ketua STPN Yogyakarta

Pelindung

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM

Panitia Pelaksana

1. Dr. Catur Aries Rokhmana, S.T., M.T.
2. Dr. Ir. T. Aris Sunantyo, M.Sc.
3. Bambang Kun Cahyono, S.T., M.Sc.
4. M. Iqbal Taftazani, S.T., M.Eng.
5. Annisa Farida H., S.T., M.Eng.
6. Dr. Dwi Lestari
7. Yulaikhah, S.T., M.T.
8. Wahyu Marta M., S.T., M.Eng.
9. Eko Budi Wahyono, M.Si.
10. Arief Syaifullah, M.Si.
11. Bambang Suyudi, S.T., M.T.
12. Hilmiyati Ulinnuha, S.T., M.Eng.
13. Dedi Atunggal, S.T., M.Sc
14. Anindya Sricandra P., S.T., M.Eng.
15. Ruli Andaru, S.T., M.Eng.
16. Dany Puguh L., S.T., M.Eng.
17. Monica Maharani, S.T., M.Eng.
18. Maritsa Faridatunnisa, S.T., M.Eng.
19. Hamari Sikyarto, S.T.
20. Rachmadhiya Salsabila
21. Muthia Khanza Alifta Putri
22. Farikhotul Chusnayah
23. Puji Setianingsih
24. Aditya Aji F.M

Mitra Bestari

1. Dr. Ir. Istarno, Dip. LIS., M.T.
2. Ir. Djurdjani, MSP., ME., Ph.D.
3. Dr. Bilal Ma'ruf, S.T., M.T.
4. Trias Aditya Kurniawan M., C.T., M.Sc., Ph.D.
5. Dr. Ir. Tjahjo Arianto, S.H., M.H.
6. Dr. Catur Aries Rokhmana, S.T., M.T.
7. Dr. Ir. T. Aris Sunantyo, M.Sc.
8. Ir. Prijono Nugroho D., M.SP., Ph.D.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Allah SWT, semoga kita semua bisa memberikan manfaat yang terbaik bagi bangsa dan negara tercinta.

Kebijakan Satu Peta merupakan momen penting yang tidak boleh kita lewatkan. Usaha-usaha untuk mewujudkan tersedianya informasi geospasial pada skala bidang merupakan tanggung jawab kita semua. Hal ini sangat terkait erat dengan tujuan percepatan pembuatan Peta Desa, Peta Rencana Detail Tata Ruang, dan Pembangunan Infrastruktur. Untuk itu Departemen Teknik Geodesi FT-UGM melalui kegiatan 2 tahunan berupa *Conference on Geospatial Information Science and Engineering* (CGISE ke-3) bersamaan dengan penyeleggaraan Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia (FIT ISI) mengusung tema tersebut. Diharapkan pertemuan antara ilmuwan, profesional dan praktisi di bidang geospasial pada kegiatan tersebut dapat memuncul pemikiran, ide dan pengembangan yang bersifat solutif atas permasalahan yang ada.

Kepada para pembicara, pemakalah, peserta dan semua pihak yang telah ikut mensukseskan penyelenggaraan kegiatan ini diucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Yogyakarta, 27 Oktober 2016

Ketua Departemen Teknik Geodesi FT-UGM/
Ketua ISI Komwil Daerah Istimewa Yogyakarta

Ir. Prijono Nugroho Djojomartono MSP., Ph.D.

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	**i**
Susunan Panitia Seminar Nasional	**ii**
Kata Pengantar	**iii**
Daftar Isi	**iv**

Aplikasi Game Pertanahan sebagai Media Peningkatan Pengetahuan Masyarakat terhadap Pelayanan Pertanahan 1
Azmi Rizaldi, Wahyuni

Spesifikasi Teknis Perapatan Pilar Batas Daerah 7
Andriyana Lailissaum

Kajian Teknis *Unresolved Segment* Perbatasan Negara Darat RI-RDTL di Noel Besi/Citrana 13
Muhammad Nurman, ST, MT

Kajian Aspek Geospasial Peraturan Menteri Dalam Negeri No.45/2016 tentang Pedoman Penetapan dan Penegasan Batas Desa 18
Farid Yuniar, Najib KA, Lulus Hidayatno

Pembuatan Geodatabase Penunjang Kegiatan Analisis Kesesuaian Batas antara Batang Tubuh Permendagri tentang Batas Daerah dengan Peta Lampirannya 24
Adhiana Mulawarman, Rochmad Muryamto

Penyusunan Rancangan Pedoman Teknis Pendefinisian Batas Hasil Penegasan Batas Daerah 31
Bil Afin

Pemodelan Arah Pergerakan Lempeng Tektonik menggunakan Data CORS BIG di Selatan Jawa 35
Ayu Nur Safi'i, Yustisi Ardhitasari L.G., Oktadi Prayoga

Perbandingan Metode Interpolasi Terhadap Hasil Pembentukan *Digital Terrain Model* (DTM) 40
Danang Budi Susetyo, Agung Syetiawan

Riset Geospasial untuk Perlindungan Kawasan Laut 45
Fahmi Amhar, Sunarwan Asuhadi

Analisis Terhadap Desain Peta untuk Desa Adat 49
Fahrul Hidayat, Tia Rizka Nuzula Rachma, Fahmi Amhar

Optimalisasi Jumlah Penggunaan Titik Kontrol Tanah Untuk Proses Koreksi Geometri Citra Satelit *Worldview-2* pada Daerah Datar 55
Jali Octariady, Annisa Fitria, Diaz Cahya Kusuma Yuwana, Rofiatul Ainiyah

Pemanfaatan Teknologi GPS *Tracking* Secara *Online* untuk Pemantau Pergerakan Truk Sampah di Kota Palangka Raya 60
Muhammad Alfath, ST.,MT[a], Muhammad Neng Gazali

Estimasi Jelajah *Copter* dalam Pemotretan *Handly* untuk Pemetaan Kawasan Zona Inti Gumuk Pasir Parangtritis Menggunakan Pendekatan Teorema *Pythagoras* 65
Zheni Setyaningsih, Th. Retno Wulan, Farid Ibrahim, Mega Dharma Putra, Anggara Setyabawana Putra, Edwin Maulana, Dwi Sri Wahyuningsih, Tri Raharjo, Erwin Isna Megawati

Peta Ketetapan Rencana Kota (KRK); Status dan Permasalahannya dalam Perpektif Hukum Geospasial 70
Andi Putra Parlindungan

Manfaat DOM (*Digital Orthophoto Mapping*) dalam Rencana Pembangunan Bendungan Bener di Purworejo 75
Dimas Hastama Nugraha[1], Primanda Kiky, Ahmad Zaenuri

Spatial Dynamics and Cellular Automata for Land Use Change Modeling 81
Bagus Indrawan Hardi, Muhammad Faruk

Pengembangan Model Konsolidasi Tanah Pertanian dalam Upaya Penanggulangan Bahaya Pencemaran Limbah Industri 87
Muhammad Ihsan, Bambang Edhi Leksono

Kajian Pemetaan Digital Skala Besar Berbasis Teknologi Fotogrametri *UAV* dan *Close Range* 94
Dara Fara Dilla Ulfiani, Deni Suwardhi, Dwi Wisayantono

Verifikasi Data Tinggi Gelombang Signifikan Hasil dari Metode Pemodelan Numerik SWAN di Laut Jawa Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1 dan Jason-2 103
Dianlisa Ekaputri, Kosasih Prijatna, Wiwin Windupranata, Fanani Hendy Khusuma

3D Modeling of C-130 Hercules A-1315 Airplane (Indonesia) Using Terrestrial Laser Scanner 109
Irwan Gumilar, Fadel Muhammad, Hasanuddin Z. Abidin, Marlonroi Lumbantobing

Land Valuation with Geographically Weighted Regression (GWR) around the Land and Air Transportation Facilities 115
Levana Apriani, Bambang Edhi Leksono

Studi Kinerja CHC Geomatics Office 1.0.1 untuk Pengolahan Data GPS di Berbagai Panjang *Baseline* 121
Odie Syahrozi, Irwan Gumilar, Hasanuddin Z. Abidin, Teguh P. Sidiq, Dhota Pradipta, Brian Bramanto

Pengaruh *Pre-Calibration* dan *Self-Calibration* Kamera Digital Non-Metrik terhadap Ketelitian Hasil Fotogrametri UAV 125
Ribka Cahyaning Siwi, Deni Suwardhi

Pengaruh Konfigurasi Tinggi Terbang dan Jalur Terbang Terhadap Ketelitian Hasil UAV-Fotogrametri untuk Mendefinisikan Bidang Sesar 132
Afri Yudhawan, Deni Suwardhi, Irwan Meilano

On the Performance of a Single-Frequency Low-Cost GPS 139
Brian Bramanto, Irwan Gumilar, Teguh P. Sidiq, Hasanuddin Z. Abidin, Made D. A. Hermawan, Bayu M. Wijayanto

Pemetaan dan Pembangunan Sistem Informasi Geografis di Desa sekitar Kawasan Pendidikan Tinggi, Jatinangor, Sumedang – Jawa Barat 144
Deni Suwardhi, Saptomo Handoro Mertotaroeno, Riantini Vitriana, Aminah Kastuari, Nadia Shalehah, Nur Ainiyah

Pemodelan Spasial Ketahanan terhadap Bencana Alam Menggunakan *Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC)* di Provinsi Daerah Istimewa Yoyakarta 152
Febriana Kuscahyadi, Irwan Meilano, Akhmad Riqqi

Pengaruh Perbaikan Kualitas Foto Terhadap Ketelitian Hasil Fotogrametri – Wahana Udara Nir Awak 157
Kandhila Nuriza Primaswari, Deni Suwardhi, Andri Hernandi

Pemetaan Tiga Dimensi Kampung Toba "Huta Siallagan" sebagai Dasar Pengembangan Sistem *Virtual Tour* Daerah Unggulan Wisata 167
Mohamad Nur Fajri, Deni Suwardhi, Himasari Hanan

Pembangunan Model Tiga Dimensi Interior Ruangan Menggunakan Teknik Fotogrametri dengan Konfigurasi Kamera secara Divergen 173
Nadia Shalehah, Deni Suwardhi, Agung Budi Harto

Analisis Regangan di Sesar Lembang, Jawa Barat, Menggunakan Data GPS Tahun 2006-2015 179
Shafira Irmarini, Irwan Meilano, Dina A. Sarsito, Hasanuddin Zainal Abidin

Analisis Deformasi Berdasarkan Pengolahan Data Pengamatan GPS Tahun 2010 – 2016 di Area Selat Madura 182
S. Wulandari, I. Meilano , D. A. Sarsito , dan E. Gunawan

Estimation of Distribution of Horizontal Velocity Vector of Tectonic Plates/Blocks in Indonesian Region Using Least-Squares Prediction Method 186
Sidik Tri Wibowo, Kosasih Prijatna, Irwan Meilano

Analisis Deformasi di Kepulauan Mentawai dan Sekitarnya Berdasarkan Pengamatan Data GPS Kontinu Tahun 2012-2015 192
Suchi Rahmadani, Irwan Meilano, Nuraini Rahma Hanifa

Kajian Penyesuaian NJOP Bumi Menggunakan Jaring Saraf Tiruan 196
Dr. Andri Hernandi, ST, MT, Alfita Puspa Handayani, ST, MT, Gede Yatha Pradipta, ST, MT

Pemetaan Jasa Lingkungan dan Estimasi Stok Karbon pada Ekosistem Mangrove di Pulau-pulau Kecil 201
Budi Utami Hanjaniputri, Wiwin Windupranata

Studi Konsentrasi Klorofil-A Berdasarkan Teknik Penginderaan Jauh 207
Alifah Noraini, Feny Arafah, Fourry Handoko

Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Membantu Pelaku Ekonomi Menjalankan Kegiatan Ekonominya 210
Dedy Kurnia Sunaryo

Ground Movement Research in Air Dingin Districts Solok Regency, Using Closed Traverses Method and GPS Geodetic 216
Masrinedi Umar, M.Eng, Delfi Saputra

Analisa Proses Perbaharuan Peta Menggunakan Data Citra Satelit Resolusi Tinggi dengan Metode Klasifikasi Digital dan Klasifikasi Digital 222
Cherie Bhekti Pribadi, Teguh Hariyanto, Udiana Wahyu Deviantari

Analisis Pengaruh Lokasi *Central Business District* (CBD) Terhadap Nilai Tanah di Daerah Sekitarnya 228
Udiana Wahyu Deviantari, Yanto Budisusanto, Heri Yuli Safitri, Andy Dediyono

Pembangunan dan Uji Kebergunaan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Pemetaan Industri Kreatif Berbasis Budaya 233
Yanto Budisusanto, Agmalia Dwi Anggraeni

Pembuatan Peta Sarana dan Fasilitas Umum Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas 239
Yastin David Batara, Dewi Nur Indah Sari

Aplikasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle)* DJI Phantom 3 Professional untuk Pemantauan Kegiatan Reklamasi di Blok Mangkalapi PT Arutmin Indonesia 243
Arry Prasetya Nugraha, Mahmud Haris

Pemodelan Dinamika Spasial Kawasan Perkotaan Mamminasata 247
Muhammad Azzam, Rinda Ayun Anggraini

Pemanfaatan Detil Permanen Sebagai Titik Ikat Bidang-Bidang Tanah 253
Eka Asta Kurniawan , Arief Syaifullah, Agung Nugraha Bimasena

Penilaian Ekonomi Kawasan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri Dengan *Travel Cost Method* 259
Eni Retnaningsih, Bambang Suyudi , Sudibyanung

Pengaturan Zoning sebagai Pengendali Pemanfaatan Ruang 266
Westi Utami, Ayu Wahyuningtyas

Pengukuran Monitoring Jembatan Penggaron Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6 276
Fauzi Janu Amarrohman, S.T. M.Eng., Ir. Bambang Sudarsono, MS.,Nur Rizal Adhi Nugroho

Klasifikasi Berbasis Objek untuk Identifikasi Kawasan Industri Menggunakan Citra Landsat 283
Ari Setiani , Yudo Prasetyo ,Sawitri Subiyanto

Analisis Komparasi Ketelitian Posisi dari Pengukuran Satelit GPS GLONASS dan BEIDOU Menggunakan Metode RTK dan *Rapid Statik* 288
B.D. Yuwono , M. Awaluddin , Fathan A.

Penentuan Nilai Ekonomi Dan Tipologi Kawasan Untuk Pemetaan Zona Nilai Ekonomi Kawasan Wisata Kota Semarang Dengan SIG 293
Sawitri Subiyanto

Analisis Nilai Ekonomi Kawasan Menggunakan *Travel Cost Method* (TCM) Dan *Contingen Valuation Method* (CVM) untuk Pembuatan Peta Zona Nilai Ekonomi Kawasan dengan SIG 299
Istighfary Abirama Cininta, Sawitri Subiyanto, Fauzi Janu Ammarohman

Pembuatan Aplikasi Pembelajaran Hitungan Geodesi Berbasis Web 304
Muhammad Iqbal Akhsin, Moehammad Awaluddin, Andri Suprayogi

Hitungan Kecepatan Pergerakan Stasiun SuGAr Akibat Proses Interseismik Gempa Mentawai 2007 309
Much Jibriel Sajagat, Moehammad Awaluddin, Bambang Darmo Yuwono

Penggunaan Parameter Orientasi Eksternal (EO) untuk Optimalisasi Digital Triangulasi Fotogrametri untuk Keperluan Ortofoto 316
Syarifa Naula Husna, Sawitri Subiyanto, Hani'ah

Analisis Luas *Urban Sprawl* dan Pola Sebarannya Dengan Penginderaan Jauh Dan SIG Di Kecamatan Banyumanik Tahun 1992 - 2014 322
Sawitri Subiyanto

Analisis Pola Ruang Sebaran Industri Kawasan Bawen, Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Autokorelasi Spasial 327
Nisrina Niwar Hisanah, Ulifatus Sadiyah, Yudo Prasetyo

Analisis Potensi Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan Citra Satelit Sentinel-1 Sar untuk Pemantauan Aktivitas Penambangan Illegal di Kawasan Brown Canyon-Semarang 331
Yudo Prasetyo, Haniah dan Fajar Thoriq Setiawan

Analisis Pola Pertumbuhan Kawasan Kampus Secara Multi Temporal dengan Autokorelasi Spasial dan *Standart Devitional Ellips* 336
Ulifatus Sa'diyah, Yudo Prasetyo, Andri Suprayogi

Pemetaan Kesuburan dan Pencemaran Air untuk Penanggulangan Dampak Pencemaran Secara Multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur Semarang 341
Aditya Hafidh Baktiar, Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono

Analisis Persebaran Bidang Tanah Berdasarkan Pemanfaatan Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kecamatan Kedungkandang, Malang, Provinsi Jawa Timur) 346
Rico Waskito Putro, ST[a], Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si, M. Awaluddin, ST, MT.

Pembuatan Atlas Arkeologi Penemuan Manusia Purba di Sepanjang Aliran Sungai Bengawan Solo 351
Dwi Wahyuningrum, Heri Sutanta

Pengaruh Bobot Pengukuran pada Perhitungan Perataan Bertahap dari Data Hasil Pengamatan GNSS 357
Asri Ria Affriani, Nurrohmat Widjajanti, Yulaikhah

Kajian Penggunaan GPS Modul pada Penentuan Posisi Exposure dalam Misi UAV 362
Catur Aries Rokhmana, Dedi Atunggal

Pengukuran Laju Sedimentasi Waduk Sermo Berdasarkan Analisa Data Pengukuran Batimetri, Kandungan Tanah dalam Air Sungai, serta Analisa Sedimen Dasar Waduk 366
Bambang K. Cahyono, Agus D. Adhi, Prijono Nugroho, Sumarno, Yulaikhah, Nurrohmat Widjajanti, Waljiyanto, Muhammad I. Taftazani

Pembuatan Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 Berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables* di atas *Google Maps* 372
Aeny Sugianto,Trias Aditya

Ketelitian Posisi Hasil *Stereoplotting* Interaktif dan Otomatis Pada Foto Udara Hasil Pemotretan dengan Wahana UAV 378
Agnes Ryskintia R, Harintaka, Djurdjani

Evaluasi Penentuan Posisi dari GPS Cip dan GPS Modul Eksternal Pada Telepon Pintar 384
Dedi Atunggal, Catur Aries Rokhmana

Evaluasi Pengaruh Keterbatasan Luasan Data Gayaberat Terhadap Ketelitian Penentuan Geoid Lokal 389
Leni S. Heliani, Agustina Nur Syafarianty, Sukma Nur Oktavia

Analisis Kenaikan Tinggi Muka Air Laut dari Data Multi-Satelit Altimetri Tahun 1996 hingga 2015 pada Stasiun Pasut Semarang dan Prigi 394
Maritsa Faridatunnisa, Leni Sophia Heliani

Analisis Data GNSS pada Jaring TGD dan SGY Pematauan Patahan Opak Tahun 2015 dan 2016 400
Nurrohmat W, Leni SH ,Parseno, Ruli A, Afradon AS

Kondisi Data Geospasial dalam Mendukung Pelayanan Pajak Bumi dan Bangunan 408
Purnama Budi Santosa, Subaryono, Diyono, Sidik Dwi Pamungkas

Evaluasi Kesiapan SDM dan Teknologi Informasi Pada Pelayanan Pajak Bumi Dan Bangunan 416
Purnama Budi Santosa, Subaryono, Diyono, Ridho Furqan

Model Prototype 3D Bangunan Heritage Berbasis Geospasial Untuk Mendukung Keistimewaan Yogyakarta 423
Ruli Andaru, Istarno, Gondang Riyadi, Untung Rahardjo

Pembuatan Atlas Daring Sejarah Babad Tanah Jawi Berbasis Metode Penuturan Cerita (Periode Kerajaan Mataram Islam) 429
Sheila Amalia Burhanudin , Trias Aditya K.M.

Pengukuran Titik Kontrol Tanah dan Pemotretan Udara UAV Kawasan Titik Nol Kilometer Yogyakarta 437
Muhammad Iqbal Taftazani, Ruli Andaru, Untung Rahardjo

Securing Digital Land Certificate Using Digital Signature SHA 512 and RSA 443
Eko Sediyono, Leonardo Refialy, Adi Setiawan

Penentuan Luas Lahan dengan Bantuan *Google Earth* 449
Evania Nur Alivah, Adi Setiawan ,Eko Sediyono

Analisis Deformasi Aspek Geometrik 3d pada Titik Kontrol Pemantauan Bendungan Waduk Sermo 456
Dessy Apriyanti, Nurrohmat Widjajanti, Yulaikhah

Penilaian Bidang Tanah Perkotaan Menggunakan Model Persamaan Simultan sebagai Nilai Tunggal untuk Berbagai Kepentingan *(Single Value for Multipurpose)* 462
Nanin Trianawati Sugito, Irawan Sumarto, S. Hendriatiningsih, Bambang Edhi Leksono

Kajian Roadmap Implementasi KerangkaTeknis *Fit-for-purpose Land Administration* sebagai Best Practice Terkini untuk Administrasi Pertanahan di Indonesia 466
Hendry Yuli Wibowo

Otomasi Manajemen Peta untuk Identifikasi Informasi Geospasial di Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat 471
Farizal Arma Bandhono, S.Tr., Arief Syaifullah, S.T., M.Si., Theresia Supriyanti, S.Si.T., M.T.

Membangun Basis Data Pertanahan Desa Melalui Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T) Partisipatif 478
Hary L. Prabowo

Pemetaan Partisipatif Nagari Pamatang Panjang Kecamatan Sijunjung Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat Guna Mendukung Percepatan Pembuatan Peta Desa 487
Dwi Arini, Masrinedi Umar, Octavernandes, Fajrin' Dwi Marsiska Driptufany, Isna Uswatun Khasanah

Membangun Peta Kadaster Kelautan dalam Perspektif UU RI No. 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial 492
Suhadi Maulana, Yackob Astor, Dedi Supriyadi

Membangun Pendaftaran Tanah Tepat Guna untuk Percepatan Proses Pendaftaran Tanah di Indonesia 499
Muh Arif Suhattanto

Studi Pelaksanaan *Graphical Index Mapping* (GIM) dalam Peningkatan Kualitas Basis Data Pertanahan di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo 505
Yudha Kusuma Dharma, Yendi Sufyandi, Kusmiarto

Pengembangan Aplikasi Penilaian Tanah Massal Berdasarkan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Graphical User Interface Untuk Pembuatan Peta Zona Nilai Tanah 510

(Studi di Desa Trihanggo, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman) 510
Bagong Fery Samodra, Senthot Sudirman, Nuraini Aisiyah

Model Konseptual Sistem Informasi Pertanahan Desa 517
Diyono

Realisasi Kebijakan Satu Peta (One Map Policy) Berbasis Peta Desa (Studi Kasus Bantuan Teknis Peta Kelurahan Pakuon, Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung) 523
Yohannes, Fajriyanto, Eko Rahmadi

Tanah Terlantar di Daerah Transmigrasi Desa Waode Angkalo Kabupaten Buton Utara: Analisis Faktor Penyebab 529
Ilmiawan , Djurdjani , Priyono Nugroho DM

Efektifitas dan Peluang Penggunaan UAV Berbiaya Rendah dalam Percepatan Penyediaan Peta Tunggal Pendaftaran Tanah di Provinsi Nusa Tenggara Barat 535
Andhi P. Putra, Mohamad Tanzil, Wahyu Andika, Bayu Aswandono

Studi Kinerja Sistem Penentuan Posisi Beidou untuk Pengukuran GNSS dengan Metode Statik di Kawasan Bandung 541
Marulitua Ignatius, Irwan Gumilar, Hasanuddin Z. Abidin, Dhota Pradipta, Brian Bramanto

Pemanfaatan Data Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan, Pemanfaatan Tanah (P4T) untuk Rancang Bangun Aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa 547
Hengki Saputro S.Tr, Wahyuni SH.,M.Eng, Ir.Slamet Muryono.M.Eng.,Sc

Valuasi Ekonomi Potensi Dampak Kehilangan Lahan Pertanian Akibat Rencana Detail Tata Ruang 553
Senthot Sudirman

Neraca Penatagunaan Tanah: Instrumen Integrasi Tata Ruang dan Pertanahan dalam Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi 559
Sutaryono

Pembuatan Peta Desa sebagai Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Diponegoro dalam Mendukung Percepatan Pembangunan Desa 563
Bandi Sasmito 563

Teknologi dan Kapasitas Geospasial Desa untuk Ketunggalan dan Keterpaduan Perencanaan Wilayah Kabupaten 568
Agus Prijadi Saido

Sistem Manajemen Alokasi Lahan (SIMAL) Sebagai Dasar Dalam Melakukan Alokasi Ruang 573
Dinar Dwi Anugerah Putranto, Sarino, Agus Lestari Yuono

Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan di Indonesia 579
Eko Budi Wahyono, Kusmiarto

Sertifikasi Profesi dan UU Keinsinyuran dalam Menghadapi MEA 586
Waryanta

Peran Program Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral dalam Mencetak Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) untuk mendukung Percepatan Pendaftaran Tanah 593
Nuraini Aisiyah

Pemberdayaan Lulusan SMK Geomatika Menjadi Surveyor Berlisensi 596
Kusmiarto, Eko Budi Wahyono

Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan 602
Eko Budi Wahyono

Uji Ketelitian Hasil Pemotretan UAV untuk Pemetaan Wilayah Lingkungan Pantai Skala 1:10.000 608
Nadya Oktaviani

Peran Airborne LiDAR Dalam Percepatan Pembangunan Infrastruktur Kereta Cepat Jakarta-Bandung 612
Listiyo Fitri

Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pembangunan Infrastruktur Pantai Boom Kabupaten Banyuwangi 620
Sri Sukmawati, Tara Budi Prakoso

Relation between Modeled and Observed of Geophysical Effects Based on Global Positioning System Data 626
Arisauna M. Pahlevi, Kosasih Prijatna, Irwan Meilano & Ibnu Sofian

Peran CORS Badan Informasi Geospasial dalam Mewujudkan Kebijakan Satu Peta 632
Dina Fitriana, Joni Efendi

Implication of Co-seismic Deformation of 11 April 2012 Wharton Basin Earthquake into National Geodetic Datum Indonesia 638
Susilo, Hasanuddin Z. Abidin, Irwan Meilano, Benyamin Sapiie, Joni Efendi, Antonius B. Wijanarto

Benchmarking Aplikasi Web SRGI sebagai Salah Satu Sistem Informasi Referensi Geospasial berbasis Internet di Indonesia 642
Isnaini Annuriah Mundakir

Percepatan Pemetaan Persil Menggunakan Teknologi *Mobile Base* (MOBS) RTK Beidou dan RTPPP 648
Heri Andreas, Dhota Pradipta, Dina A Sarsito, Irwan Gumilar, Mohamad Gamal

Studi Tingkat Presisi Komponen Tinggi System RTK Beidou untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Referensi Kerangka Vertikal Survey dan Pemetaan 654
Dina A Sarsito, Heri Andreas, Dhota Pradipta, Mohamad Gamal

Kajian Jaring Kontrol Horizontal Alternatif sebagai Kerangka Referensi dalam Mendukung *One Map Policy* di Indonesia 658
Totok Agus Widodo, Heri Andreas

Kualitas Data Geospasial dalam Penyelenggaraan Kebijakan Satu Peta 665
Akhmad Riqqi

Rancang Bangun Geodatabase Kebencanaan dalam Mendukung Percepatan *One Map Policy* 671
Dewi Kania Sari, Soni Darmawan, Sumarno, Indrianawati

Integrasi Informasi Geospasial Rencana Tata Ruang Wilayah dalam Rangka Mendukung *One Map Policy* 677
Puspa Kusumawardani

Uji Akurasi Model Geoid Global untuk Penentuan Tinggi Ortometrik di Wilayah Land Subsidence 683
Ir. Bambang Sudarsono, MS. , Fauzi Janu Amarrohman, ST., M.Eng. , Galih Rakapuri, ST

Evaluasi Sistem Tinggi dalam Pengadaan Jaring Kontrol Vertikal dengan Metode Sipat Datar di Kota Semarang 689
Nurrohmat Widjajanti, Leni S. Heliani, L. M. Sabri

Perkembangan Metode Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit 694
Dimas Hanityawan S., Abdul Basith

Pengukuran Titik Kontrol Tanah dan Pemotretan Udara UAV Kawasan Titik Nol Kilometer Yogyakarta 699
Muhammad Iqbal Taftazani, Ruli Andaru, Untung Rahardjo

Kajian Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi *Multiple Image* untuk Pemetaan Skala Besar 704
Monica Maharani, Harintaka, Prijono Nugroho D

Pemanfaatan ESRI Geoportal untuk Pembuatan Geoportal Kabupaten Kulon Progo 710
Hamari Sikyarto, Heri Sutanta

One Map Policy Sebagai Instrumen Pemersatu 716
Helik Susilo, Kariyono

Analisis Tingkat Kerawanan Tsunami di Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo 721
Hesti Nur Septa Anggraini, Harintaka, Abdul Basith

Aplikasi *Android* untuk Penilaian Tanah 726
Muhamad Irfan Yudistira,Kariyono ,Slamet Muryono, Sudibyanung

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Penutup Lahan di Daerah Istimewa Yogyakarta dari Tahun 2002 hingga 2015 731
Retno Agus Pratiwi, Harintaka

Rencana Bisnis Pembuatan Web Sosial dan Retailer "Bangkit Bangsaku" Berbasis Sistem Informasi Geografis 737
Farouki Dinda Rassarandi, S.T., Fulgentius Gary Christianto, S.T.

Prediksi Ketahanan Pangan dengan Analisis Perubahan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Kulon Progo) 743
Eldynand Trissandi Tyawarman, Prijono Nugroho Djojomartono

Uji Kualitas Data Pengukuran Titik Kontrol Pemantauan Waduk Sermo Tahun 2016 749
M. Iqbal Taftazani, Waljiyanto, Prijono Nugroho, Yulaikhah, Agus Darmawan Adhi, Nurrohmat Widjajanti, Bambang Kun Cahyono

Analisis Perubahan Kondisi Pasang Surut Laut Menggunakan Model Pasang Surut Global dan Regional (Studi Kasus di Perairan Selatan Jawa) 755
Abdul Basith, Made Sapta Hadi

Kajian Zonasi Ancaman Tanah Longsor di Kabupaten Banjarnegara 760
Arief Laila Nugraha, Hani'ah, Dhuha Ginanjar Bayuaji

Analisis Fluktuasi Produksi Padi Akibat Kekeringan dan Banjir di Kabupaten Demak 767
Hani'ah, Arief Laila Nugraha, Adhelina Rinta Iswari

Aplikasi Mobil 3D Laser Scaner untuk Pekerjaan Survei Pertambangan Terbuka 773
Samantha Dwi Parana

Implementasi Fit Untuk Tujuan di Indonesia 778
Dwi Budi Martono

Penggunaan Drone Dji Phantom 4 untuk Percepatan Pengukuran Dan Pemetaan di Kelurahan Bukit Lama (Kota Palembang), Desa Kemalaraja Dan Desa Sukaraya (Kabupaten Ogan Komering Ulu) 783
Ir. Alim Bastian, MM, Abdullah Adrizal, ST., MM, Catur Wicaksono, SIT, Dewi Dharmayanti Hutabarat

Aplikasi Game Pertanahan sebagai Media Peningkatan Pengetahuan Masyarakat terhadap Pelayanan Pertanahan

Azmi Rizaldi[a], Wahyuni[b]

[a,] Alumni STPN, Staf Kantor Pertanahan Kab. Tanah Bumbu-Kalsel (azmi1453@gmail.com)
[b,] Dosen STPN (wahyuniwidigdo@gmail.com)

ABSTRACT

Research backgrounds: 1) because until now there is no interesting media education and attractive counseling for Indonesian people regarding land services. 2) because the techniques/methods of education by the National Land Agency is still has some drawbacks. The research purposes were: 1) to find out how to manufacture land gaming applications and 2) to find out the effect of gaming applications in increasing public knowledge and perceptions about land services in Indonesia. The research method is Research and Development, development method using prototyping and experimental method using pre-test post-test control group design. research involved 30 respondents selected by random sampling method, which is divided into two groups, namely control (15 persons) and experimental (15 persons). The final result of research is land gaming application that have been tested internally and externally. The trial results showed a significant influence on the game application (t test, sig <0.05) that increase public knowledge of the land after playing the game by 39%, and improve public perceptions of land services in Indonesia. In conclusion, the game application is suitable as a medium of public education regarding land services at the same time capable of fixing people's negative perceptions of land services to be positive.

Keywords: Game application, educational media, land services

Pendahuluan

Latar Belakang

Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) adalah lembaga non-departemen di Indonesia yang diamanahi oleh undang-undang untuk melaksanakan pendaftaran tanah di seluruh wilayah Indonesia. Hal itu termuat dalam pasal 19 ayat (1) Undang-undang Nomor 5 tahun 1960 (UUPA) bahwa untuk menjamin kepastian hukum oleh Pemerintah diadakan pendaftaran tanah di seluruh wilayah Republik Indonesia menurut ketentuan-ketentuan yang diatur dengan Peraturan Pemerintah. Pentingnya pendaftaran tanah diuraikan pada Pasal 3 PP No.24 tahun 1997 yaitu memberikan kepastian hukum dan perlindungan hukum kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah, menyediakan informasi kepada pihak-pihak yang berkepentingan, dan terselenggaranya tertib administrasi pertanahan. Saat ini, menurut artikel yang dirilis website BPN tanggal 7 Desember 2015, kewajiban pendaftaran bidang tanah di Indonesia tersebut baru terlaksananya (di luar kawasan hutan) sebanyak 35.789.766 bidang (sekitar 40%) dari total 90.663.503 bidang.

Pendaftaran tanah akan terhambat jika di kalangan masyarakat beredar persepsi negatif mengenai pendaftaran tanah. Dalam berita yang dirilis oleh Media Online Prokal tanggal 30 Januari 2016, ada pendapat yang berkembang di masyarakat bahwa proses pensertipikatan itu berbelit-belit dan mahal. Oleh karena itu, penting kiranya agar persepsi negatif tersebut dapat diperbaiki sehingga meningkatkan minat masyarakat Indonesia untuk mensertipikatkan bidang tanahnya.

Kesuksesan pendaftaran tanah di Indonesia juga tidak terlepas dari tingkat pengetahuan pertanahan masyarakat. Semakin akrab masyarakat dengan pelayanan pertanahan, maka semakin besar pula kemungkinan mereka untuk mendaftarkan bidang tanahnya. Menurut Mokhamad Efendi (1996: 63), ada keterkaitan antara penyuluhan pertanahan dengan tingkat ketertarikan masyarakat di Kecamatan Susukan, Kabupaten Banjarnegara, untuk mensertipikatkan tanahnya. Suatu penyuluhan pertanahan sudah tentu meningkatkan pengetahuan masyarakat akan pertanahan, dan hal tersebut berdampak positif pada tingkat kebersediaan masyarakat untuk mendaftarkan bidang tanahnya. Sementara itu, menurut Dominikus B. Insantuan (2006: 37) berdasarkan penelitian di Kecamatan Kota Kefamenanu

Kabupaten Timor Tengah Utara Propinsi Nusa Tenggara Timur, penyuluhan juga menyebabkan banyaknya masyarakat turut mengajukan permohonan hak untuk mendapatkan sertipikat tanah.

Saat ini, selain penyuluhan, ada beberapa metode/media yang digunakan ATR/BPN dalam mengedukasi masyarakat mengenai pelayanan pertanahan, antara lain media cetak, brosur, papan pengumuman, acara EXPO, program Larasita, broadcast radio, dan website BPN. Namun pada faktanya, menurut Yoseph Nai Helly (2010: 115) masih terdapat beberapa kelemahan antara lain: 1) masih kurangnya sumber daya manusia baik kuantitas maupun kualitas untuk melaksanakan pelayanan informasi pertanahan, 2) alokasi dana yang dibutuhkan sangat besar, 3) keterbatasan waktu, dan 4) banyaknya pekerjaan rutin kantor yang harus diselesaikan. Oleh karena itu, media edukasi alternatif yang dapat menutupi kekurangan tersebut menjadi penting untuk diciptakan.

Media edukasi dapat berupa multimedia berbentuk game. Pada awalnya, game diciptakan murni untuk hiburan bagi anak-anak. Seperti yang dikemukakan oleh J. Fritz (1991, dalam Maria Peter, 2010: 28), game sudah ada sejak ribuan tahun yang lalu dan dipraktekkan di berbagai belahan dunia sebagai alat edukasi untuk anak-anak. Namun seiring berkembangnya zaman, game kemudian dimanfaatkan untuk pendidikan (educational game) baik bagi anak-anak maupun orang dewasa. H. Ellington et al. (1998, dalam Maria Peter, 2010: 28) menjelaskan bahwa selama 3 abad terakhir, game mulai dibangun untuk orang dewasa. Game pertama kali digunakan untuk tujuan latihan militer di akhir abad ke-18.

Beberapa negara di dunia telah banyak mengembangkan game dengan genre educational game untuk keperluan di bidang tertentu, seperti militer, kelestarian lingkungan, tata ruang, dan sebagainya. Beberapa contoh educational game yang telah ada antara lain: Scrabble National Parks Edition (USA) dan African Park (Italia) untuk bidang kelestarian lingkungan, Counter Strike (USA) untuk bidang militer, Sim City (USA) untuk bidang tata ruang, dan masih banyak lagi. Beberapa bidang lain dalam perkembangannya juga turut menggunakan game sebagai metode pembelajaran. Menurut M. Gordon (1972), Ellington et al. (1998), Wolfe dan Crookall (1998), dalam Maria Peter (2010: 28), pada tahun 1950-an, game diperkenalkan sebagai metode pembelajaran dalam pelatihan manajemen bisnis. Selanjutnya, penggunaan game makin berkembang. Dikemukakan oleh L. Galarneau (2005, dalam Maria Peter, 2010: 29), bahwa selama tahun 1960-an dan 1970-an, game menyebar menuju cabang-cabang utama pendidikan dan pengetahuan sosial.

Saat ini, menurut Ellington et al. (1998, dalam Maria Peter, 2010: 29), game digunakan di semua lingkungan pendidikan baik formal maupun informal di semua tingkatan usia. Berdasarkan penelitian V. Bisters (1997), O. Barreteau et al. (2007), dan M. E. Camargo et al. (2007), dalam Maria Peter (2010: 31), kelebihan game untuk sarana edukasi adalah pada aspek informalitas dan menyenangkan sehingga bisa mengurangi tekanan di antara partisipan/pemain serta dengan cara ini bisa mendorong dialog yang konstruktif di antara pemain dalam berbagi pengetahuan. Satu contoh nyata kelebihan game adalah penelitian yang dilakukan oleh M. W. Monroe (1968, dalam Maria Peter, 2010: 33) bahwa game telah memberikan para pemainnya pemahaman yang lebih baik mengenai tata guna tanah dibanding mereka yang hanya menerima kuliah secara konvensional. Oleh karena itu, kiranya menjadi suatu hal yang positif untuk menciptakan suatu game pertanahan yang dapat membantu masyarakat dalam memahami pelayanan pertanahan di Indonesia.

Rumusan Masalah

1. Sampai dengan saat ini, belum ada cara yang lebih atraktif dan menarik dalam meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai pelayanan pertanahan.
2. Belum ada aplikasi game yang memberikan pengetahuan mengenai pelayanan pertanahan dan mengubah persepsi masyarakat bahwa pelayanan pertanahan itu mudah dan murah.

Tujuan Penelitian

1. Mengetahui cara merancang dan membangun aplikasi game pertanahan.
2. Mengetahui apakah game dapat merubah persepsi negatif masyarakat dan meningkatkan pengetahuan masyarakat mengenai pelayanan pertanahan atau tidak.
3. Memberikan alternatif dan memperkaya teknik penyuluhan/edukasi kepada masyarakat mengenai pelayanan pertanahan.

Metodologi

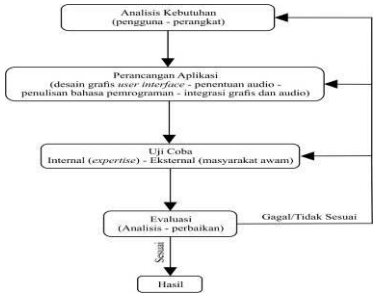
Metode yang digunakan dalam pembangunan aplikasi adalah Research and Development (R&D). Sugiyono (2009: 412) menjelaskan bahwa metode ini adalah metode penelitian

untuk menghasilkan produk tertentu, kemudian menguji keefektifannya. Lebih lanjut, menurut Sukmadinata (2008: 190) metode R&D merupakan pendekatan penelitian untuk menghasilkan produk baru ataupun mengembangkan dan menyempurnakan produk yang telah ada. Produk baru itu bisa berwujud software ataupun hardware.

Untuk pengembangan aplikasi, digunakan metode prototyping. Menurut Eddy Prahasta (2005: 875), metode prototyping adalah model pengembangan software melalui proses pembentukan model (versi) software secara iteratif. Metode ini memberikan ruang interaksi bagi pengembang dan pengguna software. Pengguna bisa memberikan masukan kepada pengembang ketika software yang sedang dikembangkan tidak sesuai dengan harapan. Dengan begitu, pengembang bisa segera memperbaiki dan menyempurnakan software tersebut. Sedangkan metode eksperimen yang dipakai adalah pre-test post-test control group. Metode ini membagi responden (sebanyak 30 orang) menjadi 2 kelompok, kontrol (15 orang) dan eksperimen (15 orang). Kelompok kontrol (variabel terikat) adalah responden yang tidak memainkan game sedangkan kelompok eksperimen (variabel bebas) adalah responden yang memainkan game. Responden dipilih dengan metode purposive sampling, yang mana syarat-syaratnya adalah sebagai berikut:

1. Mampu mengoperasikan teknologi (computer game), khusus responden kelompok eksperimen,
2. Belum pernah menerima informasi pelayanan pertanahan dari media game, untuk kelompok kontrol dan eksperimen,
3. Umur produktif (25-50 tahun), untuk kelompok kontrol dan kelompok eksperimen.

Metode eksperimen ini akan dilaksanakan dengan beberapa uji, antara lain uji validitas dan reliabilitas untuk alat ukur, uji homogenitas (pre-test) untuk mengetahui tingkat pengetahuan responden, dan uji regresi linear berganda (post-test) untuk mengetahui berpengaruh tidaknya aplikasi terhadap pengetahuan responden khususnya kelompok eksperimen.



Gambar 1. Langkah Kerja Pembuatan Aplikasi

Hasil dan Pembahasan

Aplikasi game berhasil diselesaikan dan disempurnakan setelah melalui beberapa tahapan, antara lain:
Analisis Kebutuhan Pengguna dan Perangkat

Analisis Kebutuhan Pengguna

Menurut Uma Sekaran (1992: 252), untuk penelitian sederhana dengan pengendalian yang ketat, jumlah responden bisa antara 10 sampai 20 orang. Oleh karena itu, penelitian ini akan melibatkan 10 orang masyarakat Provinsi DIY secara random dengan kriteria dan syarat responden seperti responden untuk uji coba eksternal. Analisis dilaksanakan menggunakan metode survei dan wawancara. Responden yang dilibatkan adalah 10 orang masyarakat di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) yang diambil secara random dengan latar belakang (pendidikan, usia, domisili) yang berbeda-beda. Hasilnya adalah bahwa masyarakat masih minim pengetahuannya terkait pelayanan pertanahan dan terdapat persepsi negatif bahwa pendaftaran tanah itu mahal dan berbelit-belit. Untuk pemanfaatan computer game, responden yang sudah terbiasa menggunakan komputer relatif tidak kesulitan dalam pengoperasiannya.

Analisis Kebutuhan Perangkat

Carol Britton dan Jill Doake (2000: 31) menjelaskan bahwa analisis kebutuhan perangkat adalah kegiatan dalam menentukan kebutuhan-kebutuhan atau kondisi yang harus dipenuhi untuk suatu produk baru atau yang akan diganti, dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya konflik kebutuhan dari berbagai macam stakeholder. Pada penelitian ini, aplikasi game pertanahan merupakan produk multimedia baru yang tersusun dari grafis dan audio dalam satu kesatuan. Pembangunan aplikasi tersebut memerlukan perangkat lunak dan perangkat keras untuk memenuhi tujuan dari diciptakannya aplikasi. Dari analisis yang telah dilaksanakan, perangkat lunak dan perangkat keras tersebut adalah sebagai berikut:

Perangkat lunak:
Corel Draw X6
Adobe Illustrator CS6
Adobe Flash CS6
Perangkat keras:
1 unit laptop dengan spesifikasi:
Sistem Operasi Windows 7 Ultimate Service Pack 1 64 bit
Processor Intel (R) Core (TM) i3 CPU M 370 2.40GHz

Memory RAM 2GB
VGA AMD Mobility Radeon HD 5000 Series

Perancangan

Brian M. Winn (2009: 1014) menjelaskan, dalam merancang suatu aplikasi game untuk media pembelajaran diperlukan DPE (design, play, experience) framework, yang terdiri dari 4 aspek, yaitu pembelajaran (learning), alur cerita (storytelling), aksi permainan (gameplay), dan pengalaman pemain (user experience). Dengan framework tersebut, maka pembuatan game pertanahan dilaksanakan meliputi 4 aspek, yaitu pembelajaran (learning), Alur cerita (storytelling), Aksi permainan (gameplay), dan pengalaman pemain (user experience). 4 hal tersebut dirancang dan dipadukan agar membentuk suatu game yang dapat memberikan pembelajaran, alur cerita yang menarik dan informatif, peraturan bermain yang mudah dipahami, dan pengalaman pemain yang menambah pengetahuan khususnya mengenai pelayanan pertanahan. Tahapan perancangan ini menghasilkan 4 sub-games yang menjadi bagian dari game pertanahan bernama "SARTUPIKAT" (singkatan dari saSAR, banTU, sertiPIkasi tanah masyaraKAT), dimana setiap sub-game memiliki cara bermain dan pembelajaran yang berbeda-beda. 4 sub-games tersebut adalah "awas calo!", "sudah lengkap belum?", "hitung biaya", dan "tanya jawab".

Desain Grafis User Interface, Penentuan Audio, dan Penulisan Bahasa Pemrograman

Dengan selesainya perancangan, tahapan dilanjutkan pada desain grafis, penentuan audio, dan penulisan bahasa pemrograman. Pembuatan desain grafis menggunakan program Corel Draw X6 untuk pembuatan grafis dasar pada latar dan penokohan dari game, selanjutnya menggunakan program Adobe Illustrator untuk penyesuaian ukuran kanvas agar sesuai dengan kanvas pada saat penulisan bahasa pemrograman pada Adobe Flash CS6, penentuan audio yang diunduh gratis melalui google, lalu terakhir penggunaan program Adobe Flash CS6 untuk penggabungan grafis dan audio yang telah disiapkan dengan bahasa pemrograman ActionScript 3.0.



Gambar 2. Desain Grafis Game Pertanahan

Uji Coba Internal

Aplikasi game yang selesai dibangun selanjutnya diuji coba secara internal dengan melibatkan experts (pakar/ahli) dalam dunia digital khususnya game. Peneliti memilih 5 orang responden dari komunitas Jogja Digital Valley (JDV) karena pengalamannya di dunia aplikasi game yang sudah mumpuni dan cukup lama. Responden dipersilakan memainkan aplikasi selama 10 menit kemudian menjawab kuesioner yang telah disiapkan. Hasil yang didapatkan (lampiran 1) adalah sebagai berikut:

1. Aspek desain user interface, 1 orang menyatakan sangat memenuhi dan 4 orang menyatakan memenuhi.
2. Aspek user friendly, 5 orang menyatakan memenuhi.
3. Aspek jalan cerita yang informatif, 5 orang menyatakan sangat memenuhi.
4. Aspek peningkatan pengetahuan dan perubahan persepsi, 3 orang menyatakan sangat memenuhi dan 2 orang menyatakan memenuhi.



Gambar 3. Uji Coba Internal JDV

Adapun saran dan masukan dari experts JDV terhadap aplikasi game "SARTUPIKAT" adalah:

1. Pada sub-game "Awas Calo!" akan lebih sempurna jika ditambahkan indikator lokasi perjalanan pemohon terhadap garis finish (kantor pertanahan). Selain itu, bisa ditambahkan penanda jika skor pemain berkurang karena tertabrak calo dan jika skor pemain bertambah karena mengambil koin.
2. Untuk sub-game "Sudah Lengkap Belum?", jawaban yang salah akan lebih jelas jika ditambahkan audio yang menandakan kesalahan dan tidak hanya tanda silang merah.

Uji Coba Eksternal

Beberapa langkah yang dilaksanakan dalam uji coba eksternal antara lain:

Pembuatan alat ukur (kuesioner) untuk pre-test dan post-test

Uji coba eksternal membutuhkan kuesioner sebagai alat ukur yang terlebih dahulu harus melalui uji validitas (internal isi dan konstruk,

eksternal dengan pearson correlation) dan uji reliabilitas dengan cronbach alpha yang melibatkan 30 orang responden . Melalui 2 uji tersebut, diketahui bahwa kuesioner (pre-test dan post-test) telah lulus uji dan diterima sebagai alat ukur/instrumen.

Pre-test untuk uji homogenitas responden (one way ANOVA)

Perhitungan uji homogenitas melalui pre-test terhadap 30 responden dilaksanakan menggunakan SPSS. Adapun hasil perhitungan untuk uji homogenitas dengan One-Way ANOVA didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,782 (Gambar 21), lebih besar dari 0,05, yang berarti varian dari dua kelompok populasi data adalah sama atau homogen (Ho diterima).

Test of Homogeneity of Variances

nongame

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.362	3	8	.782

Gambar 4. Hasil Perhitungan SPSS Homogenitas

Uji t dengan Regresi Linear Berganda

Post-test dilaksanakan terhadap 30 responden, dengan rincian 15 responden dari kelompok kontrol diberikan waktu 5 menit untuk menjawab soal-soal tanpa sebelumnya diberi perlakuan game, dan 15 responden dari kelompok eksperimen diberikan waktu 10 menit untuk bermain game terlebih dahulu, setelah bermain game dilanjutkan 5 menit untuk menjawab soal-soal.

Perhitungan uji t menggunakan SPSS. Dari hasil perhitungan, didapatkan nilai t hitung sebesar 2,321 dan Sig sebesar 0,037 (Gambar 22). Nilai t tabel dalam penelitian ini adalah 1,701 (pada t tabel: kolom 0,05, baris 28) lebih kecil dari nilai t hitung yaitu 2,321, artinya terdapat pengaruh yang signifikan. Begitu pula nilai Sig sebesar 0,037 lebih kecil daripada taraf signifikansi yang digunakan (0,05), artinya dari nilai signifikansi juga menunjukkan pengaruh yang signifikan.

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		
		B	Std. Error	Beta	t	Sig.
1	(Constant)	1.347	1.823		.739	.473
	game	.542	.234	.541	2.321	.037

a. Dependent Variable: nongame

Gambar 5. Hasil Perhitungan SPSS Uji T

Selain itu, jika dilihat dari nilai rata-rata responden, responden yang berada di kelompok eksperimen mendapatkan nilai 7,6 dan kelompok kontrol mendapatkan nilai 5,467. Nilai rata-rata responden pada kelompok eksperimen lebih tinggi 2,133 dibandingkan kelompok kontrol, dengan kata lain pemberian perlakuan game meningkatkan pengetahuan responden sebanyak 39%.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Pembuatan aplikasi game pertanahan ini menggunakan metode prototyping dengan tahapan yang dilalui yaitu analisis kebutuhan, perancangan, desain grafis user interface, pemilihan audio, dan penulisan ActionScript 3.0, uji coba internal, uji coba eksternal, serta evaluasi.
2. Teknik eksperimen yang digunakan pada uji coba eksternal adalah metode pre-test post-test control group, dimana hasil dari eksperimen adalah sebagai berikut:
    - Aplikasi berhasil meningkatkan pengetahuan responden sebanyak 39%. Hal tersebut diketahui dari selisih nilai rata-rata responden pada kelompok eksperimen (bermain game) yang lebih tinggi 2,133 dibandingkan kelompok kontrol (tidak bermain game).
    - Aplikasi dapat merubah persepsi negatif mengenai pendaftaran tanah yaitu mahal dan berbelit-belit, menjadi positif. Hal tersebut diketahui dari jawaban responden kelompok eksperimen untuk pertanyaan nomor 2, 3, 4, 5 yang rata-rata benar pada tahapan post-test.

Tabel 1. Jumlah Jawaban Benar Soal 2, 3, 4, dan 5

Nomor Soal	Jawaban Benar	
	Kelompok Eksperimen (*Game*)	Kelompok Kontrol (*Non-game*)
2	13 orang	8 orang
3	10 orang	8 orang
4	14 orang	11 orang
5	12 orang	10 orang

Saran

1. Aplikasi ini masih bersifat *prototype* sehingga peneliti menyarankan perlu dilakukan penelitian dan pengembangan lebih lanjut baik dalam hal desain grafis, penambahan fitur *game*, dan peningkatan kualitas *content* pertanyaan. Selain itu, eksperimen lanjutan juga perlu dilakukan terutama kepada responden dengan usia <25 tahun untuk mengetahui kemampuan aplikasi dalam mengedukasi masyarakat dengan rentang usia tersebut.
2. Agar aplikasi ini dapat menghibur dan

mengedukasi masyarakat secara lebih luas, perlu dilakukan perubahan format aplikasi menjadi *online* dan *mobile*. Penempatan *link download* aplikasi pada *website* Badan Pertanahan Nasional (http://www.bpn.go.id) juga akan memudahkan pengunjung website dalam mengakses aplikasi secara gratis.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan syukur Alhamdulillah karena atas rahmat-Nya *paper* ini dapat terselesaikan. Tidak lupa kami ucapkan terimakash kepada semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, yang telah membantu sehingga pembuatan *paper* ini berlangsung lancar dan minim hambatan.

Daftar Pustaka

Britton, Carol and Jill Doake. (2000). *Object-Oriented Systems Development: A Gentle Introduction*. McGraw-Hill Higher Education, London.

Efendi, Mokhamad. (1996). Pengaruh Penyuluhan Terhadap Permohonan Sertipikat Hak Atas Tanah di Kecamatan Susukan Kabupaten Banjarnegara Propinsi Jawa Tengah. *Skripsi*, Program D4 STPN, Yogyakarta. (tidak dipublikasikan)

Helly, Yoseph Nai. (2010). Diseminasi Informasi Pertanahan Melalui Kelompok Masyarakat Dalam Pensertipikatan Tanah Di Kabupaten Bantul. *Jurnal Bhumi* nomor 3 tahun 2. h. 105-120.

Insantuan, Dominikus B. (2006). Efektivitas Penyuluhan Pertanahan dalam Peningkatan Kesadaran Masyarakat Untuk Kepemilikan Sertipikat Tanah di Kecamatan Kota Kefamenanu Kabupaten Timor Tengah Utara Propinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Bhumi* nomor 14 tahun 6. h. 29-40.

Peter, Maria. (2010). Development Of An Educational Boardgame About Protected Areas – An Interactive Tool In Environmental Education For Sustainability. *Dissertation*, Institute of Botany and Landscape Ecology University of Greifswald, German.

Prahasta, Eddy. (2005). *Sistem Informasi Geografis: Konsep – Konsep Dasar. Informatika*, Bandung.

Sekaran, Uma. (1992). *Research Methods For Business: A Skill-Building Approach*. Von Hoffmann Press, USA.

Sugiyono. (2009). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R & D*. Alfabeta, Jakarta.

Winn, Brian M.. (2009). The Design, Play, and Experience Framework. *Handbook of Research on Effective Electronic In Gaming Education* chapter LVIII, Michigan State University, USA.

Peraturan Perundang-Undangan

Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1960 Tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria.

Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Pemerintah Nomor 128 Tahun 2015 Tentang Jenis dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 1 Tahun 2010 Tentang Standar Pelayanan dan Pengaturan Pertanahan.

Website

http://bulungan.prokal.co/read/news/1015-wargа-keluhkan-pungli-di-bpn bulungan.html diakses tanggal 19 Februari 2016 pukul 20.05 WIB.

http://www.bpn.go.id/Berita/Siaran-Pers/membuka-akses-pembiayaan-masyarakat-melalui-percepatan-sertifikasi-tanah-60997 diakses tanggal 3 April 2016 pukul 19.55 WIB.

Spesifikasi Teknis Perapatan Pilar Batas Daerah

Andriyana Lailissaum[a]

[a,] Badan Informasi Geospasial (Andriyana.lailissaum@gmail.com)

ABSTRACT

According to the Minister of Home Affairs Regulation Number 76 in 2012 of Guidelines for Demarcation Areas, boundary areas which are already stated in Minister Regulation of Demarcation Areas can be done with densification pillar, maintenance of the pillars, and rebuilding of the missing and/ or damaged pillars (Article 40 paragraph 1). Even so Permendagri 76 in 2012 did not explain in detail about the technical installation of boundary pillars densification. This can cause respective local governments conducting densification the boundary pillars with different specifications from each other. That requires a policy regarding technical specifications densification pillar least consisting of (1) Type of limit pillars densification with systematicaly naming (2) Characteristics of the segment boundaries which densification pillar prioritized (3) Technical guidelines for the installation and measurement pillar densification boundary. The technical specifications will minimize errors that may occur in pillar densification such as the mismatch of densification position pillars with demarcation border regions which have been agreed, installation of densification the boundary pillars in unstrategic locations and technical errors in the measurement of densification the boundary pillars.

Keywords Densification, Boundary Pillars, Regulation

1. Pendahuluan

Menurut jones (1945) tahapan *boundary making* terbagi menjadi empat tahap, yaitu: (1) alokasi (*allocation)*, (2) delimitasi (*delimitation)*, (3) demarkasi (*demarcation)* dan (4) mengadministrasikan batas wilayah (*administration*). Menurut Jones (1945), alokasi adalah keputusan politik untuk mengalokasi wilayah teritorial, delimitasi merupakan tahap memilih dan mendefinisikan garis batas wilayah di dalam perjanjian yang lebih dominan menyangkut aspek hukum, demarkasi adalah memasang tanda batas di lapangan yang menyangkut aspek teknis survei pemetaan dan administrasi adalah mengadministrasikan batas wilayah.

Menurut permendagri Nomor 76 tahun 2012 tentang penegasan batas daerah, perapatan pilar dilakukan setelah garis batas disepakati dalam permendagri. Berdasarkan hal tersebut perapatan pilar dapat dimasukkan dalam proses demarkasi karena merupakan bagian dari kegiatan pemasangan tanda pasti di lapangan.

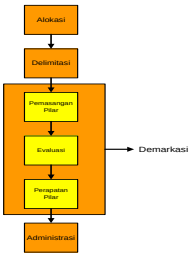
Batas daerah yang sudah tercantum dalam Peraturan Menteri tentang Batas Daerah dapat dilakukan perapatan pilar, pemeliharaan pilar, dan pembangunan kembali pilar yang hilang dan/atau rusak (Permendagri nomor 76 tahun 2012 pasal 40)

Berbeda dengan perapatan pilar, pemasangan pilar batas dapat dilakukan sebelum garis batas dituangkan dalam permendagri batas daerah.

Apabila diperlukan dan kondisi memungkinkan, pilar batas dapat dipasang pada saat pengecekan lapangan dan/atau setelah Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Batas Daerah diterbitkan (Lampiran Permendagri no 76 tahun 2012)

Perapatan pilar merupakan kegiatan pemasangan pilar batas pada garis batas yang telah disepakati dan ditempatkan diantara pilar pilar batas yang telah dipasang sebelumnya. Idealnya perapatan pilar tidak bisa dilakukan ketika belum ada satu pun pilar batas daerah yang telah terpasang pada garis batas hasil kesepakatan.

Pilar batas daerah dipasang pada tempat tempat strategis sesuai dengan kebutuhan masing masing daerah. Setalah itu dilakukan evaluasi terkait keberadaan pilar batas tersebut. Hasil evaluasi tersebut yang akan menentukan perlu atau tidaknya kegiatan perapatan pilar. Hasil evaluasi tersebut juga akan menentukan seberapa banyak pilar perapatan yang akan di pasang dan tempat dimana pilar tersebut akan dipasang.



Gambar 1. Perapatan Pilar dalam Boundary Making

2. Hasil dan Pembahasan

2.1. Jenis Pilar Batas Daerah

Menurut permendagri nomor 1 tahun 2006 tentang penegasan batas daerah yang sekarang telah diganti dengan permendagri nomor 76 tahun 2012, jenis pilar batas daerah dibagi menjadi 3, yaitu Pilar Batas Utama (PBU), Pilar Batas Antara (PBA) dan Pilar Kontrol Batas (PKB). *PBU dipasang pada titik awal dan akhir dari garis batas serta titik-titik pertemuan beberapa daerah (desa, kecamatan, kabupaten/kota) sesuai dengan ketentuan tipe pilar batas (Permendagri no 76 tahun 2012).* Perapatan dapat dilakukan diantara PBU dengan memasang Pilar Batas Antara (PBA) sesuai dengan kebutuhan dan kondisi lapangan. PKB berfungsi sebagai pilar acuan batas jika PBU tidak bisa dipasang tepat pada garis batas dikarenakan garis batas berada di tempat tempat yang tidak memungkinkan untuk dipasang pilar batas seperti jalan atau sungai.
Pada permendagri nomor 76 tahun 2012 tidak ada lagi pembahasan mengenai PBA dan PKB. Meskipun begitu dalam beberapa permendagri penegasan batas daerah justru menggunakan Pilar Acuan Batas Utama (PABU), Pilar Batas Antara (PBA) dan Pilar Acuan Batas Antara (PABA). Hingga saat ini masih terdapat ketidakseragaman jenis pilar yang digunakan dalam penegasan batas daerah. Sementara itu juga belum ada peraturan yang mengatur tentang jenis pilar yang dipasang pada kegiatan perapatan pilar beserta penomoranya.

Tabel 1. Sampel Jenis Pilar Pada Permendagri

No	Permendagri	PBU	PABU	PBA	PABA
1	Nomor 5 Tahun 2016 *Kab. Serang-Kota Cilegon*	V	V		
2	Nomor 40 Tahun 2016 *Kab. Bolang Mongondow-Kab. Bolang Mongondow Selatan*	V			
3	Nomor 36 Tahun 2016 *Kab. Lombok Timur-Kab. Lombok Tengah*		V		
4	Nomor 3 Tahun 2015 *Kab. Buol-Kab. Parigi Moutong*	V			
5	Nomor 5 Tahun 2015 *Kab. Poso-Kab. Parigi Moutong*	V	V		
6	Nomor 6 Tahun 2015 *Kab. Donggala- Kab. Totitoli*		V		
7	Nomor 4 Tahun 2014 *Kab. Bireuen-Kab. Pidie Jaya*	V			
8	Nomor 19 Tahun 2014 *Kab. Wonogiri-Kab. Sukoharjo*	V	V	V	V
9	Nomor 21 Tahun 2014 *Kota Semarang-Kab. Kendal*	V	V		V
10	Nomor 6 Tahun 2013 *Kab. Boyolali-Kota Surakarta*	V	V	V	V
11	Nomor 7 Tahun 2013 *Kab. Karanganyar-Kab. Sragen*	V	V		
12	Nomor 38 Tahun 2013 *Kab. Solok-Kab. Solok Selatan*	V	V		

Jika dilihat berdasarkan posisi pilar terkait dengan hubunganya dengan garis batas maka hanya ada 2 jenis pilar batas, yaitu pilar batas yang tepat berada di garis batas daerah (PBU/PBA) dan pilar batas yang tidak terletak tepat di garis batas daerah (PABU/PABA).

2.1.1 Pilar tidak dipasang tepat pada garis batas (PABU/PABA)
Pilar tidak bisa dipasang tepat di garis batas kerana garis batas berada pada lokasi yang tidak mungkin untuk dilakukan pemasangan pilar seperti jalan raya, sungai, waduk, danau dan objek lainya. Pilar tersebut hanya digunakan sebagai acuan yang memberitahu masyarakat bahwa terdapat garis batas di sekitar pilar tersebut. Garis batas yang telah disepakati masih berlaku sebagaimana mestinya walaupun terdapat pilar yang tidak terletak tepat di garis batas

2.2.1 Pilar dipasang tepat pada garis batas (PBU/PBA)
Pemasangan pilar tepat pada garis batas memiliki tingkat kesulitan tersendiri, apalagi jika garis batas tersebut telah dituangkan dalam permendagri. Pemasangan pilar tepat di garis batas dilakukan menggunakan metode *Stake Out*. Titik rencana pemasangan pilar ditentukan terlebih dahulu diatas peta berdasarkan garis batas yang telah disepakati kemudian dilakukan pelacakan dan pemasangan pilar.
Pemasangan pilar tepat pada garis batas diperlukan agar terdapat kesesuaian antara dokumen permendagri, peta lampiran permendagri dan posisi pilar batas di lapangan. Pemasangan PBU/PBA yang tidak tepat pada garis batas akan menyebabkan ketidaksesuaian antara dokumen permendagri yang telah disepakati dengan tanda pasti di lapangan yang menggambarkan keberadaan garis batas wilayah.

2.3. Karakteristik Segmen Batas yang dilakukan Perapatan Pilar

Meskipun permendagri Nomor 76 tahun 2012 memberikan ruang untuk melakukan penegasan batas daerah tanpa perlu pemasangan pilar namun pada kenyataanya keberadaan pilar batas menjadi sangat penting pada beberapa kondisi. Garis batas yang bersifat imajiner sulit dimengerti oleh masyarakat yang berada di

wilayah perbatasan. Satu satunya cara untuk mengetahui lokasi garis batas secara tepat adalah dengan menggunakan GNSS. Namun metode tersebut tidak bisa dilakukan oleh semua orang karena memerlukan alat dan pengetahuan khusus. Untuk itu diperlukan tanda pasti di lapangan berupa pilar batas untuk memberitahu masyarakat tentang lokasi garis batas.

Pilar batas diperlukan pada segmen batas wilayah yang rawan konflik. Meskipun garis batas telah disepakati oleh pemerintah daerah dan dituangkan dalam permendagri tentang batas wilayah, masih ada kemungkinan terjadi konflik antara masyarakat yang berbatasan karena kurangnya sosialisasi mengenai keberadaan garis batas oleh pemerintah setempat.

Pemasangan pilar batas di segmen batas wilayah yang rawan terjadi konflik juga merupakan upaya untuk memberitahu masyarakat bahwa garis batas telah disepakati oleh pemerintah daerah yang ditandai dengan dipasangnya pilar batas wilayah. Selanjutnya masyarakat di wilayah perbatasan dapat saling menghormati dengan tidak melanggar hak dan kewajiban yang telah dipisahkan oleh garis batas yang ditandai dengan pilar batas. Pemerintah daerah harus mengamati kondisi masyarakat di lingkungan perbatasan. Jika ternyata masyarakat masih kurang memahami tentang lokasi garis batas yang sudah disepakati maka dapat dilakukan penambahan jumlah pilar batas.

Pilar batas diperlukan pada segmen batas wilayah yang sulit untuk diintepretasi di lapangan. Garis batas wilayah biasanya ditarik berdasarkan objek alam atau objek buatan manusia. Meskipun begitu tidak ada aturan yang menegaskan bahwa garis batas wilayah harus selalu ditarik berdasarkan objek alam atau objek buatan manusia. Ada kemungkinan garis batas ditarik begitu saja berdasarkan kesepakatan kedua daerah tanpa mengikuti objek alam atau objek buatan. Akibatnya garis tersebut sulit ditemukan di lapangan karena tidak ada objek mencolok yang merepresentasikan posisi garis batas. Ketika garis batas tersebut berada di wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi serta tingkat pembangunan yang cepat maka sebaiknya dipasang pilar batas sebagai tanda pasti di lapangan. Pemahaman masyarakat tertutama ketua rukun tetangga (RT) dan rukun warga (RW) serta lurah tentang lokasi garis batas menjadi penting karena menyangkut aspek administrasi kewilayahan dan perijinan.

Meskipun begitu ada kondisi kondisi tertentu yang membuat segmen batas tidak perlu dilakukan perapatan pilar batas karena tidak sesuai dengan aspek kemanfaatan. Seperti misalnya garis batas yang berada di tengah hutan belantara yang mana tidak terdapat penduduk di sekitarnya. Pemasangan pilar batas di tengah hutan belantara tidak memiliki banyak pengaruh bagi proses penegasan garis batas. Perapatan pilar juga tidak diperlukan jika garis batas ditarik berdasarkan objek alam yang dapat dengan mudah dipahami di lapangan seperti misalnya sungai, jalan atau objek lainya.

2.4. Spesifikasi Teknis Perapatan Pilar Batas

Perapatan pilar dilakukan setelah garis batas daerah ditegaskan dengan permendagri. Hal yang harus diperhatikan adalah kesesuaian antara posisi garis batas yang telah disepakati dengan lokasi pilar yang akan dipasang dalam kegiatan perapatan

2.4.1 Pemasangan pilar yang tidak tepat pada garis batas (PABU/PABA)

2.4.1.1. Pelacakan Lapangan

Sebelum pemasangan pilar dilakukan pelacakan lapangan menggunakan GNSS Navigasi untuk mencari tahu lokasi garis batas. Setelah itu dilakukan pengamatan lapangan untuk menentukan posisi pemasangan pilar. Pilar dengan jenis PABU/PABA tidak harus terpasang tepat di garis batas sehingga tidak perlu melakukan pelacakan lapangan dengan pengukuran GNSS secara teliti. Meskipun begitu harus ada aturan yang menerangkan jarak terjauh PABU/PABA dari garis batas. Jika pilar tersebut berada terlalu jauh dari garis batas maka pilar tersebut tidak dapat berfungsi sebagai acuan garis batas. Ketika melakukan pelacakan lapangan dibuatlah patok sementara sebagai penanda rencana pemasangan pilar batas.

2.4.1.2. Pemasangan Pilar Batas

Pemasangan pilar batas dilakukan pada patok sementara yang telah ditentukan pada tahap pelacakan lapangan. Spesifikasi pilar batas mengikuti ketentuan sebagaimana telah diatur dalam Permendagri Nomor 76 Tahun 2012.

2.4.1.3. Pengukuran Pilar Batas

Tujuan utama dalam pengukuran pilar batas adalah untuk memperoleh koordinat teliti sehingga memudahkan untuk melakukan pelacakan pilar dalam rangka perawatan atau pembangunan ulang apabila pilar telah rusak atau hilang. Ketelitian horisontal pengukuran pilar sebaiknya ≤ 5 cm.

Pengukuran pilar batas dilakukan menggunakan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Untuk mendapatkan koordinat horizontal yang terintegrasi dengan SRGI 2013 maka pengukuran pilar batas harus terikat dengan Jaring Kontrol Horisontal Nasional

(JKHN) yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). JKHN terdiri atas stasiun pengamatan geodetik tetap/kontinu (CORS), titik pengamatan geodetic periodik dan titik kontrol geodetik lainya. Pengukuran pilar batas dilakukan menggunakan titik kontrol geodetik orde-0, orde-1 dan/atau orde-2. Apabila jarak titik kontrol geodetik cukup jauh dari lokasi pilar batas maka dapat membuat titik referensi tambahan.

a) Pengukuran Pilar Batas Secara *Real Time*

- *Menggunakan* CORS (*Continuously Operating Reference Stations*)

  CORS adalah suatu teknologi berbasis GNSS yang berwujud sebagai suatu kerangka geodetik yang pada setiap titiknya dilengkapi dengan receiver yang mampu menangkap sinyal dari satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan kontinu selama 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data dan memungkinkan para pengguna memanfaatkan data dalam penentuan posisi, baik secara real time maupun post processing. Pengukuran pilar batas secara *real time* menggunakan CORS minimal harus terikat dengan 2 stasiun CORS. Pengukuran pilar batas menggunakan CORS membutuhkan minimal 1 buah *receiver* GNSS yang bertindak sebagai *rover* dan diletakkan di atas pilar batas yang akan diukur. Tata cara untuk memperoleh akses data CORS mengikuti ketentuan yang telah diatur oleh kementerian/lembaga yang mengelola CORS.

- *Metode Real Time Kinematik* (RTK)

  RTK adalah suatu system penentuan posisi *real time* secara *diferensial* menggunakan data *fase*. Koordinat hasil pengukuran dapat diperoleh secara langsung di lapangan tanpa melalui proses pengolahan secara *post processing*. Metode RTK digunakan apabila pada wilayah pengukuran tidak terdapat stasiun CORS. Pengukuran pilar batas dilakukan dengan menggunakan minimal 1 buah *receiver* GNSS yang bertindak sebagai *base station. Receiver* GNSS yang bertindak sebagai *base station* diletakkan di atas titik control horizontal atau titik referensi tambahan sedangkan *receiver GNSS* yang bertindak sebagai *rover* diletakkan di atas pilar batas yang akan diukur. Data dari *receiver* yang bertindak sebagai *base station* dapat dikirim ke receiver yang bertindak sebagai rover.

b) Pengukuran Pilar Batas Secara *Post Processing*

- *Menggunakan CORS (Continuously Operating Reference Stations*)

  Pengukuran pilar batas dengan menggunakan CORS dapat dilakukan secara *post processing*. Tata cara pengukuranya sama dengan penggunaan CORS dalam penentuan koordinat secara *real time*. Perbedaanya terletak pada pengolahan data yang dilakukan secara *post processing*. Pengolahan data dapat dilakukan menggunakan *software* pengolahan data GNSS komersial maupun ilmiah. Tata cara untuk memperoleh akses data CORS mengikuti ketentuan yang telah diatur oleh kementerian/lembaga yang mengelola CORS.

- *Survey Statik*

  Pengukuran pilar batas dilakukan dengan menggunakan minimal 2 buah *receiver* GNSS yang bertindak sebagai *base station dan* 1 buah *receiver* GNSS yang bertindak sebagai *rover*. *Receiver* GNSS yang bertindak sebagai *base station* diletakkan di atas titik control horizontal atau titik referensi tambahan sedangkan *receiver GNSS* yang bertindak sebagai *rover* diletakkan di atas pilar batas yang akan diukur. Pengukuran pilar batas dapat dilakukan secara radial ataupun jaring. Lama pengamatan disesuaikan dengan kondisi lapangan dengan memperhitungkan berbagai faktor seperti lokasi pengukuran, konfigurasi jaringan, dan karakteristik baseline yang mewakili geometri pengamat; serta jumlah satelit serta lokasi dan distribusi satelit yang mewakili geometri satelit. Pengolahan data dapat dilakukan menggunakan software pengolahan data GNSS komersial maupun ilmiah.

c) Pengukuran Pilar Referensi Tambahan

- Titik referensi tambahan diukur secara *differensial* terikat dengan minimal 2 buah titik kontrol horizontal (orde-0, orde-1 dan/ atau orde-2)
- Pengukuran titik referensi tambahan diukur menggunakan GNSS dengan metode pengukuran statik (*Dual Frekuensi*)
- Pengolahan data hasil pengukuran titik referensi tambahan dapat dilakukan dengan *software* komersial atau *software* ilmiah
- Titik referensi tambahan memiliki ketelitian horisontal $\leq$ 5 cm

2.4.2 Pemasangan pilar yang tepat pada garis batas (PBU/PBA)

Pemasangan pilar yang tepat pada garis batas dilakukan dengan metode *stake out*. *Stake out* bisa dilakukan dengan menggunakan alat GNSS atau Total Station. Sebelum dilakukan *Stake Out* ditentukan terlebih dahulu titik rencana pemasangan pilar pada garis batas menggunakan software GIS. Dari titik yang telah ditentukan tersebut kemudian dilakukan extraksi koordinat dan digunakan sebagai dasar dalam melakukan *stake out*. Pilar batas yang telah dibangun pada lokasi menggunakan metode *Stake Out* tidak perlu lagi dilakukan pengukuran posisi karena diasumsikan koordinat pilar tersebut sama dengan koordinat titik rencana pemasangan pilar yang ditentukan sebelumnya menggunakan *software* GIS.

Setelah ditentukan titik rencana pemasangan pilar maka dilakukan survey pendahuluan untuk melihat lokasi tempat rencana pemasangan pilar. Pemasangan pilar harus memperhatikan beberapa aspek seperti kondisi tanah, akses, keamanan dan kemanfaatan. Jika pilar tidak bisa dipasang pada koordinat yang telah ditentukan maka dapat digeser di titik lain yang masih berada pada garis batas.

2.4.2.1. *Stake Out* menggunakan GNSS

Stake out menggunakan GNSS dilakukan menggunakan metode RTK. Metode RTK dapat mengukur koordinat secara akurat secara langsung. Pengukuran RTK dilakukan secara *diffrensial* terikat dengan CORS. Apabila tidak terdapat CORS di sekitar lokasi pengukuran maka pengukuran RTK dilakukan secara *differensial* terikat dengan jaring kontrol horizontal orde 0, orde 1 dan/atau orde 2. Apabila di sekitar lokasi pengukuran tidak tersedia jaring kontrol horizontal orde 0, orde 1 dan/atau orde 2 maka dilakukan pembuatan pilar refrensi tambahan kemudian dilakukan pengukuran sesuai spesifikasi yang telah disebutkan sebelumnya.

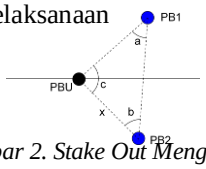
2.4.2.2. *Stake Out* menggunakan Total Station

a) Persiapan

Sebelum pemasangan pilar dilakukan pelacakan lapangan menggunakan GNSS Navigasi untuk mencari tahu perkiraan lokasi garis batas. GNSS navigasi tidak akan mampu memberitahu lokasi garis batas secara tepat karena memiliki ketelitian 5-10 meter. Pada saat pelacakan lapangan inilah dibangun minimal 2 buah pilar refrensi tambahan yang berada paling jauh 50 meter dari perkiraan lokasi garis batas.

Setelah itu dilakukan pengukuran pilar refrensi tambahan menggunakan GNSS sesuai spesifikasi pengukuran yang telah dijelaskan sebelumnya. Koordinat hasil pengukuran pilar refrensi tambahan digunakan sebagai dasar melakukan *stake out* menggunakan *Total Station*.

b) Pelaksanaan



Gambar 2. Stake Out Menggunakan Total Station

Koordinat PB2 dan PB1 telah diukur menggunakan GNSS sedangkan koordinat PBU ditentukan diatas peta dan disesuaikan dengan garis batas yang telah disepakati. Dari ketiga titik tersebut kemudian dihitung sudut a, sudut b dan sudut c serta jarak X

Alat *Total station* didirikan di PB2 kemudian ditembakkan ke PB1 sebagai *backsight.* Kemudian alat Total Station diputar berlawanan jarum jam sebesar "*sudut b"* atau searah jarum jam sebesar (360°-"sudut b") hingga mengarah tepat ke PBU. Salah seorang memegang refrektor, bergerak dari PB2 menuju PBU sejauh *jarak X*. Setelah itu refrektor didirikan di sekitar PBU dan dibidik oleh alat *Total Station* yang berada di PB2 sekaligus dilakukan pengukuran jarak secara digital menggunakan *Total Station.* Orang yang memegang reflektor terus bergerak hingga berada tepat pada sudut dan jarak yang telah diukur sebelumnya. Setelah itu dibuat patok sementara sebagai tanda pasti lokasi rencana pemasangan pilar.

3. Kesimpulan dan Saran

3.1 Kesimpulan

a. Diperlukan kebijakan yang menerangkan tentang jenis jenis pilar batas yang dipasang pada kegiatan perapatan pilar. Jenis pilar batas berpengaruh terhadap metode yang digunakan dalam pemasangan dan pengukuran pilar batas. Metode yang digunakan berpengaruh terhadap kemudahan kegiatan perapatan pilar dalam rangka percepatan dan efisiensi penataan batas daerah.

b. Diperlukan kebijakan yang menerangkan tentang karakteristik segmen

batas tertentu yang perlu dilakukan perapatan pilar sehingga *tidak setiap segmen batas harus dilakukan perapatan pilar*. Pada dasarnya kegiatan perapatan pilar harus menjunjung tinggi aspek kemanfaatan dan efisiensi anggaran.

c. Diperlukan kebijakan yang menerangkan tentang sistematikan penamaan pilar batas perapatan. Penamaan pilar batas parapatan juga sebaiknya harus terintegrasi dengan pilar batas yang telah dibuat sebelumnya.

d. Diperlukan kebijakan yang mengatur tentang spesifikasi teknis pemasangan dan pengukuran pilar batas perapatan. Hal ini untuk mencegah kemungkinan pilar batas tidak terpasang pada tempat yang semestinya seperti misalnya, PBU yang dipasang tidak tepat pada garis batas, PABU yang dipasang terlalu jauh dari garis batas, koordinat hasil pengukuran pilar batas tidak memiliki ketelitian yang dapat dipertanggungjawabkan atau koordinat hasil pengukuran pilar batas tidak terintegrasi dengan SRGI 2013. Integrasi pengukuran posisi pilar batas dengan SRGI 2013 dilakukan untuk mendukung kebijakan satu peta.

3.2 Saran

a. Kajian ini mengusulkan agar pilar batas perapatan hanya terdiri dari 2 jenis yaitu PBU (Pilar batas Utama) mewakili pilar batas yang dipasang tepat pada garis batas dan PABU (Pilar Acuan Batas Utama) mewakili pilar batas yang tidak dipasang tepat pada garis batas karena hal hal tertentu. Terlalu banyak jenis pilar batas akan membuat kerancuan dalam penamaan pilar yang dapat memunculkan ketidakseragaman dan sulit diintegrasikan satu sama lain.

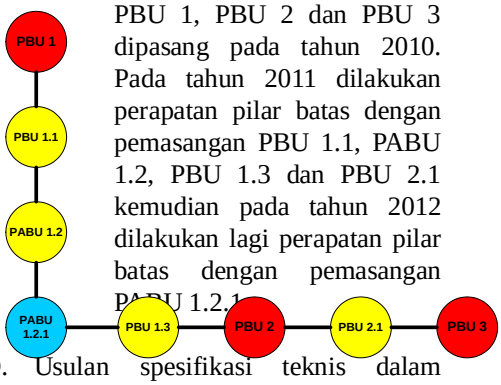
PBU dipasang tepat pada garis batas dengan toleransi kesalahan 5 cm sedangkan PABU dipasang tidak tepat pada garis batas dengan jarak terjauh sekitar 50 m dari garis batas.

b. Kajian ini mengusulkan perapatan pilar batas tidak diberlakukan untuk semua segmen melainkan hanya segmen batas tertentu dengan karakteristik sebagai berikut :

- Segmen batas yang berpotensi menjadi penyebab konflik batas wilayah.
- Segmen batas yang berada di lokasi dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi
- Segmen batas yang berada di lokasi dengan tingkat pembangunan yang cepat.
- Segmen batas yang ditarik berdasarkan kesepakatan tanpa mengikuti objek alam atau objek buatan
- Segmen batas yang ditarik berdasarkan objek alam atau buatan yang sulit diintepretasi di lapangan

c. Kajian ini mengusulkan sitematika penamaan pilar yang sederhana dan terintegrasi satu sama lain.

Contoh :



PBU 1, PBU 2 dan PBU 3 dipasang pada tahun 2010. Pada tahun 2011 dilakukan perapatan pilar batas dengan pemasangan PBU 1.1, PABU 1.2, PBU 1.3 dan PBU 2.1 kemudian pada tahun 2012 dilakukan lagi perapatan pilar batas dengan pemasangan PABU 1.2.1.

D. Usulan spesifikasi teknis dalam pemasangan dan pengukuran pilar batas perapatan telah diterangkan pada bagian 2.4 tentang spesifikasi teknis perapatan pilar batas.

Daftar Pustaka

Kementrian Dalam Negeri (2016), *Permendagri Nomor 46 Tahun 2016 tentang Penetapan dan Penegasan Batas Desa*. Jakarta

Kementrian Dalam Negeri (2012), *Permendagri Nomor 76 Tahun 2012 tentang Penegasan Batas Daerah*. Jakarta

Kementrian Dalam Negeri (2006), *Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 tentang Penegasan Batas Daerah*. Jakarta

Badan Standarisasi Nasional (2002). SNI 19-6724 (2002) : *Jaring Kontrol Horisontal*. Jakarta

Sumaryo 2015, *Asesmen Peran Informasi Geospasial Dalam Proses Boundary Making Dan Sengketa Batas Daerah Pada Era Otonomi Daerah di Indonesia*, Progam Studi Teknik Geomatika Progam Pasca Sarjana Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta

Riau.go.id (2016, 19 Mei), *Rapat Penetapan Lokasi Perapatan Pilar Batas Antar Provinsi Antar Provinsi Riau Dengan Provinsi Sumatera Barat*. Diperoleh 20 September 2016, dari https://www.riau.go.id/home/skpd/2016/09/15/1272-rapat-penetapan-lokasi-perapatan-pilar-batas-antar-provinsi-dengan-provinsi-sumatra

Kajian Teknis *Unresolved Segment* Perbatasan Negara Darat RI-RDTL di Noel Besi/Citrana

Muhammad Nurman, ST, MT[a]

[a,]Badan Informasi Geospasial, Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911, Indonesia
(Muhammad.nurman@big.go.id)

ABSTRACT

Treaty for demarcation of Portugese and Dutch Possesions on the Island of Timor in 1904 (Treaty 1904) is the legal basis for determining the land border between Indonesia and RDTL. Problems arise when there is a difference of interpretation about the toponymy in Treaty 1904. According to Article 1 of the Treaty1904, the boundary follows the estuary Noel (river) Besi, where the summit Batek Island can be seen in azimuth Astronomy 30°47 'NW, followed Thalweg Noel Besi, Noel Niema and Bidjael Sunan, up to the springs. RDTL technical team found Noel Besi estuary flow in the west in accordance with the peak location Batek Island can be seen in azimuth Astronomy 30°47 'NW, or known as Nono-Tu-I-Nan. While Indonesia argues that the Noel Besi now is currently in the east channel.

The research was conducted to explore and understand the Treaty in 1904 related to the unresolved segment Noel Besi - Citrana and further assess the Appendix Map on Treaty 1904 from the technical aspects, so Noel Besi geographic location can be identified properly. The method used is technically analyze maps, satellite imagery and imagery using a UAV with different acquisition time of year.

the results showed that: The location where the peak Batek Island can be seen in azimuth Astronomy 30°47 'NW is at the mouth of Nono-Tu-I-Nan, Noel Besi which is a large river is the west of the area of dispute and the position of the large flow of Noel Besi from 2001 - in 2015 there were no changes.

Keywords Treaty 1904, Appendix Map, Unresolved Segments, Noel (River) Besi

Pendahuluan

Kegiatan penyelesaian permasalahan batas negara darat antara Republik Indonesia (RI) dan Republik Demokratik Timor-Leste (RDTL) dimulai setelah pada tahun 1999 Pelaksanaan Referendum, dengan hasil yang menyatakan bahwa 80%:20% rakyat Timor-Leste memilih merdeka dan berpisah dari NKRI. Selanjutnya berturut turut dibentuk forum bilateral yang berfungsi untuk menyelesaikan permasalahan batas negara RI-RDTL. Berikut ini kronologisnya :

Tabel 1. Kronologi Penyelesaian masalah Perbatasan Negara RI-RDTL

TAHUN	PERISTIWA
1998	Presiden RI, B.J. Habibie, memutuskan adanya Referendum di Provinsi Timor Timur.
1999	Pelaksanaan Referendum, dengan hasil yang menyatakan bahwa 80%:20% rakyat Timor-Leste memilih merdeka dan berpisah dari NKRI. Setelah itu UNTAET (United Nations Transitional Administration for East Timor) masuk ke Dili.
2000	Pembentukan JBC (Joint Border Committee) RI-UNTAET di Jakarta.
2001, Agustus	JBC RI-UNTAET di Dili menyepakati terbentuknya TSB-BDR (Technical Sub-Committee on Border Demarcation and Regulation) beserta TOR-nya.
2001, November 19-21	Pertemuan TSC-BDR RI-UNTAET di Dili membahas rencana kerja yang diusulkan masing-maing pihak.
2001, Desember 11-12	Special Technical Meeting (STM) TSC-BDR RI-UNTAET di Cibinong, dengan agenda pertemuan program pengkajian Traktat 1904 antara Belanda dan Portugis. Lalu mengkaji masing-2. Termasuk pembuatan TOR bersama.
2002	JBC RI-UNTAET di Jakarta dan Pertemuan JTSC-BDR Pertama menghasilkan joint program untuk survei demarkasi. Dilaksanakan Rekonesen unilateral untuk mengidentifikasi masalah-masalah batas. Pemerintah

	Daerah menginformasikan bahwa terdapat masalah jika diterapkan Traktat 1904, yaitu: Memo, Motatalas, Motabiku, Manusasi, Noel Besi. Bahan/informasi tersebut menjadi dasar melaksanakan Joint Recon. Juga dilaksanakan Kajian dan CBDRF (Common Border Datum Reference Frame).
2002, Maret	Pelaksanaan JRS (Joint Reconnaissance Survey) RI-UNTAET.
2002, April	Dokumentasi tentang Joint Recon.
2002, Mei 20	Timor-Leste merdeka dengan nama RDTL.
2003, Juni	The First Joint Ministerial Committee (JMC) Meeting: Memerintahkan TSC-BDR untuk menyelesaikan demarkasi batas RI-RDTL dalam waktu tiga tahun.
2003	Survei CBDRF dan Survei delineasi bersama dimulai. Desember 2003 muncul surat tuntutan/klaim masyarakat sekitar garis batas di TTU atas tanah garapan mereka yang disebut sebagai masuk ke wilayah TL jika diterapkan batas negara berdasarkan Treaty 1904. Klaim tersebut disampaikan kepada Presiden RI dengan tembusan utama ke DEPDAGRI.
2003, April	TSC-BDR di Jakarta: sudah tercatat adanya perbedaan interpretasi pada segmen: Memo/Mota Malibaka, Motaain/Motabiku, Noel Miomafo/Manusasi, Citrana/Noel Besi. Sementara itu perihal Hukum adat dan hak ulayat telah diusulkan oleh Indonesia sebagai bagian dari penyelesaian masalah perbatasan. Dan seterusnya berkembang sampai dengan Pasal 6 Provisional Agreement 2005.
2004	Joint Interim Report dihasilkan sebagai laporan awal bersama tentang hasil yang diperoleh sudah 96%.
2004, Oktober	TSC-BDR di Yogyakarta menyepakati un-resolved segments masih 3.
2005, April 8	Provisional Agreement ditandatangani oleh para Menlu disaksikan Presiden kedua negara di Dili.

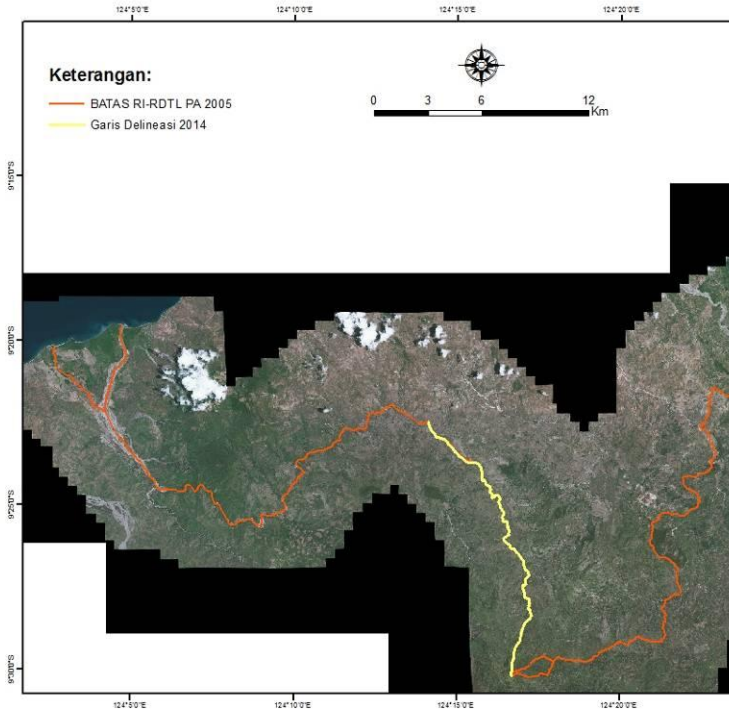
Dalam periode 2002-2003, kegiatan survei meninggalkan 2 permasalahan yang belum terpecahkan, yaitu :

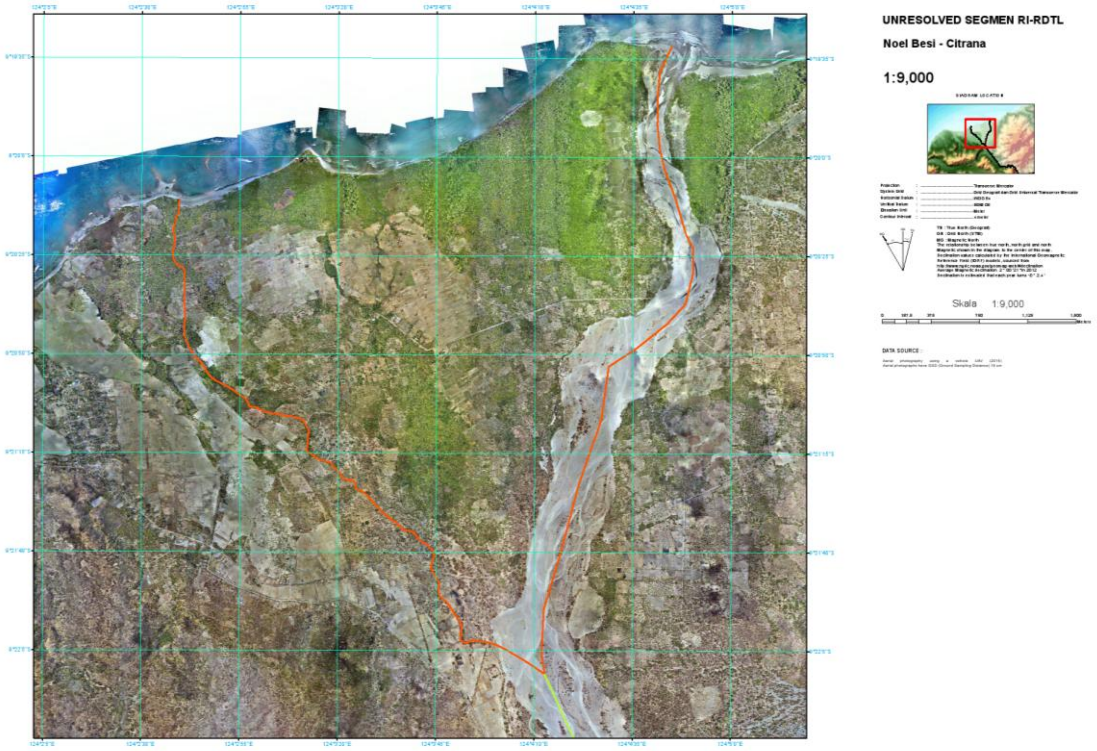
1. Unresolved segment yaitu segmen yang tidak disepakati karena perbedaan inrepetasi pada dokumen acuan di wilayah Manusasi dan Noel Besi

2. Unsurveyed segment yaitu segmen yang sudah disepakati namun belum dilaksanakan delineasi lapangan.

Unresolved Segment Noel Besi – Citrana berada di Sektor Barat (Oecussee Border), berada di sebelah utara di wilayah Kecamatan Amfoang, Kabupaten Kupang, NTT. Secara Garis Besar, berikut ini permasalahan yang terjadi pada segment tersebut.

Treaty 1904 antara Pemerintah Hindia Belanda dengan Portugis merupakan salah satu acuan penetapan perbatasan darat antara Indonesia dan RDTL. Masalah timbul ketika terjadi perbedaan interpretasi *Treaty 1904* dan toponimi antara tim teknis kedua negara. Menurut Pasal 1 dalam *Treaty 1904* disebutkan bahwa batas mengikuti muara Noel (sungai) Besi, dimana puncak Pulau Batek dapat terlihat pada azimuth Astronomi 30°47' NW, mengikuti *Thalweg* Noel Besi, Noel Niema dan bidjael Sunan, sampai ke mata airnya. Pihak RDTL berpendapat bahwa muara





Gambar 1. Wilayah Kajian

Metode penelitian yang digunakan adalah desktop studi perbandingan 3 data yang berbeda yaitu peta garis, citra Ikonos 2001 dan Foto Udara untuk mengidentifikasi posisi sungai Noel Besi dari tahun 2001 – 2016.

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Dalam Treaty 1904 artikel 1 ada 2 point utama yang menjelaskan mengenai titik awal batas negara RI-RDTL didarat, yaitu :

1. Bahwa batas negara darat dimulai dari muara Noel Besi
2. Bahwa muara Noel Besi dimana puncak Pulau Batek dapat terlihat pada azimuth Astronomi 30^{o}47’ NW

Noel merupakan salah satu istilah dari bahasa Dawan (Bahasa local NTT) yang berarti Sungai atau aliran Besar. Sedangkan Nonok/Nono dalam bahasa Dawan artinya adalah aliran kecil. Jadi secara bahasa Noel Besi adalah Sungai Besi dengan aliran yang besar. Untuk mengetahui posisi Noel Besi dari tahun 2001 – 2016 akan dibandingkan beberapa peta/citra satelit yang menggambarkan wilayah naktuka.

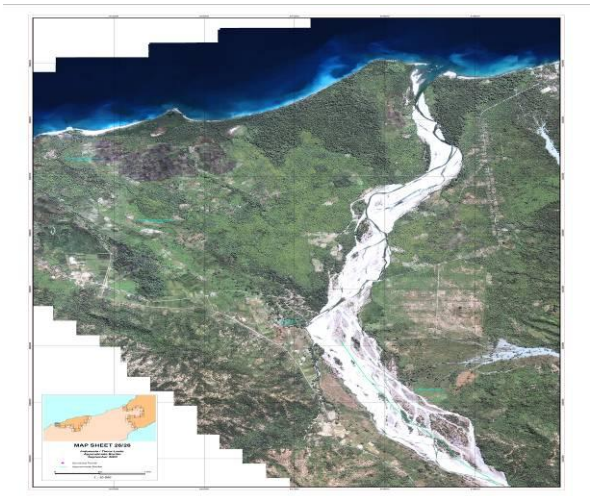
Peta pertama yang digunakan adalah Peta Annex B PA-2005 Lembar 1 Oepuli skala 1:25.000. Peta ini merupakan lampiran dari dokumen kesepakatan resmi Provisional Agreement – 2005 antara Indonesia dan RDTL. Dalam peta terlihat jelas bahwa aliran sungai



Noel Besi berada disebelah timur daerah sengketa.

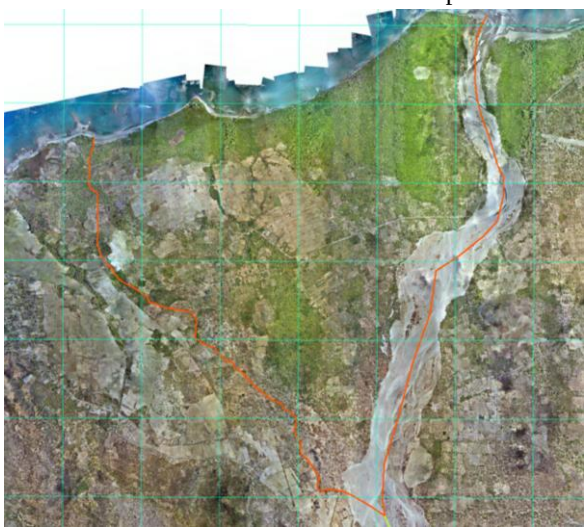
Gambar 2. Peta Annex B Lembar 1 Oepoli

Dalam PA-2005 selain melampirkan Peta Annex B, juga dilampirkan citra Ikonos tahun 2001, yang menjadi salah satu dokumen resmi pendukung kesepakatan garis batas kedua negara. Dalam citra tersebut juga jelas terlihat lokasi aliran sungai Noel Besi berada di sebelah timur wilayah sengketa.



Gambar 3. Citra Ikonos 2001 Map Sheet 26/26

Data terakhir yang digunakan untuk mengidentifikasi posisi aliran Noel Besi adalah hasil Peta Foto Udara Perbatasan RI-RDTL skala 1:3.000 NBC-1 sampaidengan NBC-10, yang merupakan kegiatan pemetaan menggunakan wahana UAV dengan tahun akuisisi 2015 sesuai dengan amanat TSC-BDR dalam Joint Work Plan TSC-BDR periode

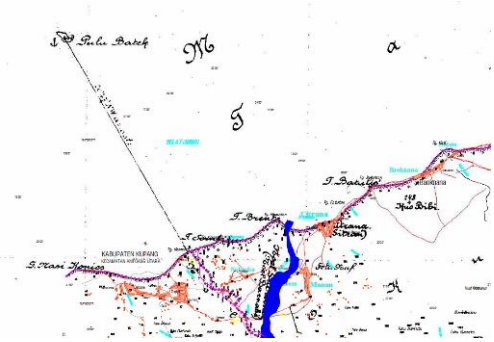


2015-2019. Tidak Jauh berbeda dengan tahun 2001, pada tahun 2015 atau 14 tahun sesudahnya lokasi aliran Noel Besi tidak ada perubahan, masih tetap berada di sebelah timur wilayah sengketa.

Gambar 4. Peta Foto Udara Perbatasan RI-RDTL skala 1:3.000 NBC-1 sampai dengan NBC-10

Dari perbandingan 3 peta diatas dengan rentang waktu 14 tahun dapat disimpulkan bahwa tidak ada perubahan aliran sungai Noel Besi, yaitu tetap berada si sebelah timur daerah sengketa atau sesuai dengan klaim dari Indonesia

Point kedua dalam Treaty 1904 mengenai titik awal batas negara darat RI-RDTL di darat adalah bahwa muara Noel Besi dimana puncak Pulau Batek dapat terlihat pada azimuth Astronomi 30°47' NW. Penelitian dilakukan menggunakan dasar peta lampiran treaty 1904 yang di overlay menggunakan data CAD Peta



Annex B. Hasil plotting posisi azimuth Astronomi 30°47' NW dari pulau Batek jatuh di sebelah barat daerah sengketa di muara Nono Tu I Nan atau sesuai dengan klaim dari RDTL.

Gambar 4. Plotting Muara Sungai Noel Besi menurut Treaty 1904

Dari analisis diatas, Klaim wilayah sengketa di Segment Noel Besi – Citrana antara Indonesia dan RDTL sama –sama memiliki dasar yang jelas. Dasar klaim Indonesia adalah posisi aliran sungai Noel Besi berada disebelah Timur daerah sengketa, selama 14 tahun dari periode 2001-2015 tidak mengalami perubahan aliran. Komunikasi dengan masyarakat setempat juga memperkuat argumen bahwa Noel Besi tidak pernah mengalami perubahan aliran.

Dasar klaim RDTL juga jelas, secara teknis posisi muara yang dimaksud dalam Treaty 1904 jatuh di sebelah barat daerah sengketa. Nilai azimuth Astronomi 30°47' NW dari tahun 1904 sampai dengan tahun 2016 tidak akan mengalami perubahan.

Satu-satunya kesalahan dalam Treaty 1904 adalah mendefinisikan suatu objek menggunakan 2 definisi yaitu secara geometri dan secara toponimi.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa dari identifikasi lokasi aliran sungai Noel Besi di wilayah Kecamatan Amfoang, Kabupaten Kupang Propinsi Nusa Tenggara Timur melalui media peta garis, citra satelit dan peta foto periode 2001 – 2015, tidak mengalami

perubahan arah aliran yaitu berada di sebelah timur daerah sengketa Citrana.

Sedangkan posisi muara sungai Noel Besi sesuai dengan yang disebutkan dalam artikel 1 Treaty 1904 berada di sebelah barat daerah sengketa atau berada di muara Nono tu I nan

Mengingat bahwa kedua negara memiliki dasar yang kuat secara teknis terkait klaim di wilayah unresolved segment Noel Besi-Citrana, saran yang diberikan untuk menyelesaikan sengketa ini adalah dengan mempertimbangkan factor sosial masyarakat disekitar wilayah sengketa. Kultur adat istiadat dan pengaruh kerajaan masih kuat di wilayah NTT perlu dijadikan salah satu alternative solusi.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan di lingkungan Pusat Pemetaan Batas Wilayah, (Alm) Dr. Y Sri Handoyo, Teman-teman staf PPBW BIG

Daftar Pustaka

Adler,R. (1995) Positioning and Mapping International Land Boundaries, Boundary & Territorial Briefing 2 (1), IBRU, Durham

Fernandes, R.M.S., D. Fahrurrazi, J. Matos, S. Handoyo (2005): "The Common Border Datum Reference Frame (CBDRF) between Indonesia and Timor-Leste: Implementation and Processing", Cartografia e Geodesia 2005: Actas da IV Conferência Nacional de Cartografia e Geodesia, isbn 972-757-370-3, Março 2005, Lidel-Edições Técnicas, Lda., Lisabon, Portugal, pp. 471-479.

Sutisna, Sobar, Handoyo, Sri (2006), Delineation and Demarcation Surveys of the Land Border in Timor: Indonesia Perspective: International Symposium on Land and River Boundaries Demarcation and Maintenance in Support of Boderland Development, Bangkok Thailand

Dokumen TSC-BDR dari 2003 -2015.

Laporan Pekerjaan Pemotretan Udara Menggunakan Wahana UAV untuk Peta Segmen Batas RI-RDTL

Provisional Agreement Between RI and RDTL 2005

Treaty for demarcation for portugese and dutch posessions of the island of timor in 1904 (Treaty 1904)

Kajian Aspek Geospasial Peraturan Menteri Dalam Negeri No.45/2016 tentang Pedoman Penetapan dan Penegasan Batas Desa

Farid Yuniar[a], Najib KA[b], Lulus Hidayatno[c]

[a,b,c] Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial (farid.yuniar@big.go.id)

ABSTRACT

In the middle of 2016, Minister of Home Affairs issued a decree No.45/2016 about guidance of delineation and delimitation of village boundary. The new regulation replaced old Minister Decree No.27/2006 that regulated same issue in the past. The 2016 decree contains of some improvement in process of delineation and delimitation of village boundary including geospatial aspect.

Minister of Home Affairs Decree No.45/2016 consists of 12 chapters, 26 articles which constitute the delineation, delimitation, and legalization of village boundary. The new decree also organizes something new that is delineation and delimitation team which consists of National, Province, and Regency team in which there was only regency team in the old decree. Overall, stages of delineation and delimitation in 2016 decree has relatively same steps with the old one, but the new 2016 decree provides more detailed stages including the use of high resolution satellite image in the village boundary settlement process. On the decree appendix, delimitation process for village boundary is separated into two conditions, for the village which exists before the decree issued, and for the village that will be born after the decree published. On village dispute resolution issue, the new decree regulates a 6 months period for dispute settlement. Minister of Home Affairs Decree No.45/2016 also stated a reporting mechanism of delineation and delimitation from regent to governor and from governor to minister of Home Affairs.

The study explains geospatial aspect of Minister of Home Affairs No.45/2016 such as: the use of high resolution satellite image, carthomertric delineation process, carcthometric point determination, pillar establishment and measurement. Other issues are also discussed related to improvement of 2016 decree from the old decree. To sum up, the changes written on new decree can full filled the need of improvement due to the establishment of technology and the condition of village boundary in Indonesia.

Keywords: Minister of home affairs decree no.45/2016, delineation, delimitation, village boundary, carthometric method

Pendahuluan

Penetapan dan penegasan batas desa merupakan tahapan penting bagi sebuah wilayah, terutama kabupaten/kota di Indonesia untuk menata daerah masing-masing. Dengan dilaksanakannnya dua kegiatan di atas, desa dapat memiliki status batas definitf yang dapat dimanfaatkan informasinya untuk mendukung banyak kepentingan, misalnya pertanahan, kependudukan, pembangunan, dan kehutanan.

Di Indonesia, aturan hukum penetapan dan penegasan batas desa sudah ada sejak tahun 2006 dengan diterbitkan peraturan menteri dalam negeri (Permendagri) No.27 tahun 2006 tentang pedoman penetapan dan penegasan batas desa. Permendagri tersebut mengatur aspek legal dan teknis perubahan status batas desa dari indikatif menjadi definitif melalui proses penetapan dan penegasan batas desa.

Sejak lahir tahun 2006, Permendagri penetapan dan penegasan batas desa seharusnya dapat menjadi menjadi pedoman bagi proses penetapan dan penegasan batas desa. Namun pada kenyataanya kegiatan tersebut tidak berjalan dengan baik. Hal ini ditunjukkan dengan masih sedikitnya kabupaten/kota yang melaksanakan tahapan penetapan dan penegasan batas desa sampai dengan diterbitkannya Peraturan bupati/walikota.

Kewenangan pelaksanaan penetapan dan penegasan batas desa pada permendagri No.27/2006 pada pasal 6 adaalah kewenangan kabupaten/kota. Dengan kondisi tersebut, kabupaten/kota memiliki tanggung jawab melaksanakan proses awal sampai dengan dikeluarkannya peraturan bupati/walikota. Tidak dapat dipungkiri, isu desa dan batas desa bukan

merupakan isu krusial sampai sebelum terbitnya UU No 6/2014 tentang desa. Hal tersebut mempengaruhi pelaksanaan penetapan dan penegasan batas desa yang membutuhkan biaya, waktu, dan SDM yang tidak sedikit dihadapkan pada kondisi keuangan daerah yang berbeda-beda dan skala prioritas peruntukan anggaran di daerah.

Di satu sisi, perkembangan teknologi berjalan pesat dalam beberapa tahun terakhir, termasuk bidang geospasial. Kebutuhan data geospasial yang handal hadir untuk memenuhi kebutuhan pembangunan. Salah satu diantaranya perkembangan pengukuran GNSS dan citra satelit resolusi tinggi. Saat ini, CSRT memiliki resolusi spasial sampai dengan puluhan cm. Dengan ketersediaan data tersebut, permbangunan yang membutuhkan analisis spasial dengan CSRT dalam dilaksanakan.

Perkembangan kewilayahan dan teknologi survei pemetaan menjadi pendukung perubahan aturan penetapan dan penegasan batas desa yang tengah tahun 2016 digantikan dengan Permendagri No.45/2016 yang mengatur hal yang sama. Permendagri yang baru berisi perubahan-perubahan dari aturan lama, baik dalam tahapan pekerjaan, tim, proses penyelesaian perselisihan, hingga aspek teknis pengukuran batas desa.

Batas Desa di Indonesia

Pada kenyataaannya batas desa di lapangan dapat berupa batas alam, misalnya sungai, garis pemisah air, danau/kawah, gunung, bukit dan fitur alam lainnya. Selain itu, dapat pula segmen batas desa melewati fitur buatan, misalnya jalan, rel kereta api, dan batas buatan lainnya. Secara umum di Indonesia batas desa lebih banyak berupa batas alam.

Desa menjadi isu penting sejak lahirnya Undang-undang No.6/2014 tentang desa. Pada peraturan tersebut diatur urusan berkaitan dengan desa misalnya alokasi dana desa, yang juga menjadi isu kampanye pada pemilihan presiden beberapa waktu yang lalu.

Dalam pasal 1 UU No.6/2014 didefinisikan Desa adalah kesatuan masyarakat hukum yang memiliki batas wilayah yang berwenang mengatur dan mengatur urusan pemerintahan, kepentingan masyarakat setempat berdasarkan prakarsa masyarakat, hak asal usul, dan/atau hak tradisional yang diakui dan dihormati dalam sistem pemerintahan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Batas wilayah yang disebutkan pada pasal 1, dilanjutkan pada pasal 8 pada bab tentang penataan desa, dimana pembentukan desa harus memenuhi beberapa syarat diantaranya batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk peta desa dan telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota.

Pentingnya batas desa yang diatur dalam UU Desa membutuhkan dukungan aturan hukum turunan hingga hadirnya Permendagri No.45/2016 sebagai jawaban kebutuhan tersebut.

Data menunjukkan jumlah desa di Indonesia saat ini berdasarkan Permendagri No.56/2015 berjumlah 74.754 desa, dan jika digabungkan dengan jumlah kelurahan, Indonesia memiliki 83.184 desa dan kelurahan.

Sampai saat ini belum diketahui publikasi yang menyebutkan jumlah desa/kelurahan yang sudah memiliki batas desa definitif. Hasil pencarian melalui internet didapatkan beberapa kabupaten/kota yang sudah melaksanakan penetapan dan penegasan batas desa. Diantaranya adalah Kabupaten Badung Provinsi Bali untuk beberapa desa di wilayahnya. Tantangan besar penetapan dan penegasan batas desa harus bisa dijawab dengan hadirnya Permendagri No.45/2016.

Perubahan Paradigma

Permendagri No.45/2016 dibagi dalam 12 bab yang terdiri dari: ketentuan umum, tujuan, ruang lingkup, tim penetapan dan penegasan batas desa, tata cara penetapan, penegasan, dan pengesahan batas desa, penyelesaian perselisihan batas desa, pembinaan dan pengawasan, pelaporan, pendanaan, ketentuan lain-lain, ketentuan peralihan, ketentuan penutup. Dibandingkan dengan permendagri lama, bab baru yang diatur adalah mengenai pelaporan dan pendanaan.

Pada Bab I ketentuan umum dijelaskan definisi-definisi istilah yang tertulis dalam batang tubuh permendagri. Definisi batas desa yaitu pembatas wilayah administrasi pemerintahan antar Desa yang merupakan rangkaian titik-titik koordinat yang berada pada permukaan bumi dapat berupa tanda-tanda alam seperti igir/punggung gunung/pegunungan (*watershed*), median sungai dan/atau unsur buatan dilapangan yang dituangkan dalam bentuk peta. Definisi tersebut memiliki beberapa hal penting, yaitu bahwa batas desa merupakan pembatas wilayah administrasi. Batas desa juga harus memiliki koordinat yang melewati fitur alam dan buatan dan harus disajikan dalam peta. Hal ini sejalan dengan yang diatur dalam UU Desa.

Pada ketentuan umum disebutkan definisi penetapan batas desa yaitu proses penetapan batas Desa secara kartometrik di atas suatu peta dasar yang disepakati. Metode kartometrik dijelaskan sebagai penelusuran/penarikan garis batas pada peta kerja dan pengukuran/perhitungan posisi titik, garis, jarak dan luas cakupan wilayah dengan menggunakan peta dasar dan informasi geospasial lainnya sebagai pendukung.

Keterkaitan pada proses penetapan dengan metode kartometrik adalah dengan menggunakan informasi geospasial yang memadai desa ditetapkan dan

dilaksanakan pengukuran perhitungan luas cakupan wilayah, sehingga pada proses penetapan luas desa dapat diketahui.

Penegasan batas desa dijelaskan sebagai kegiatan penentuan titik-titik koordinat batas Desa yang dapat dilakukan dengan metode kartometrik dan/atau survey dilapangan, yang dituangkan dalam bentuk peta batas dengan daftar titik-titik koordinat batas Desa. Berbeda dengan aturan yang lama, pada penegasan batas desa dapat menggunakan metode kartometrik pada proses pelaksanaannya.

Aspek geospasial yang diatur pada ketentuan umum diantaranya definisi tentang peta dasar, peta penetapan batas desa, citra, skala, prinsip-prinsip geodesi. Pada ketentuan umum juga dituliskan arti dari peta batas desa yaitu peta yang menyajikan semua unsur batas dan unsur lainnya, seperti pilar batas, garis batas, toponimi perairan dan transportasi.

Perubahan mendasar pada Permendagri No.45/2016 adalah dibentuknya tim penegasan batas desa pada tingkat pusat, provinsi dan kabupaten/kota. Jika dalam peraturan yang lama hanya terdapat tim pada tingkat kabupaten/kota, pada aturan baru keterlibatan pemerintah ditingkatkan pada tingkat provinsi dan pusat. Hal ini dapat dilihat sebagai semangat baru dari pemerintah pusat dan provinsi yang menjadi bagian dari penetapan dan penegasan batas desa dengan tanggung jawab masing-masing.

Penetapan Batas Desa

Permendagri No. 45/2016 memiliki pengertian bahwa seluruh desa yang sudah ada sekarang ini telah melalui tahap penetapan, sehingga tidak laagi diperlukan proses penetapan batas desanya meskipun banyak desa yang penetapan batasnya tidak tergambar pada peta. Hal tersebut diperkuat pada lampiran permendagri ini bahwa untuk desa yang terbentuk sebelum permendagri ini berlaku tidak perlu melalui proses penetapan batas desa seperti disajikan pada ilustrasi gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Permendagri No.45/2016

Pasal 10 Permendagri No.45/2016 menyebutkan terdapat tiga tahapan yang harus dilalui pada tahap penetapan batas desa, yaitu:pengumpulan dan penelitian dokumen;pemilihan peta dasar; dan pembuatan garis batas di atas peta. Perubahan signifikan pada tahapan penetapan batas desa jika dibandingkan dengan peraturan lama adalah adanya penandatanganan peta penetapan batas desa oleh masing-masing kepala desa dan berita acara kesepakatan antar desa yang berbatasan.

Pada lampiran permendagri diatur lebih detil tiap tahapan penetapan batas desa. Pengumpulan dan penelitian dokumen dilaksanakan dalam tiga langkah pekerjaan yaitu mengumpulkan dokumen batas baik yang bersifat yuridis, historis, maupun dokumen lain yang terkait, meneliti dokumen untuk mengetahui indikasi awal garis batas, serta pembuatan berita acara.

Pemilihan peta dasar menggunakan peta rupabumi Indonesia (RBI) skala 1:5.000, dan jika belum tersedia dapat digunakan citra satelit resolusi tinggi dengan resolusi spasial paling rendah 4 meter. Pada kegiatan pemilihan peta dasar juga dilakukan penandatangan berita acara.

Penegasan Batas Desa

Desa-desa yang sudah memiliki kode wilayah sesuai dengan Permendagri No.56/2015 adalah desa yang eksis namun sebagian besar belum dilaksanakan penegasan batas desa.

Tahapan penegasan batas desa sebagaimana diatur dalam pasal 14 meliputi: penelitian dokumen, pelacakan dan penentuan posisi batas, pemasangan dan pengukuran pilar batas, serta pembuatan peta batas desa dengan masing-masing tahapan disertai dengan berita acara. Pada permendagri ini diatur dua kondisi desa yaitu yang terbentuk sebelum dan sesudah peraturan ini diterbitkan. Perbedaaan tahapan antara dua kondisi tersebut adalah pada penegasan desa yang dibentuk sebelum peraturan ini terdapat tahapan pembuatan peta kerja sebelum dilakukan pelacakan dan penentuan posisi batas. Hal ini dikarenakan pada proses penetapan batas desa pada aturan lama tidak dilaksanakan pembuatan peta kerja. Selain itu, proses penetapan batas desa bisa saja terjadi puluhan tahun yang lalu sehingga sulit didapatkan data-data pada proses penetapan tersebut termasuk peta. Sedangkan pada desa yang dibentuk setelah peraturan ini, peta pada tahapan penetapan batas desa dapat digunakan pada penegasan batas desa.

Hal krusial dalam penegasan batas desa adalah tahapan pelacakan. Pada lampiran permendagri dijelaskan pelacakan batas desa dilakukan dengan metode kartometrik menggunakan peta kerja dan pelacakan di lapangan dengan spesifikasi tentang ketentuan pelacakan dan penentuan posisi batas.

Proses pelacakan di lapangan dilaksanakan dengan ketentuan:

1. Pengukuran garis batas di lapangan dilakukan dengan menyusuri perkiraan garis batas menggunakan GNSS (minimal) *single frekuensi* dengan target ketelitian ≤ 2 meter.
2. Pengukuran garis batas menggunakan metode *diferensial*, terikat dengan Titik kontrol geodesi.
3. Titik kontrol geodesi yang dapat digunakan antara lain Titik Orde 0, Titik Orde 1, Titik Orde 2, Titik Orde 3, CORS dan/ atau Titik Referensi tambahan.
4. Hasil pelacakan menggunakan GNSS menghasilkan data garis batas digital dengan data *attribute* disesuaikan dengan format *feature* Katalog Unsur Geografi Indonesia yang berlaku secara nasional.

Sedangkan proses metode kartometrik dilaksanakan dengan tahapan sebagai berikut:

1. Penarikan garis batas dilakukan secara langsung di atas peta kerja berdasarkan kesepakatan desa yang berbatasan dengan mempertimbangkan informasi dari tokoh adat dan masyarakat desa.
2. Jika garis batas tidak dapat diintepretasi di atas peta kerja maka dapat menggunakan bantuan peta kerja digital yang ditayangkan pada layar monitor/proyektor.
3. Dilakukan pemindaian peta kerja dengan hasil format digital yang ter-georefrensi untuk dijadikan dasar dalam digitalisasi garis batas.
4. Melakukan digitalisasi garis batas yang sudah digambarkan pada peta kerja.
5. Melaksanakan pengisian data *attribute* garis batas desa sesuai dengan format *feature* Katalog Unsur Geografi Indonesia.

Penggunaan metode kartometrik pada proses pelacakan memiliki tantangan dan kendala karena tergantung pada kualitas peta kerja/citra satelit yang digunakan. Citra satelit bisa saja tertutup awan atau tidak dapat menunjukkan kondisi lapangan dengan baik sehingga berpengaruh pada proses pelacakan batas. Jika pada saat pelacakan dengan metode kartometrik terdapat garis batas yang tidak dapat diidentifikasi dan/ atau tidak dapat disepakati maka diselesaikan pada saat pelacakan di lapangan.

Pada proses di lapangan dilakukan dengan diikuti pemasangan patok sementara sebagai titik rencana pemasangan pilar batas. Setelah pelacakan dan penentuan posisi batas dilakukan perbaikan garis batas hasil pelacakan.

Dua metode yang dilaksanakan pada proses pelacakan yaitu metode kartometrik ataupun pelacakan di lapangan dapat dikombinasikan sesuai dengan kondisi di desa. Dengan metode kartometrik dapat menjawab tantangan volume pekerjaan penegasan batas desa yang dapat lebih banyak dibandingkan jika hanya menggunakan metode lapangan, namun demikian metode lapangan tetap dapat dilaksanakan jika peta kerja tidak dapat digunakan untuk identifikasi batas atau tidak disepakatinya batas sehingga harus dilaksanakan pengecekan lapangan.

Dalam lempiran disebutkan tata cara penentuan titik kartometrik yaitu:

1. Penentuan titik kartometrik secara langsung di atas peta kerja.
2. Apabila garis batas tidak dapat diintepretasi di atas peta kerja maka dapat menggunakan bantuan peta kerja digital yang ditayangkan pada layar monitor/proyektor.
3. Pemilihan titik-titik batas pada obyek-obyek yang mudah dikenali. Untuk obyek (misal sungai atau jalan) yang lurus hanya dibuat pada ujung-ujung segmen (persimpangan atau belokan jalan atau sungai).
4. Pada titik awal dan akhir batas dengan desa yang saling berbatasan diberikan tanda masing-masing satu titik kartometrik.
5. Setiap pergantian jenis batas dari batas alam ke batas buatan atau sebaliknya di berikan titik kartometrik.
6. Dilakukan pemindaian peta kerja dengan hasil format digital yang ter-georefrensi untuk dijadikan dasar dalam ekstraksi titik kartometrik
7. Penamaan titik kartometrik dalam basis data menggabungkan antara singkatan titik kartometrik/TK (sebagai jenis titik), kode wilayah dan nomor urut titik kartometrik.

Pada lampiran diberikan contoh penomoran titik kartometrik sebagai berikut:

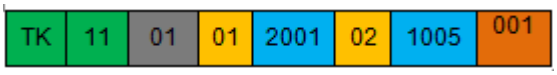
1) Desa dalam satu kecamatan :

TK11.01.01.2001-01.2002-001

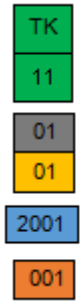
TK	11	01	01	2001	01	2002	001

2) Desa/kelurahan berbeda kecamatan:

TK11.01.01.2001-02.1005-001



Keterangan:



: TK (Titik Kartometrik)
: kode wilayah provinsi
: kode wilayah kabupaten/kota
: kode wilayah kecamatan ke 1 dan 2
: kode wilayah desa ke 1 dan 2
: nomor titik kartometrik

CATATAN : Kode wilayah berdasarkan Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Kode dan Data Wilayah yang terbaru dan berlaku. Wilayah ke (1 atau 2) adalah kecamatan/desa/kelurahan berdasarkan urutan angka kode wilayah.

Kriteria di atas secara umum memenuhi pendefinisian titik kartometrik yang dibutuhkan dalam proses penegasan batas desa. Titik kartometrik harus diatur dengan detil karena titik tersebut sama pentingnya dengan titik pengecekan di lapangan. Dengan kriteria di atas, jumlah titik kartometrik pada satu desa yang memiiki beberapa segmen batas dengan desa tetangga dapat mencapai puluhan titik. Oleh karena itu penting untuk dilakukan penomoran titik kartometrik yang sistematis, yang dapat diaplikasikan pada proses pelacakan.

Secara umum proses pelacakan di lapangan dan dengan metode kartometrik dijelaskan dengan detil pada lampiran. Namun demikian, pada pelacakan di lapangan terdapat spesifikasi pengukuran yang membutuhkan teknologi survei yang tinggi, dimana menjadi tantangan ketika proses penegasan dilaksanakan di wilayah pelosok, atau jauh dari dukungan survei pemetaan. Proses pelacakan di lapangan akan tetap membutuhkan biaya tinggi dan sumber daya manusia yang banyak.

Pengukuran Teknis dan Peta Kerja

Aspek geospasial lain yang ada pada kegiatan penetapan dan penegasan batas desa dapat dilihat pada proses pengukuran pilar batas desa. Untuk pengukuran GPS diganti dengan syarat ketelitian pengukuran seperti disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Lama Pengamatan GPS berdasarkan panjang *baseline*

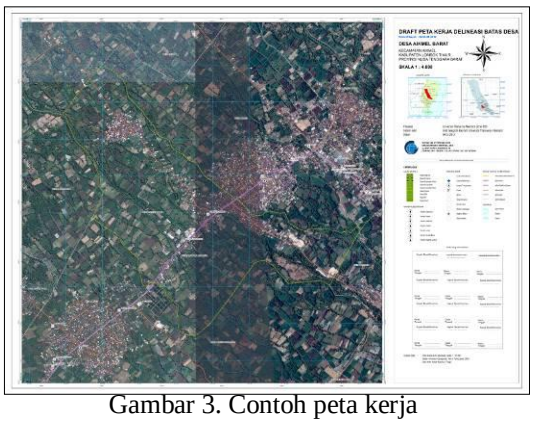
Panjang *Base Line*	Lama Pengamatan Untuk Receiver GPS	
	Satu Frekuensi	Dua Frekuensi
1 – 3 km	15 menit	10 menit
3 – 5 km	20 menit	15 menit
5 – 10 km	30 menit	20 menit
10 – 20 km	2 jam	1 jam
20 – 100 km	4 jam	2 jam
100 – 200 km	6 jam	3 jam

Untuk daerah yang terlalu jauh dari jangkauan titik kontrol geodesi yang dikhawatirkan tidak dapat memenuhi syarat ketelitian pengukuran GPS terhadap pilar, diperbolehkan memasang titik referensi tambahan dengan proses pemasangan dan pengukuran harus mengikuti aturan pengukuran GPS untuk titik jaring kontrol horizontal seperti disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Contoh ukuran pilar

Penggunaan peta kerja, seperti dicontohkan pada gambar 3, pada proses penetapan dan penegasan batas desa lebih dimaksimalkan pada permendagri baru. Penetapan peta dasar skala 1:5000 atau citra satelit resolusi tinggi dengan resolusi spasial paling rendah 4 meter diharapkan menghasilkan peta kerja yang sangat jelas sehingga proses penarikan garis batas secara kartometrik lebih mudah dan lebih akurat.



Gambar 3. Contoh peta kerja

Pencantuman daftar koordinat titik kartometrik maupun koordinat pilar yang terpasang pada peta batas desa juga akan memperkuat posisi garis batas dan juga peta batas desa itu sendiri seperti ditampilkan pada tabel 2.

Tabel 2. Contoh daftar titik kartometrik

DAFTAR TITIK KARTOMETRIK

Nama Titik Kartometrik	Koordinat Geografis	
	Lintang (Y)	Bujur (X)
TK1_33.23.05.2001-05.2008-05.2007	7° 15' 26.003" S	110° 13' 56.370" E
TK1_33.23.05.2001-06.2014-05.2007	7° 14' 0.172" S	110° 14' 37.093" E
TK1_33.23.05.2007-06.2006	7° 15' 7.747" S	110° 13' 33.200" E
TK1_33.23.05.2007-06.2014-06.2006	7° 13' 39.029" S	110° 13' 24.776" E
TK2_33.23.05.2001-05.2007	7° 14' 28.473" S	110° 14' 32.666" E
TK2_33.23.05.2007-06.2006	7° 14' 21.240" S	110° 13' 17.997" E
TK2_33.23.05.2008-05.2007	7° 15' 7.473" S	110° 13' 39.757" E
TK2_33.23.06.2014-05.2007	7° 13' 45.926" S	110° 14' 15.196" E
TK3_33.23.05.2001-05.2007	7° 14' 12.147" S	110° 14' 36.309" E
TK3_33.23.05.2007-06.2006	7° 14' 44.113" S	110° 13' 25.655" E
TK3_33.23.06.2014-05.2007	7° 13' 31.809" S	110° 13' 46.997" E

Pengesa

Muara dari proses penetapan dan penegasan batas

desa adalah pengesahan batas desa. Pasal 16 dan 17 Permendagri No.45/2016 mengatur pengesahan sebagai tanggung jawab dari PBB Des meliputi hasil penetapan dan penegasan batas desa yang harus disusun rancangan peraturan bupati/walikota berdasarkan proses pelaksanaan penetapan dan penegasan batas desa.

Tim Penetapan dan Penegasan Batas Desa

Pada permendagri No.45/2016 dibentuk tim penetapan dan penegasan batas desa (PPB Des) bertingkat dari pusat hingga kabupaten/kota. Pada tingkat pusat, diketuai oleh Menteri Dalam Negeri, dan beranggotakan pejabat eselon 1 dan eselon 2 dari instansi terkait, misalnya Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial. Tugas tim pusat adalah menyiapkan kebijakan umum dan melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap penetapan dan penegasan batas Desa. Pada tingkat provinsi, dibentuk tim yang diketuai Gubernur atau wakil gubernur dan beranggotakan pejabat dari SKPD terkait yang mempunyai tugas melakukan pembinaan dan pengawasan terhadap penetapan dan penegasan batas Desa di wilayah Provinsi. Pembentukaan PPD Des di tingkat pusat dan provinsi merupakan hal yang harus bagus, dengan adanya tim PPB Des, kegiatan penetapan dan penegasan batas desa dimonitor oleh provinsi dan pemerintah pusat.

Secara umum tugas PPB des kabupaten/kota masih sama dengan aturan lama, namun ditambahkan pada fungsi koordinasi dengan instansi lain dan tugas untuk menyusun rencana peraturan bupati/walikota. Peran PPB Des dalam proses penegasan batas desa menjadi kunci keberhasilan penegasan batas desa.

Penyelesaian Perselisihan

Pada penetapan dan penegasan batas desa diatur penyelesaian perselisihan yang mungkin terjadi pada bab VI Permendagri No.45/2016. Jika dibandingkan dengan Permendagri No.27/2006 pada aturan baru mengatur lama penyelesaian perselisihan yaitu selama 6 bulan, dimana perselisihan pada satu wilayah kecamatan difasilitasi oleh Camat, dan perselisihan pada wilayah kecamatan yang berbeda difasilitasi oleh Bupati/Walikota. Bila pada proses penyelesaian perselisihan tidak ditemukan kesepakatan, maka bupati/walikota dapat memutuskan dan kemudian diatur dalam peraturan bupati/walikota.

Tidak diatur lebih mendetil bagaimana fasilitasi yang harus dilaksanakan oleh Camat atau Bupati selama maksimal 6 bulan pelaksanaan penyelesaian perselisihan, hal ini dapat berpotensi bermasalah di kemudian hari apabila salah satu desa merasa dirugikan dengan hasil yang diperoleh.

Pelaporan dan Pendanaan

Pelaporan diatur dalam pasal 21 Bab VIII Pelaporan dimana disebutkan bahwa bupati/walikota wajib melaporkan kegiatan penetapan dan penegasan batas desa kepada Gubernur. Sedangkan gubernur melaporkan kepada pemerintah pusat dalam hal ini Menteri dalam negeri melalui Dirjen Bina Pemerintahan Desa setiap enam bulan sekali atau sewaktu-waktu diperlukan.

Adanya tahapan pelaporan berjenjang merupakan hal yang baik, namun tidak adanya pelaporan hasil pekerjaan yang bersifat teknis, terutama peta hasil penegasan yang dilampirkan pada peraturan bupati/walikota menjadikan data spasial belum memiliki mekanisme untuk diintegrasikan dengan jaringan data geospasial nasional. Hal ini penting untuk diatur sehingga dapat dilakukan akses data teknis terhadap hasil penetapan dan penegasan batas seluruh wilayah Indonesia.

Pendanaan kegiatan penetapan dan penegasan batas desa pada pasal 22 disebutkan dapat bersumber dari : APBN, APBD Provinsi, APBD Kabupaten/kota, APB Desa, dan sumber lain yang sah dan tidak mengikat. Banyaknya potensi sumber pendanaan seharusnya menjadikan kegiatan penetapan dan penegasan lebih cepat berjalan atau dapat dilaksanakan pada lebih banyak desa.

Kesimpulan

Permendagri No.45/2016 tentang pedoman penetapan dan penegasan batas desa secara umum membawa perubahan positif bagi pelaksanaan kegiatan ke depan. Perkembangan teknologi pemetaan sudah menjadi pertimbangan dalam perubahan-perubahan, misalnya dengan adanya peta kerja berbasis citra satelit resolusi tinggi. Proses penetapan batas desa sudah mensyaratkan hasil kesepakatan antar desa sehingga meminimalisir permasalahan setelah penetapan dan penegasan. Pelacakan batas di lapangan dengan mensyaratkan ketelitian pengukuran < 2 meter, juga metode pengukuran pilar dengan syarat ketelitian < 5 cm beserta teknis pengukurannya juga merupakan kemajuan aspek geospasial dalam penetapan dan penegsan batas desa. Namun perlu pembahasan lebih kanjut mengenai mekanisme pelaporan kegiatan termasuk penyimpanan hasil kegiatan yang diharuskan diserahkan hingga ke tim PBB Desa Pusat

Daftar Pustaka

- Undang-undang N0.6/2014 Tentang Desa
- Peraturan Menteri Dalam Negeri No.27/2006 tentang pedoman penetapan dan penegasan batas desa
- Peraturan Menteri Dalam Negeri No.45/2016 tentang pedoman penetapan dan penegasan batas desa.

Pembuatan Geodatabase Penunjang Kegiatan Analisis Kesesuaian Batas antara Batang Tubuh Permendagri tentang Batas Daerah dengan Peta Lampirannya

Adhiana Mulawarman[1], Rochmad Muryamto[2]

[1,] Mahasiswa, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (dhi.mulawarman@gmail.com)
[2,] Dosen Pengajar, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada (rochmad_mury@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Ministry of Home Affairs Regulations (Permendagri) about internal-administrative border is consist of articles that contains border-pillar position and borderline description, also accompanied by attached map wich describe borderline and border-pillar position. From further identification of Permendagri about internal-administrative border by Pusat Pemetaan Batas Wilayah (PPBW) Badan Informasi Geospasial (BIG), PPBW-BIG discovered differences in position and borderlines description that written in Permendagri articles with the borderlines that depicted on attached map. Therefor PPBW-BIG conduct analysis and clasification on differences of borderlines that been mentioned. Analysis and classification were performed using ArcGIS ESRI, however in termed of processing and management of spatial databases were still not integrated, especially with non-spatial data. Therefor geodatabase for analysis and clasification of borderline similarity is needed. Results from this study is the completion of 80 geodatabases for every Permendagri, wich consists data-spatial in form of point feature wich depict border-pillar and line feature wich depict borderline. Because of the difference of borderlines between the borderlines that written in Permendagri articles and depicted in attached map, both border-lines in geodatabase is simbolyzed with different color. Each geodatabase consist non-spatial data matrix of borderline similarity for each sub-segment, based on classification that has been set by PPBW-BIG.

Keywords Permendagri, Geodatabase, borderline

Pendahuluan

Latar Belakang

Kegiatan pemekaran atau pembentukan daerah otonomi baru terjadi semenjak disahkannya UU No. 22 Tahun 1999 tentang Otonomi Daerah. Menurut pasal 5 ayat 2 UU No. 22 Tahun 1999, salah satu aspek syarat fisik kewilayahan pembentukan daerah otonomi adalah Undang – Undang Pembentukan Daerah (UUPD) harus dilengkapi dengan peta yang menggambarkan dengan jelas letak geografis daerah serta batas daerah yang dimaksud,. Oleh karena itu, kegiatan penetapan batas merupakan salah satu kegiatan yang sangat penting dalam kegiatan pembentukan daerah otonomi baru. Penetapan batas terdiri dari dua tahap proses, yaitu pemilihan posisi dan pendefinisian pilar batas serta garis batas, yang hasilnya dituangkan kedalam Undang – Undang Pembentukan Daerah (UUPD) dan peta lampirannya (Sumaryo 2014).

Batas daerah yang telah ditetapkan dalam UUPD nantinya menjadi pedoman dalam kegiatan penegasan batas daerah, batas daerah hasil penegasan batas tersebut diterbitkan oleh Kementerian Dalam Negeri (Kemendagri) dalam bentuk Peraturan Menteri Dalam Negeri (Permendagri) tentang Penegasan Batas Daerah. Permendagri tersebut memuat deskripsi dan koordinat pilar serta garis batas yang diuraikan dalam batang tubuh dan digambarkan dalam peta lampiran (Kemendagri 2012), sehingga dapat dikatakan bahwa garis batas yang tertuang dalam batang tubuh dan yang tergambar pada peta lampiran sesuai/sama dan tidak menimbulkan kontradiksi. Dari hasil identifikasi ditemukan ketidaksesuaian pada beberapa Permendagri mengenai posisi maupun deskripsi pilar batas dan garis batas dalam isi batang tubuh Permendagri dengan peta lampirannya. Ketidaksesuaian diilustrasikan pada Gambar 1. dengan menggunakan contoh kasus pada Permendagri No 63 Tahun 2009 tentang Batas Daerah Kabupaten Gresik dengan Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur.



Gambar 1. Contoh ketidaksesuaian
Sumber : Permendagri No. 63 Tahun 2009

Disebutkan pada pasal 2 ayat 2 Permendagri 63 2009 bahwa garis batas dari PABU.002 ke arah Barat Daya menuju PBA.004 tanpa dijelaskan mengikuti orientasi apapun baik kenampakan alam maupun buatan sehingga dilakukan penarikan garis lurus dari kedua pilar, namun garis batas yang tergambar pada peta lampiran menunjukkan ketidaksesuaian. Ketidaksesuaian batas (isi batang tubuh dan peta lampiran) tersebut akan menimbulkan permasalahan nantinya ketika Permendagri tersebut dijadikan acuan dalam penentuan batas daerah di lapangan. Dari temuan tersebut, diperlukan analisis lebih lanjut mengenai kesesuaian batas yang tertuang di dalam batang tubuh dan peta lampiran Permendagri.

Dalam hal ini, PPBW BIG telah melakukan analisis dan mengklasifikasi kesesuaian garis batas antara Batang Tubuh dan Peta Lampiran Permendagri tersebut ke dalam empat buah klas (Sesuai, Sesuai dengan asumsi, Tidak Sesuai dengan asumsi, dan Tidak Sesuai). Kegiatan analisis tersebut dilakukan menggunakan perangkat lunak ArcGIS dari ESRI, namun dalam pengolahan maupun pengelolaan basis data spasialnya masih belum terintegrasi terutama dengan data non spasial pendukungnya, seperti dokumen Permendagri dan pengklasifikasian kesesuaian garis batas daerah yang telah dihasilkan oleh PPBW BIG. Oleh karena itu diperlukan pembuatan geodatabase sebagai penunjang kegiatan analisis dan klasifikasi kesesuaian garis batas daerah.

Dari temuan permasalahan inilah, akan dibuat geodatabase penunjang kegiatan analisis dan klasifikasi kesesuaian garis batas wilayah.

Cakupan Kegiatan

Cakupan kegiatan di dalam penelitian pembuatan geodatabase penunjang kegiatan analisis kesesuaian batas antara batang tubuh permendagri tentang penegasan batas daerah dengan peta lampirannya adalah sebagai berikut :

3. Objek dari kegiatan analisis ini adalah Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Penegasan Batas Daerah yang terbit pada tahun 2005 hingga 2013 sejumlah 80 dokumen Permendagri.
4. Batas daerah yang ditinjau dalam kegiatan aplikatif ini adalah batas daerah di darat.
5. Pembuatan Geodatabase menggunakan software ArcCatalog dari ESRI untuk analisis serta klasifikasi Permendagri Penegasan Batas Wilayah, menyimpan data spasial serta data non spasial.

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah terbentuknya geodatabase penunjang kegiatan analisis kesesuaian tarikan batas antara batang tubuh Permendagri tentang Penegasan Batas Daerah dengan peta lampirannya yang efisien dalam proses inputing, pengolahan serta penyajiannya menggunakan ArcGIS.

Metodologi

Data

Data yang digunakan dalam pembuatan geodatabase ini adalah sebagai berikut : (1) data peta lampiran Permendagri penegasan batas yang telah di scan menjadi file picture, (2) data posisi pilar batas yang tertuang dalam batang tubuh Permendagri tentang Batas Daerah (3) data spasial kontur, toponimi, batas administrasi kecamatan, batas administrasi desa, jaringan jalan, dan unsur perairan dengan berupa data digital RBI seamless skala 1 : 50000 dan 1:25000 format shapefile (*.shp) yang diperoleh dari Pusat Pemetaan Rupa Bumi dan Toponimi Badan Informasi Geospasial.

Perlatan

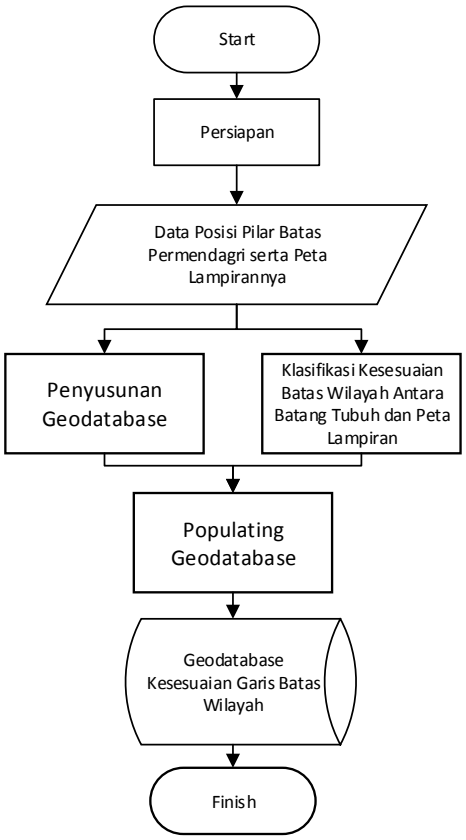
Peralatan yang digunakan dalam kegiatan ini adalah (1) ArcMap 10.3.1 sebagai software pengolah data spasial, diguanakan untuk analisis dan klasifikasi kesesuaian bataa, (2) ArcCatalog 10.3.1 digunakan untuk designing database.

Tahapan Kegiatan

Tahapan keseluruhan kegiatan secara umum diilustrasikan pada diagram alir yang tersaji pada Gambar 2.

Tahapan Persiapan

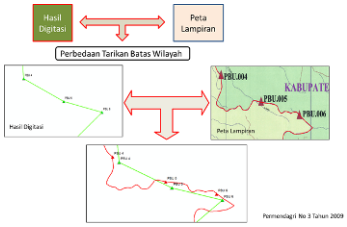
Pada tahapan ini yang dipersiapkan mencakup data pilar batas serta data garis batas batang tubuh Permendagri dan peta lampirannya yang didapatkan dari studi literatur Permendagri tentang Batas Daerah



Gambar 2. Diagram Alir Pembuatan Geodatabase

Tahapan Klasifikasi Kesesuaian Batas Wilayah

Klasifikasi diawali dengan dilakukan input koordinat serta penarikan garis batas, dilakukan dengan inptuning data koordinat pilar batas yang tertulis pada batang tubuh Permendagri, digitasi garis batas dilaukan dengan mengikukti deskripsi dari penarikan garis batas yang terdapat pada batang tubuh Permendagri. Selanjutnya dilakukan overlay antara batas hasil digitasi dari input koordinat pilar dan penarikan garis batas yang terdeskripsi pada batang tubuh dengan pilar batas dan garis batas yang tergambarkan pada peta lampirannya. Proses overlay dari batas hasil digitasi dengan peta lampirannya digambarkan pada Gambar 3.



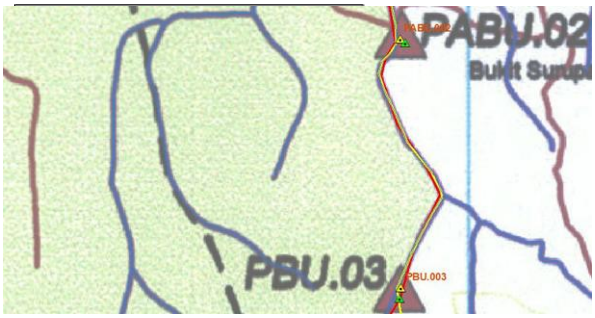
Gambar 3. Overlay dari batas hasil digitasi

Dilakukan interpretasi perbedaan tarikan hasil digitasi deskripsi batang tubuh di Peta RBI dan Hasil digitasi pada peta lampiran, selanjutnya dilakukan pengkelasan menurut kesesuaian hasil tarikan batas antara batang tubuh dan peta lampiran. Klasifikasi ini dimaksudkan untuk membantu dalam proses evaluasi dan mengetahui tingkat kesesuain antara garis batas yang tertuang pada batang tubuh Permendagri dengan garis batas yang tergambar pada peta lampirannya. Klasifikasi tersebut dibagi ke dalam 4 tingkatan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4. berikut.



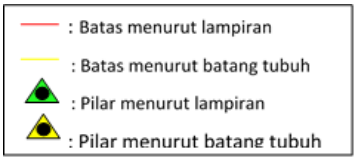
Gambar 4. Klasifikasi dalam analisis kesesuain garis batas

Contoh proses klasifikasi Gambar 4. dengan mengambil kasus dokumen Permendagri No. 63 Tahun 2009 tentang Batas Daerah Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat disajikan pada Gambar 5. hingga Gambar 8. Berikut



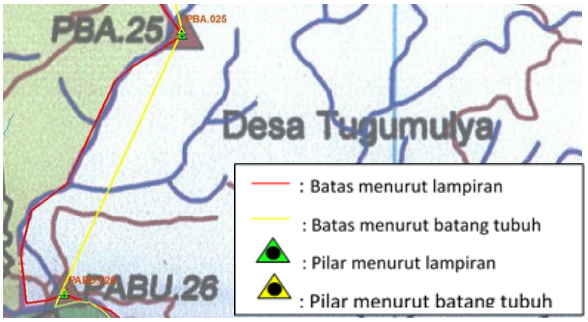
Gambar 5. Penjelasan Klasfikasi A
(Sumber : Permendagri No. 14 Tahun 2009)

Klas A : Disebutkan pada pasal 2 ayat 2 Permendagri 14 2009 bahwa garis batas dari PABU.002 ke PBU.003 menyusuri median line Sungai Ci Manggung. Dalam kasus ini, penarikan garis batas yang mengacu pada isi batang tubuh maupun garis batas yang tergambar pada peta lampiran menunjukkan kesesuaian.



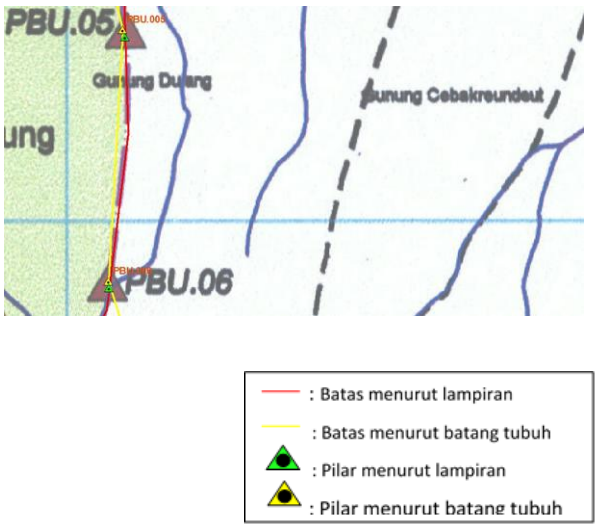
Gambar 6. Penjelasan Klasfikasi B
(Sumber : Permendagri No. 14 Tahun 2009)

Klas B : Disebutkan pada pasal 2 ayat 5 Permendagri 14 tahun 2009 bahwa garis batas dari PBU.005 ke arah Selatan menuju PBU.006 tanpa dijelaskan mengikuti orientasi apapun baik kenampakan alam maupun buatan sehingga penarikan garis batas dilakukan dengan menarik garis lurus dari kedua pilar tersebut. Sementara garis batas yang tergambar pada peta lampirannya juga menunjukkan kesesuaian/berimpit.



Gambar 7. Penjelasan Klasfikasi C
(Sumber : Permendagri No. 14 Tahun 2009)

Klas C : Disebutkan pada pasal 2 ayat 25 Permendagri 14 tahun 2009 bahwa garis batas dari PBA.025 ke arah Selatan menuju PABU.026 tanpa dijelaskan mengikuti orientasi apapun baik kenampakan alam maupun buatan sehingga dilakukan penarikan garis lurus dari kedua pilar tersebut. Sementara garis batas yang tergambar pada peta lampirannya menunjukkan perbedaan/tidak sesuai.





Gambar 8. Penjelasan Klasfikasi D
(Sumber : Permendagri No. 14 Tahun 2009)

Klas D : Disebutkan pada pasal 2 ayat 1 Permendagri 14 tahun 2009 bahwa pilar PABA.001 berada di posisi $06^0$47’10.9”, namun posisi pilar PABA.001 yang digambarkan peta lampiran menunjukkan ketidaksesuaian.

Tahapan Penyusunan Geodatabse

Desain Feature Class Geodatabase

Pada tahapan penyusunan geodatabase ini didesain fitur class dan nama dari fitur yang disusun dalam geodatabase. Data yang digunakan dalam membangun geodatabase ini adalah data hasil klasifikasi yang telah dilakukan sebelumnya, yang teridiri atas data spasial dan data non spasial :

1. Data spasial :
   a. pilar_batas_batangtubuh.shp , merupakan fitur titik menunjukan pilar batas hasil input batang tubuh. Data spasial ini mengacu kepada datum WGS84.
   b. garis_batas_batangtubuh.shp , merupakan fitur garis menunjukan garis batas hasil input batang tubuh. Data spasial ini mengacu kepada datum WGS84.
   c. pilar_batas_lampiran.shp , merupakan fitur titik menunjukan pilar batas yang tergambar pada peta lampiran. Data spasial ini mengacu kepada datum WGS84.
   d. garis_batas_lampiran.shp , merupakan fitur garis menunjukan garis batas yang tergambar pada peta lampiran. Data spasial ini mengacu kepada datum WGS84.
   e. Peta lampiran , peta lampiran permendagri yang discan dan telah dilakukan georeferencing sehingga peta tersebut memiliki koordinat tanah bukan koordinat pixel.
2. Data non-spasial :
   a. report_kesesuaian , merupakan tabel non-spasial yang berisikan informasi mengenai klasifikasi kesesuaian garis batas.

Desain fitur class disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tabel Desain Feature Class Geodatabase Permendagri

Geodatabase name	: Permendagri
Feature dataset name	: Klasifikasi
Feature classes	:

Type	Feature class name
Point	pilar_batas_batangtubuh
Line	garis_batas_batangtubuh
Point	pilar_batas_lampiran
Line	garis_batas_lampiran
Table	report_kesesuaian
Raster	Peta lampiran

Desain Fields Feature Class

Pada tahapan ini didesain kolom/fields yang akan menyimpan record untuk setiap fitur class beserta atributnya. Fitur class pilar batas batang tubuh dan pilar batas peta lampiran memiliki fields yang sama dengan "namplr" sebagai ID fitur classnya. Fitur class garis batas batang tubuh dan garis batas peta lampiran juga memiliki fields yang sama dengan "idbatas" sebagai ID fitur classnya. Atribut domain (D) dikenakan pada field untuk memberikan batasan/jangkauan dalam pengisian atribut terhadap suatu field, sehingga sehingga tidak akan terdapat nilai atribut yang melanggar jangkauan nilai atribut yang ditetapkan. Subtype (S) dikenakan pada suatu field untuk mengelompokkan sekumpulan fitur yang memiliki kesamaan nilai atribut dalam sebuah fitur class. Desain fields untuk setiap fitur class disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tabel Desain Kolom (Field) Klas Fitur dan Tabel

Feature class	Field Name	Field Type	Domain or Subtype
pilar_batas	namplr (Primary Key)	text	
	perbatasan	text	
	kelas	int	(S) KBL
	uupp	text	
	lintang	double	
	bujur	double	
	karakter_pilar	text	(D) BDT
	kelas_pilar	text	(D) PLT
	typepilar	text	(D) Type
	dimensi_pilar	text	(D) Dimensi
	idbatas (Primary Key)	int	
garis_batas	perbatasan	text	
	kelas	int	(S) KBL
	jenis_batas	text	(D) LOK
	uupp	text	
	titikawl	text	
	titikakhr	text	
	panjang	double	
	oriengaris	text	(D) BDT
	namaorien	text	
	klassesuai	text	(D) Klasifikasi
report_kesesuaian	klassesuai	text	
	cnt_klasse	int	
	sum_panjang	double	

Desain Relationship Classes

Dalam Geodatabase ini terjalin relationship class pada fitur class pilar batas dengan fitur class garis batas, baik untuk fitur class pilar/garis batas batang tubuh dan fitur class pilar/garis batas peta lampiran. Relationship class entiti pilar_batas dengan garis_batas mempunyai aturan data sebagai berikut : (1) Setiap permulaan dari garis batas selalu ditandai dengan berdirinya pilar batas, (2) Pilar batas menjadi tanda permulaan dari garis batas, namun tidak semua pilar batas menjadi tanda dimulainya suatu garis batas. Dapat diinterpretasikan dari aturan data tersebut bahwa derajat hubungan antara entiti pilar batas dan garis batas adalah 1 : 1 (one to one), serta partisipasi hubungan pada entiti pilar batas adalah tidak wajib dan garis batas adalah wajib. E-R digaram dari relationship class entiti pilar batas dan garis batas digambarkan pada Gambar 9.



Gambar 9. E-R Diagram antara entiti pilar_batas dengan garis_batas

Hasil dan Pembahasan

Geodatabase

Telah dibentuk geodatabase penunjang analisis dan klasifikasi kesesuaian batas daerah Permendagari_58_2009.gdb , geodatabase tersebut terdiri dari :

3. File peta_lampiran, sebuah raster dataset berisikan peta lampiran Permendagri 58 tahun 2009.
4. File report_kesesuaian, sebuah data non-spasial berupa tabel berisikan hasil dari klasifikasi kesesuaian garis batas
5. Feature dataset, yang berisikan data spasial pilar batas batang tubuh dan peta lampiran serta garis

batas batang tubuh dan peta lampiran. Dataset spasial ini mengacu kepada datum WGS84

6. File relationship class, menghubungkan entiti pilar batas dan garis batas batang tubuh juga peta lampirannya.

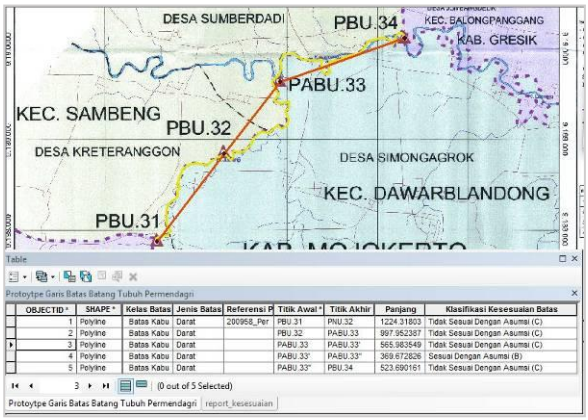
Geodatabase Permendagri_58_2009 diilustrasikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Geodatabase Permendagri no 58 Tahun 2009

Klasifikasi Kesesuaian Garis Batas

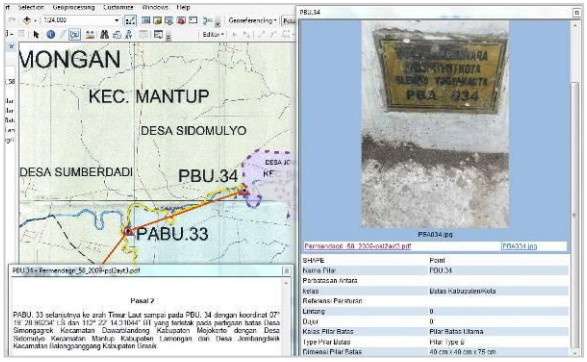
Hasil klasifikasi Permendagri no 58 Tahun 2009 terdiri dari 4 sub-segmen yang masuk kedalam klas C, tidak sesuai dengan asumsi, dimana pada sub-segmen PBU 31 – PBU 32, PBU 32 – PABU 33, PABU 33 – PABU 33', PABU 33" – PBU34 garis batas tidak dijelaskan mengikuti orientasi apapun baik kenampakan alam maupun buatan sehingga dilakukan penarikan garis lurus dari kedua pilar tersebut. Sementara garis batas yang tergambar pada peta lampirannya menunjukkan perbedaan/tidak sesuai, serta 1 sub-segmen PABU 33' – PABU33" masuk kedalam klasifikasi B, karena garis batas tidak dijelaskan mengikuti orientasi apapun baik kenampakan alam maupun buatan sehingga penarikan garis batas dilakukan dengan menarik garis lurus dari kedua pilar tersebut. Sementara garis batas yang tergambar pada peta lampirannya juga menunjukkan kesesuaian/berimpit.



Gambar 11. Klasifikasi Kesesuaian Garis Batas Permendagri 58 Tahun 2009

Data Non-Spasial Pendukung

Pada geodatabase ini juga dimasukkan data non-spasial pendukung. Dimana jika suatu fitur spasial diklik menggunakan fitur HTML-popup pada ArcMap, akan muncul data non-spasial berupa dokumen permendagri yang mengacu kepada pasal dari pilar batas serta foto dokumentasi dari pilar batas yang dimaksud. Data non-spasial pendukung diilustrasikan pada Gambar 12.



Gambar 12. HTML-popup Pada Fitur Point Pilar Batas Yang Memunculkan Data Non-Spasial Pendukung

Kesimpulan dan Saran

Pembuatan geodatabase penunjang analisis serta klasifikasi kesesuain garis batas antara batang tubuh Permendagri dengan peta lampirannya berfokus pada Permendagri yang terbit dari tahun 2005 s.d. 2013 sebanyak 80 Permendagri, namun hanya sebanyak 62 Permendagri yang dapat dilakukan analisis, klasifikasi dan pembuatan geodatabasenya karena kualitas beberapa dokumen Permendagri tidak memungkinkan untuk dilakukan analisis. Dari pembuatan geodatabase ini didapatkan hasil klasifikasi kesesuain garis batas yang dikelompokkan berdasarkan tahun penerbitan Permendagri.

Tabel 3. Hasil rekapitulasi klasifikasi kesesuaian garis batas berdasarkan tahun penerbitan Permendagri

No	Tahun	Jumlah Permendagri	Jumlah Kelas				
			A	B	C	D	Jumlah
1	2005	4	86	0	3	84	173
2	2006	1	38	0	1	3	42
3	2007	6	144	35	63	74	316
4	2008	4	38	15	51	11	115
5	2009	14	28	189	276	20	513
6	2010	5	24	10	78	3	115
7	2011	1	4	0	56	49	109
8	2012	11	65	57	222	45	389
9	2013	16	130	1	27	125	283
Total		62	557	307	777	414	2055

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada PPBW-BIG yang telah menyediakan seluruh data

Permendagri tentang Batas Daerah yang digunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Kementerian Dalam Negeri, 2009, “Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2009 tentang Batas Daerah Kabupaten Kuningan Provinsi Jawa Barat", Jakarta.

Kementerian Dalam Negeri, 2009, “Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 63 Tahun 2009 tentang Batas Daerah Kabupaten Gresik dengan Kabupaten Lamongan Provinsi Jawa Timur", Jakarta.

Kementrian Dalam Negeri, 2012, “Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 76 Tahun 2012 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah”, Jakarta.

Sumaryo, Sutisna,S., Subaryono, Djurdjani., 2014, " Penaksiran Informasi Geospasial, Aspek Datum Geodesi Dalam Penetapan Dan Penegasan Batas Daerah Pada Era Otonomi Daerah Di Indonesia", Jurnal Ilmiah Geomatika, Volume 20, No. 1, pp. 79-86

Penyusunan Rancangan Pedoman Teknis Pendefinisian Batas Hasil Penegasan Batas Daerah

Bil Afin

Mahasiswa S1 Departemen Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika Nomor 2, Yogyakarta, 55281 [bil.afin@mail.ugm.ac.id]

ABSTRACT

Kegiatan pemekaran wilayah di Indonesia telah menghasilkan banyak Daerah Otonom Baru (DOB) yang tertuang dalam Undang-undang Pembentukan Daerah (UUPD). Kegiatan pasca terbentuknya DOB adalah Penegasan Batas Daerah yang dilakukan oleh Kementrian dalam Negeri (Kemendagri) dengan hasil suatu Peraturan Menteri Dalam Negeri (Permendagri). Dari kajian awal yang dilakukan oleh Pusat Pemetaan Batas Wilayah Badan Informasi Geospasial (PPBW BIG) terhadap naskah-naskah Permendagri tentang batas daerah antar kabupaten/kota ditemukan bahwa pendefinisian batas daerah dalam bentuk narasi yang tertulis di batang tubuh dengan pendefinisian batas berupa peta lampiran Permendagri banyak terdapat ketidaksesuaian. Ketidaksesuaian narasi posisi titik dan tarikan garis batas daerah tersebut berpotensi menimbulkan sengketa di kemudian hari. Pada kegiatan ini akan dilakukan penyusunan rancangan pedoman teknis pendefinisian batas hasil penegasan batas daerah, dengan harapan dapat mengurangi ketidaksesuaian tersebut. Sebelum menyusun rancangan pedoman teknis pendefinisian batas hasil penegasan batas daerah terlebih dahulu dilakukan identifikasi objek baik alam maupun buatan yang digunakan untuk acuan batas daerah. Kemudian rancangan pedoman teknis tersebut dibuat dengan merujuk dari Permendagri No.76 Tahun 2012 tentang pedoman penegasan batas daerah, 3 traktat perjanjian Indonesia dengan negara tetangga (Malaysia, Papua Nugini, Timor Leste) terkait batas darat, 80 Permendagri tentang batas daerah antar kabupaten/kota dan RSNI pelacakan batas wilayah provinsi dan kabupaten/kota secara kartometrik dimana data-data tersebut didapatkan dari PPBW BIG. Setelah rancangan pedoman tersebut tersusun dilakukan uji kesesuain terhadap penggambaran garis batasnya dengan menggunakan acuan peta Daerah Otonom Baru (DOB). Hasil yang didapat adalah sebuah rancangan pedoman teknis pendefinisian batas hasil penegasan daerah yang berisi tata cara menyusun narasi penarikan garis batas dan pendefinisian titik pilar batas dalam membuat batang tubuh permendagri.

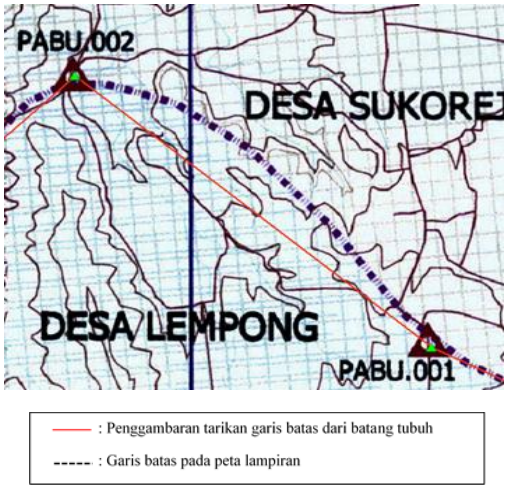
Kata kunci : Permendagri, batas daerah, pedoman teknis

Pendahuluan

Kebijakan pemekaran wilayah selama lima belas tahun pelaksanaan otonomi daerah (tahun 1999 sampai dengan tahun 2014), telah menghasilkan 223 daerah otonomi baru (DOB) yang terdiri atas 8 provinsi, 182 Kabupaten dan 33 Kota (Kemendagri, 2014). Salah satu proses di dalam pembentukan DOB adalah proses boundary making untuk menetapkan dan menegaskan batas daerah yang dibentuk, sehingga proses boundary making batas daerah di Indonesia adalah merupakan bagian dari proses besar pemekaran wilayah yang berdimensi politik, hukum, ekonomi, sosial dan teknis pemetaan (Sumaryo, 2015).

Kegiatan yang dilakukan pasca terbentuknya suatu DOB adalah penegasan batas daerah yang dilakukan oleh Pemerintah (Menteri Dalam Negeri) sesuai amanat setiap Undang-Undang Pembentukan Daerah (UUPD). Penegasan batas daerah adalah kegiatan penentuan titik-titik koordinat batas daerah yang dapat dilakukan dengan metode kartometrik dan/atau survei di lapangan, yang dituangkan dalam bentuk peta batas dengan daftar titik-titik koordinat batas daerah (Permendagri No.76 tahun 2012). Hasil kegiatan penegasan batas daerah adalah batas daerah yang bersifat definitif yang tertuang di dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang Penegasan Batas Daerah. Terbitnya Permendagri tentang penegasan batas daerah untuk suatu segmen batas daerah di suatu DOB mengindikasikan bahwa segmen batas yang bersangkutan telah definitif dari aspek yuridis dan memiliki kepastian letak di lapangan/peta. Kegiatan yang dilakukan oleh Pusat Pemetaan Batas Wilayah Badan Informasi Geospasial (PPBW BIG) adalah mengakaji 80 naskah Permendagri tentang Penegasan Batas Daerah ditemukan, bahwa dalam pendefinisian batas daerah dalam bentuk narasi yang tertulis di dalam batang tubuh dengan pendefinisian batas dalam bentuk peta lampiran Permendagri tentang penegasan batas daerah banyak terdapat ketidaksesuaian. Ketidaksesuaian narasi posisi titik dan letak garis batas daerah antara yang tertulis di dalam batang tubuh dengan yang digambarkan dalam peta lampiran Permendagri tersebut berpotensi menimbulkan sengketa posisional di kemudian hari.

Salah satu contoh adanya ketidaksesuaian antara pendefinisian garis batas pada batang tubuh dengan penggambaran pada peta lampiran Permendagri dapat dilihat pada gambar 1.1.



Gambar 1.1. Contoh ketidaksesuaian antara pendefinisian garis batas pada batang tubuh dengan penggambaran pada peta lampiran Permendagri.

Gambar 1.1 tersebut merupakan contoh yang terdapat pada pasal 2 ayat 2 Permendagri no.7 tahun 2013 dengan bunyi "PABU 001 selanjutnya ke arah Barat Laut sampai pada PABU 002 dengan koordinat 07°30'37.04791" LS dan 111° 07'40.76182" BT yang terletak di Desa Lempong Kecamatan Jenawi Kabupaten Karanganyar yang berbatasan dengan Desa Sukorejo Kecamatan Sambirejo Kabupaten Sragen". Tarikan garis batas dari PABU 001 sampai PABU 002 digambarkan sebagai garis lurus, karena pada pasal tersebut hanya dijelaskan PABU 001 selanjutnya ke arah Barat Laut sampai pada PABU 002 tanpa adanya keterangan mengikuti objek batas (alam/buatan) apapun.

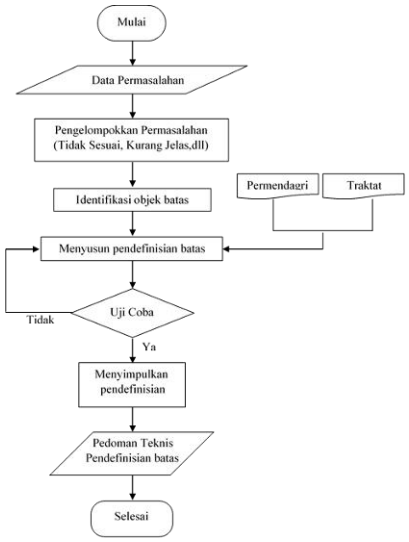
Karena banyak terdapat ketidaksesuaian antara pendefinisian garis batas pada batang tubuh dengan penggambaran pada peta lampiran Permendagri, maka disusunlah "Rancangan Pedoman Teknis Pendefinisian Batas Hasil Penegasan Batas Daerah" untuk menghindari terjadinya kesalahan-kesalahan yang disebabkan saat proses mendefinisikan garis batas.

Metodologi

Data-data atau dokumen yang digunakan dalam penelitian ini berupa Permendagri no.76 tahun 2012 tentang pedoman penegasan batas daerah, Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) digital skala 1:50.000 dan 1:25.000, Permendagri (batang tubuh dan peta lampirannya) tentang penegasan batas daerah, RSNI pelacakan batas wilayah provinsi dan kabupaten/kota secara kartometrik , Traktat perjanjian Indonesia dengan negara tetangga (Malaysia, Papua Nugini, Timor Leste) terkait batas darat.

Sedangkan Peralatan yang digunakan untuk penelitian ini meliputi : Laptop Acer e-machines D725, Flashdisk Toshiba 8 GB dan Hardisk eksternal 0.5 TB, Printer, Mouse, Operating System Windows 7 32-bit, Perangkat lunak ArcGIS 10.3.1, Microsoft Excel 2013, Microsoft Word 2013.

Kemudian untuk gambaran pelaksanan kegiatan ini dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini :.



Proses awal setelah mendapatkan data permasalahan permendagri tantang penegasan batas daerah adalah mengkelompokkan masalah-masalah dari setiap subsegmen tersebut. Seperti : Deskripsi hanya menjelaskan tarikan garis dari Pilar Batas tertentu ke Pilar batas lainnya ke arah tertentu (tidak ada acuan mengikuti objek apapun), Deskripsi menjelaskan dari pilar batas menyusuri as sungai kemudian ke arah tertentu sampai Pilar batas selanjutnya (tidak ada titik saat perpindahan dari objek sungai kemudian berbelok ke arah tertentu), dll.

Proses selanjutnya adalah melakukan identifikasi objek-objek penanda batas apa saja yang dapat dipakai untuk mendefinisikan batas daerah. Kemudian setelah teridentifikasi, proses selanjutnya adalah menyusun pendefinisian batas. Sebelum menyusun rancangan teknis pendefinisian batas hasil penegasan batas daerah terlebih dahulu peneliti membaca referensi-referensi yang telah digunakan yaitu : traktat perjanjian Indonesia dengan 3 negara tetangga (Malaysia, Republik Demokratik Timor Leste dan Papua Nugini), Permendagri No.76 tahun 2012 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah, dan RSNI pelacakan batas wilayah provinsi dan kabupaten/kota secara kartometrik.

Setelah membaca referensi-referensi diatas, langkah selanjutnya adalah membuat kerangka rancangan pedoman yang akan dibuat. Seperti model pedomannya dapat mengacu pada RSNI pelacakan batas wilayah provinsi dan kabupaten/kota secara kartometrik. Kemudian untuk objek-objek batas yang diikuti dan cara pendefinisian narasinya dapat mengacu pada traktat perjanjian antar negara dan Permendagri No.76 tahun 2012. Untuk permasalahan-permasalahan yang telah dikelompokkan pada proses sebelumnya dapat digunakan saat menyusun contoh narasi dengan harapan mencegah masalah-masalah tersebut tidak terjadi lagi.

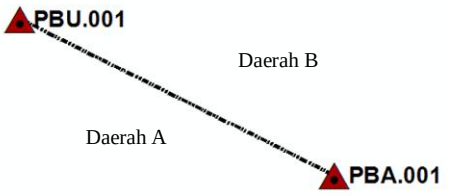
Tahapan uji coba dari rancangan teknis pendefinisian batas hasil penegasan batas daerah dilakukan terhadap peta hasil kesepakatan antar daerah, Sebelum melakukan uji coba peneliti harus menyiapkan pihak yang sukarela untuk menguji coba pedoman yang telah dibuat. Cara uji cobanya adalah dengan memberi tugas kepada 2 sukarelawan untuk mendefinisikan narasi tarikan batas dari peta hasil kesepakatan antar daerah yang telah disediakan. 1 sukarelawan hanya diberi peta hasil kesepakatan antar daerah lalu menarasikan tarikan batas sesukanya, sedangkan 1 sukarelawan lainnya diberi peta hasil kesepakatan antar daerah dan pedoman kemudian menarasikan sesuai dengan pedoman tersebut. Jika hasil pendefinisian batas yang dilakukan antara kedua sukarelawan tersebut berbeda, maka pedoman tersebut berhasil. Jika hasilnya sama, maka pedoman tersebut harus diperbaiki kembali.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil rancangan pedoman teknis pendefinisian batas hasil penegasan batas daerah ini berisi tentang tata cara mendefinisikan garis batas dari peta batas daerah di darat hasil kesepakatan antar daerah. Dalam pedoman ini dijelaskan tentang objek-objek batas yang digunakan untuk mendefinisikan batas daerah yang didalamnya terdapat contoh-contoh gambar, cara deskripsi dan proses deskripsi dari masing-masing objek acuan garis batas tersebut. Objek-objek batas yang dimaksud berupa objek penanda alam (Sungai, Danau/kawah dan watershed/punggung bukit), objek penanda buatan (Jalan, rel kereta, selokan/saluran irigasi) dan ada juga garis batas yang tidak mengikuti objek apapun, hal ini berarti garis batas dianggap sebagai garis lurus. Misal :

1.Garis lurus

- Garis lurus sebagai batas antar dua daerah (dalam satu subsegmen).
    - Contoh gambar :



35.68289" BT terletak di Desa A Kecamatan A



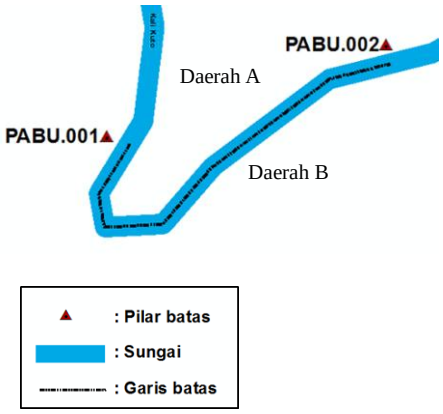
Kabupaten Daerah A yang berbatasan dengan Desa B Kecamatan B Kabupaten Daerah B ditarik garis lurus sampai PBA.001 dengan koordinat 06º 55' 03.38308" LS dan 110º 02' 21.38681" BT terletak di Desa A Kecamatan A Kabupaten Daerah A yang berbatasan dengan Desa B Kecamatan B Kabupaten Daerah B (gambar GL.1)

- Proses deskripsi :

  Pilar batas X + Koordinat dan Toponim→Garis lurus→Pilar batas Y + Koordinat dan Toponim

2.Mengikuti penanda alam

- Sungai
  - Garis batas melewati tengah-tengah/as (median line) sungai (dalam satu subsegmen).
    - Contoh gambar :



    - Contoh deskripsi :

      Dari PABU.001 dengan koordinat 06° 54'43.13062" LS dan 110° 01' 35.68289" BT terletak di Desa A Kecamatan A Kabupaten Daerah A yang berbatasan dengan Desa B Kecamatan B Kabupaten Daerah B menyusuri as (median line) kali kuto sampai PABU.002 dengan koordinat 06º 55' 03.38308" LS dan 110º 02' 21.38681" BT terletak di Desa A Kecamatan A Kabupaten Daerah A yang berbatasan dengan Desa B Kecamatan B Kabupaten Daerah B (Gambar GL.4)

    - Proses deskripsi :

      Pilar batas X + Koordinat dan Toponim →Tengah-tengah/as (median line) sungai P→Pilar batas Y + Koordinat dan Toponim.

Pedoman ini hanya dapat digunakan untuk mendefinisikan batas daerah di darat saja. Contoh gambar pada pedoman ini sengaja tidak menggunakan gambar dari peta RBI karena akan terlihat lebih rumit dibandingkan contoh gambar diatas.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan yang dapat disampaikan adalah rancangan pedoman ini digunakan untuk teknis pendefinisian batas daerah di darat dari hasil penegasan batas daerah. Rancangan pedoman ini berisi tentang tata cara mendefinisikan garis batas dari peta batas daerah di darat hasil kesepakatan antar daerah yang di dalamnya dijelaskan tentang objek-objek batas yang digunakan untuk mendefinisikan batas daerah. Objek-objek penanda batas tersebut didalamnya terdapat contoh-contoh gambar, cara deskripsi dan proses deskripsi dari masing-masing objek penanda batas tersebut. Rancangan pedoman ini dapat digunakan oleh para pihak yang berkepentingan tentang penegasan batas daerah di darat,yaitu tim Penegasan Batas Daerah (PBD) pusat, provinsi dan kabupaten.

Saran untuk kegiatan ini adalah contoh gambar pedoman ini tidak mengikuti aturan-aturan penggambaran peta penegasan batas daerah, karena memang belum ada aturan yang mengatur teknis penggambaran peta penegasan batas daerah. Kemudian saran untuk para pihak yang berkepentingan dalam penegasan batas daerah dapat mengerti dan memahami kaedah-kaedah yang terdapat dalam proses penegasan batas daerah agar kedepannya tidak terjadi lagi kesalahan-kesalahan yang dapat menimbulkan sengketa batas daerah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada tim PUPT Teknik Geodesi UGM yang diketuai oleh bapak I Made Andi Arsana, ST, ME, Ph.D dari ketua sebelumnya bapak Sumaryo M.Si, Ir, Dr .

Daftar Pustaka

Sumaryo., 2015, "Asesmen Peran Informasi Geospasial Dalam Proses Boundary Making Dan Sengketa Batas Daerah Pada Era Otonomi Daerah Di Indonesia", disertasi, S3 Ilmu Teknik Geomatika .

Kemendagri., 2014, Data dan Informasi : Jumlah DOB tahun 1999 s.d 2014 , http://otda.kemendagri.go.id/index.php/2014-10-27-09-17-43 (akses tanggal 6 Oktober 2016).

Kemendagri., 2012, Peraturan Menteri Dalam Negri Nomor 76 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah.

Pemodelan Arah Pergerakan Lempeng Tektonik menggunakan Data CORS BIG di Selatan Jawa

Ayu Nur Safi'i[a], Yustisi Ardhitasari L.G.[b], Oktadi Prayoga[c]

[a,] Badan Informasi Geospasial (ayu.nur@big.go.id)
[b,] Badan Informasi Geospasial (yustisi.ardhitasari@big.go.id)
[c,] Badan Informasi Geospasial (oktadi.prayoga@big.go.id)

ABSTRACT

Indonesian is an archipelago traversed with some active tectonic faults that potentially caused tsunami. For examples, South Sea of Java disturbed by tsunami disaster. Tsunami in South Java Sea occur because of Indo-Australia and Eurasian plate collides along south coast of Java. In order to monitor the plates motion and to avoid damage or victim caused by tsunami, the government, Geospatial Information Agency (BIG), establish the Indonesian Tsunami Early Warning System (Ina-TEWS). Based on the Constitution No. 4 Year 2011 on Geospatial Information, BIG have a duty to provide Geodetic Control Points, one of which is CORS. CORS installation conducted throughout Indonesia, including several locations in Java. CORS data can be used to study the tectonic activity and deformation characteristics. Data processing was performed on seven CORS station in Java especially in south coast using scientific software GAMIT/GLOBK 10.6. The results obtained in the form of coordinates and vector of displacement along with each standard deviation. The result is velocity rate ranging between 0.475 cm to 1.076 cm eastward and 2.08 cm to 3.027 cm to the south. Vector of displacement showed that those CORS indicates movement toward the southeast.Keywords : deformasi tektonik, vektor pergeseran, CORS.

Keywords: tectonic deformation, vector of displacement, CORS.

1. Pendahuluan

a. Latar Belakang Masalah

Indonesia terletak diantara pertemuan tiga lempeng besar yaitu Lempeng Hindia-Australia di bagian selatan, Lempeng Pasifik di bagian Timur Laut dan Lempeng Eurasia di bagian Utara. Secara geologis tatanan wilayah Indonesia sangat unik akibat dari interaksi antar lempeng. Hal ini menyebabkan terjadinya gempa dan tsunami disepanjang jalur tumbukan. Lempeng Eurasia bergerak ke tenggara sedangkan Lempeng Indo-Australia yang berada di selatan bergerak ke utara dan menunjam ke bawah sistem busur kepulauan Sumatra dan Jawa (Tregoning dalam Yudistira, 2015).

Pulau jawa merupakan salah satu pulau besar di Indonesia. Aktifitas tektonik wilayah ini sangat aktif. Pertemuan antara Lempeng Indo-Ausralia dan Eurasia menjadi salah salah satu penyebabnya.

Sesuai dengan amanah UU No. 4 Tahun 2011, Badan Informasi geospasial (BIG) sebagai salah satu instasi pemerintah yang memiliki tugas untuk menyediakan Titik Kontrol Geodesi. Salah satu titik kontrol geodesi yang dimiliki adalah stasiun CORS. Stasiun CORS BIG sampai tahun 2016 memiliki 135 stasiun termasuk lokasi di Pulau Jawa. Stasiun CORS tersebut secara online 24 jam merekam dan mengirimkan data ke server BIG.

Pemantauan pola pergerakan lempeng bumi yang terjadi di selatan Pulau Jawa dapat diamati secara kontinu dengan menggunakan perangkat stasiun CORS. Data pengamatan stasiun CORS digunakan untuk mempelajari aktivitas tektonik dan karakteristik deformasi yang terjadi. Pengolahan data dilakukan pada enam stasiun CORS di Pulau Jawa yang tersebar di wilayah Pesisir Laut Selatan Jawa menggunakan perangkat ilmiah GAMIT/GLOBK 10.6.

b. Tinjauan Pustaka

Penelitian ini merujuk pada beberapa penelitian sebelumnya yang membahas mengenai vektor pergeseran lempeng di daerah Laut Selatan Jawa.

Pertama adalah penelitian yang dilakukan oleh Budi Prayitno, dkk pada tahun 2015 mengenai besarnya *velocity rate* serta analisisnya pra gempa dan pasca gempa di empat stasiun CORS milik BIG yaitu CCLP, CPBL, CKBM dan

CMGL. Penelitian ini menggunakan data pengamatan tahun 2013 hingga tahun 2015.

Penelitian kedua adalah penelitian yang dilakukan oleh Sayyidatul Khoiridah, dkk pada Tahun 2014 mengenai estimasi CMT (*Centroid Moment Tensor*) gempa bumi di laut Selatan, jenis penyebab gempa bumi serta arah bidang sesarnya.

Penelitian ketiga adalah penelitian yang dilakukan oleh M. Fariz Yudistira pada Tahun 2015 mengenai analisis kecepatan pergerakan pulau Jawa menggunakan pengamatan stasiun CORS milik BIG pada tahun 2010 hingga tahun 2012 menggunakan 19 data stasiun CORS yang tersebar di utara dan selatan Pulau Jawa.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumya adalah jika penelitian sebelumnya hanya mengambil sampel beberapa DOY dalam satu tahun , penulis mencoba menggunakan data 365 DOY dalam satu tahunnya. Selain itu, *software* yang digunakan adalah *software* GAMIT versi terbaru 10.6 yang membedakan dengan penelitian sebelumnya yang menggunakan GAMIT versi 10.5.

c. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1). Berapa besar *velocity rate* per tahun yang terletak di selatan Pulau Jawa?
2). Apakah pergerakan lempeng tektonik di Selatan Jawa termasuk pergerakan yang signifikan?
3). Bagaimana pemodelan arah pergerakan lempeng tektonik di selatan Jawa?

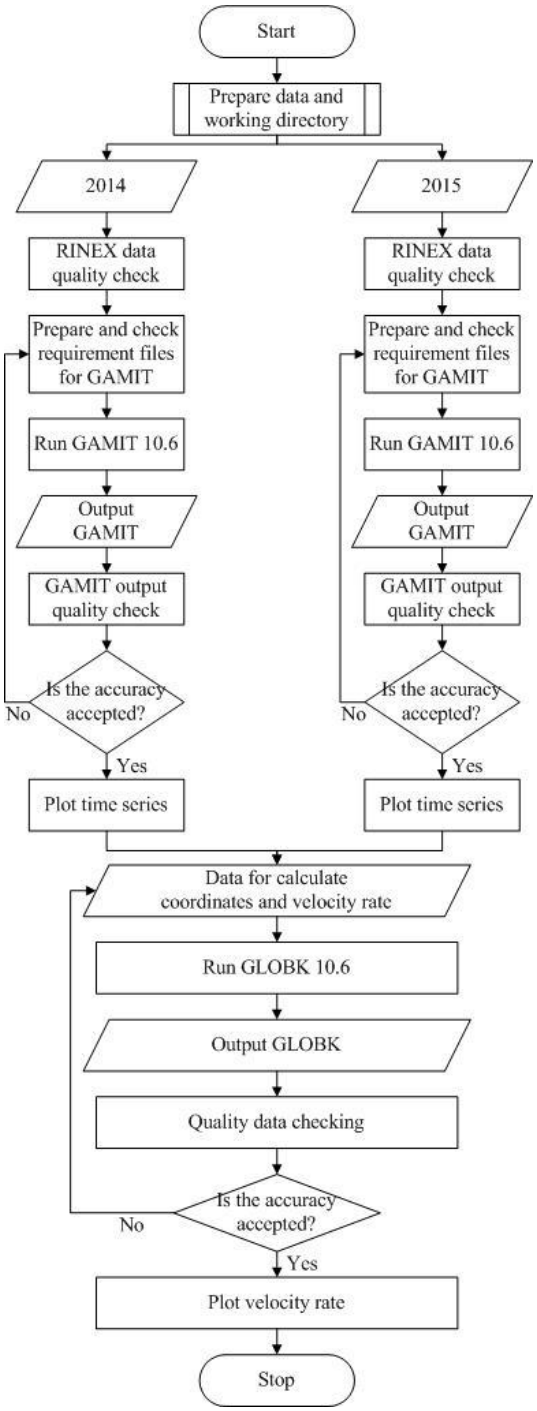
d. Tujuan Penulisan

Tujuan penulisan ini adalah untuk mengetahui besar *velocity rate* lempeng tektonik di Selatan Jawa dan bagaimana pemodelan arah pergerakan lempeng tektonik tersebut.

2. Metodologi

Metode pengolahan data dari penelitian ini melalui beberapa tahapan, yaitu :

a. Pengadaan data primer yaitu dengan menggunakan data stasiun CORS milik BIG yaitu stasiun CORS CCLP (Cilacap), CBTL (Bantul), CKBM (Kebumen), CMGL (Magelang), CSLO (Solo), CTUL (Tulungagung) dan CPAC (Pacitan). Data yang diambil adalah data dalam dua tahun terakhir yaitu tahun 2014 dan tahun 2015.
b. Melakukan pengolahan data menggunakan *software* GAMIT 10.6
c. Menganalisis apakah pergerakan lempeng yang terjadi termasuk signifikan atau tidak dengan menggunakana uji statistic
d. Membuat pemodelan arah *velocity rate* lempeng tektonik di selatan Jawa.



3. Hasil dan Pembahasan

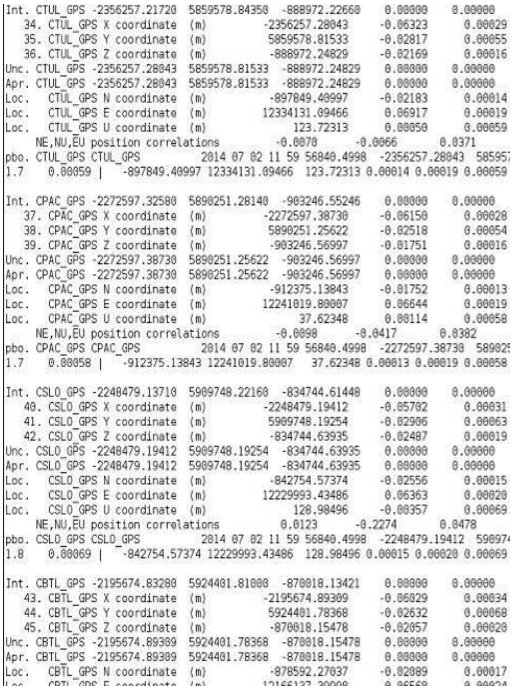
a. Hasil Pengolahan Menggunakan GAMIT 10.6

Pengolahan menggunakan GAMIT menyajikan informasi parameter yang akan digunakan untuk perhitungan koordinat definitive di pengolahan

selanjutnya. Dari pengolahan yang dilakukan didapatkan file summary yang memuat hasil pengolahan GAMIT yaitu tiga file utama yaitu, h-files, q-files dan sh_gamit summary. H-files hasil pengolahan berisi loosly constraint solution yang berupa parameter serta matriks varian-kovarian untuk pengolahan di GLOBK. Q-file hasil pengolahan berisi nilai postfit dan prefit nrms yang mana nilainya tidak boleh melebihi 0,25. Nilai *postfit nrms* menunjukkan tingkat ketelitian dan kesalahan yang terdistribusi merata, serta menunjukkan bahwa bobot apriori yang diberikan sudah benar (Panuntun, 2007). Terakhir, sh_gamit summary memperlihatkan nilai fract < 10 yang menunjukkan ada atau tidaknya kesalahan kasar dan sistematik pada pengolahan. Dari hasil pengolahan menggunakan GAMIT, semua DOY di Tahun 2014 dan Tahun 2015 nilai fract < 10 dan nilai posftit dan prefit berada dibawah 0, 25.

b. Hasil Pengolahan Koordinat dan Time Series Menggunakan GLOBK 10.6

Hasil pengolahan GLOBK adalah file berekstensi *.org yang terdapat di folder /gsoln. Hasil pengolahan adalah koordinat definitve tiap tahunnya dan simpangan baku yang dihasilkan. Pada penelitian ini, nilai koordinat dapat dilihat pada file globk14.org untuk pengolahan pada tahun 2014 dan globk15.org pada pengolahan tahun 2015. Contoh hasil pengolahan dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.



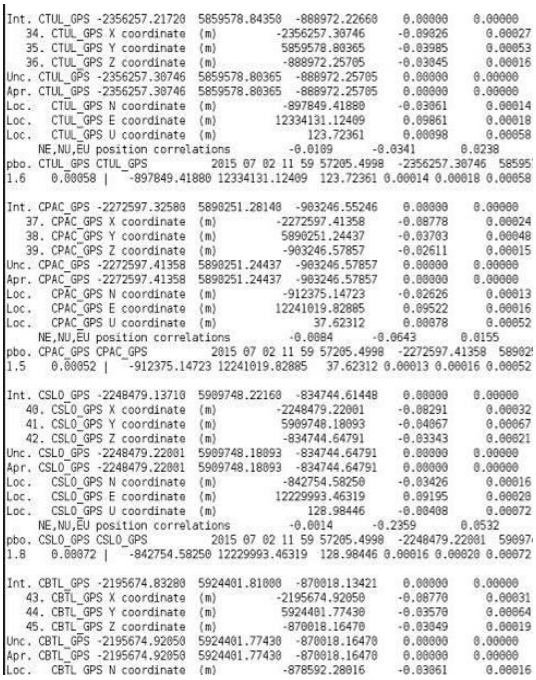
```
Int. CTUL_GPS -2356257.21720  5859578.84350  -888972.22660    0.00000    0.00000
   34. CTUL_GPS X coordinate  (m)          -2356257.28043     -0.06323     0.00029
   35. CTUL_GPS Y coordinate  (m)           5859578.81533     -0.02817     0.00055
   36. CTUL_GPS Z coordinate  (m)           -888972.24829     -0.02169     0.00016
Unc. CTUL_GPS -2356257.28043 5859578.81533  -888972.24829    0.00000    0.00000
Apr. CTUL_GPS -2356257.28043 5859578.81533  -888972.24829    0.00000    0.00000
Loc.   CTUL_GPS N coordinate  (m)            -897849.40997     -0.02183     0.00014
Loc.   CTUL_GPS E coordinate  (m)          12334131.09466      0.06917     0.00019
Loc.   CTUL_GPS U coordinate  (m)              123.72313      0.00050     0.00059
     NE,NU,EU position correlations          -0.0070      -0.0066       0.0371
pbo. CTUL_GPS CTUL_GPS          2014 07 02 11 59 56840.4998  -2356257.28043  585957
1.7    0.00059 |   -897849.40997 12334131.09466  123.72313 0.00014 0.00019 0.00059

Int. CPAC_GPS -2272597.32580  5890251.28140  -903246.55246    0.00000    0.00000
   37. CPAC_GPS X coordinate  (m)          -2272597.38730     -0.06150     0.00028
   38. CPAC_GPS Y coordinate  (m)           5890251.25622     -0.02518     0.00054
   39. CPAC_GPS Z coordinate  (m)           -903246.56997     -0.01751     0.00016
Unc. CPAC_GPS -2272597.38730 5890251.25622  -903246.56997    0.00000    0.00000
Apr. CPAC_GPS -2272597.38730 5890251.25622  -903246.56997    0.00000    0.00000
Loc.   CPAC_GPS N coordinate  (m)            -912375.13843     -0.01752     0.00013
Loc.   CPAC_GPS E coordinate  (m)          12241019.80007      0.06644     0.00019
Loc.   CPAC_GPS U coordinate  (m)              37.62348      0.00114     0.00058
     NE,NU,EU position correlations          -0.0098      -0.0417       0.0382
pbo. CPAC_GPS CPAC_GPS          2014 07 02 11 59 56840.4998  -2272597.38730  589025
1.7    0.00058 |   -912375.13843 12241019.80007   37.62348 0.00013 0.00019 0.00058

Int. CSLO_GPS -2248479.13710  5909748.22160  -834744.61448    0.00000    0.00000
   40. CSLO_GPS X coordinate  (m)          -2248479.19412     -0.05702     0.00031
   41. CSLO_GPS Y coordinate  (m)           5909748.19254     -0.02906     0.00063
   42. CSLO_GPS Z coordinate  (m)           -834744.63935     -0.02487     0.00019
Unc. CSLO_GPS -2248479.19412 5909748.19254  -834744.63935    0.00000    0.00000
Apr. CSLO_GPS -2248479.19412 5909748.19254  -834744.63935    0.00000    0.00000
Loc.   CSLO_GPS N coordinate  (m)            -842754.57374     -0.02556     0.00015
Loc.   CSLO_GPS E coordinate  (m)          12229993.43486      0.06363     0.00020
Loc.   CSLO_GPS U coordinate  (m)              128.98496      0.00357     0.00069
     NE,NU,EU position correlations           0.0123       -0.2274       0.0478
pbo. CSLO_GPS CSLO_GPS          2014 07 02 11 59 56840.4998  -2248479.19412  589974
1.8    0.00069 |   -842754.57374 12229993.43486  128.98496 0.00015 0.00020 0.00069

Int. CBTL_GPS -2195674.83280  5924401.81000  -870018.13421    0.00000    0.00000
   43. CBTL_GPS X coordinate  (m)          -2195674.89309     -0.06029     0.00034
   44. CBTL_GPS Y coordinate  (m)           5924401.78368     -0.02632     0.00068
   45. CBTL_GPS Z coordinate  (m)           -870018.15478     -0.02057     0.00020
Unc. CBTL_GPS -2195674.89389 5924401.78368  -870018.15478    0.00000    0.00000
Apr. CBTL_GPS -2195674.89389 5924401.78368  -870018.15478    0.00000    0.00000
Loc.   CBTL_GPS N coordinate  (m)            -878592.27037     -0.02089     0.00017
```

Gambar 2. Hasil Pengolahan GLOBK Tahun 2014 (globk14.org)



```
Int. CTUL_GPS -2356257.21720  5859578.84350  -888972.22660    0.00000    0.00000
   34. CTUL_GPS X coordinate  (m)          -2356257.30746     -0.09026     0.00027
   35. CTUL_GPS Y coordinate  (m)           5859578.80365     -0.03985     0.00053
   36. CTUL_GPS Z coordinate  (m)           -888972.25705     -0.03045     0.00016
Unc. CTUL_GPS -2356257.30746 5859578.80365  -888972.25705    0.00000    0.00000
Apr. CTUL_GPS -2356257.30746 5859578.80365  -888972.25705    0.00000    0.00000
Loc.   CTUL_GPS N coordinate  (m)            -897849.41880     -0.03061     0.00014
Loc.   CTUL_GPS E coordinate  (m)          12334131.12409      0.09861     0.00018
Loc.   CTUL_GPS U coordinate  (m)              123.72361      0.00098     0.00058
     NE,NU,EU position correlations          -0.0109      -0.0341       0.0238
pbo. CTUL_GPS CTUL_GPS          2015 07 02 11 59 57205.4998  -2356257.30746  585955
1.6    0.00058 |   -897849.41880 12334131.12409  123.72361 0.00014 0.00018 0.00058

Int. CPAC_GPS -2272597.32580  5890251.28140  -903246.55246    0.00000    0.00000
   37. CPAC_GPS X coordinate  (m)          -2272597.41358     -0.08778     0.00024
   38. CPAC_GPS Y coordinate  (m)           5890251.24437     -0.03703     0.00048
   39. CPAC_GPS Z coordinate  (m)           -903246.57857     -0.02611     0.00015
Unc. CPAC_GPS -2272597.41358 5890251.24437  -903246.57857    0.00000    0.00000
Apr. CPAC_GPS -2272597.41358 5890251.24437  -903246.57857    0.00000    0.00000
Loc.   CPAC_GPS N coordinate  (m)            -912375.14723     -0.02626     0.00013
Loc.   CPAC_GPS E coordinate  (m)          12241019.82085      0.09522     0.00016
Loc.   CPAC_GPS U coordinate  (m)              37.62312      0.00878     0.00052
     NE,NU,EU position correlations          -0.0084      -0.0643       0.0155
pbo. CPAC_GPS CPAC_GPS          2015 07 02 11 59 57205.4998  -2272597.41358  589025
1.5    0.00052 |   -912375.14723 12241019.82085   37.62312 0.00013 0.00016 0.00052

Int. CSLO_GPS -2248479.13710  5909748.22160  -834744.61448    0.00000    0.00000
   40. CSLO_GPS X coordinate  (m)          -2248479.22001     -0.08291     0.00032
   41. CSLO_GPS Y coordinate  (m)           5909748.18093     -0.04067     0.00067
   42. CSLO_GPS Z coordinate  (m)           -834744.64791     -0.03343     0.00021
Unc. CSLO_GPS -2248479.22001 5909748.18093  -834744.64791    0.00000    0.00000
Apr. CSLO_GPS -2248479.22001 5909748.18093  -834744.64791    0.00000    0.00000
Loc.   CSLO_GPS N coordinate  (m)            -842754.58250     -0.03426     0.00016
Loc.   CSLO_GPS E coordinate  (m)          12229993.46319      0.09195     0.00020
Loc.   CSLO_GPS U coordinate  (m)              128.98446      0.00408     0.00072
     NE,NU,EU position correlations          -0.0014      -0.2359       0.0532
pbo. CSLO_GPS CSLO_GPS          2015 07 02 11 59 57205.4998  -2248479.22001  589974
1.8    0.00072 |   -842754.58250 12229993.46319  128.98446 0.00016 0.00020 0.00072

Int. CBTL_GPS -2195674.83280  5924401.81000  -870018.13421    0.00000    0.00000
   43. CBTL_GPS X coordinate  (m)          -2195674.92050     -0.08770     0.00031
   44. CBTL_GPS Y coordinate  (m)           5924401.77430     -0.03570     0.00064
   45. CBTL_GPS Z coordinate  (m)           -870018.16470     -0.03049     0.00019
Unc. CBTL_GPS -2195674.92050 5924401.77430  -870018.16470    0.00000    0.00000
Apr. CBTL_GPS -2195674.92050 5924401.77430  -870018.16470    0.00000    0.00000
Loc.   CBTL_GPS N coordinate  (m)            -878592.28016     -0.03861     0.00016
```

Gambar 3. Hasil Pengolahan GLOBK Tahun 2015 (globk15.org)

c. Hasil Pengolahan *Velocity rate* Menggunakan GLOBK 10.6

Hasil *velocity rate* dengan pengolahan GLOBK 10.6 dapat dilihat pada Tabel 1 untuk Tahun 2014 dan Tabel 2 untuk Tahun 2015.

Tabel 1. *Velocity rate* pada Titik Pengamatan CORS BIG pada Tahun 2014

Stasiun CORS	Ve (m/year)	Vn (m/year)	Vu (m/year)
CCLP	-0.00989	0.02562	-0.00562
CBTL	-0.01011	0.02723	-0.00162
CKBM	-0.00625	0.02295	-0.01335
CMGL	-0.00941	0.02734	-0.00435
CPAC	-0.00786	0.02662	-0.00300
CSLO	-0.00795	0.03017	-0.00429
CTUL	-0.00949	0.02850	-0.00113

Tabel 2. *Velocity rate* pada Titik Pengamatan CORS BIG pada Tahun 2014

Stasiun CORS	Ve (m/year)	Vn (m/year)	Vu (m/year)
CCLP	-0.00984	0.02230	0.01190
CBTL	-0.00865	0.02326	0.00922
CKBM	-0.00775	0.02084	-0.00421
CMGL	-0.01076	0.02428	0.00802
CPAC	-0.00475	0.02381	-0.00143
CSLO	-0.00815	0.02495	0.00187
CTUL	-0.01164	0.02498	0.00368

Selain dapat diketahui nilai *velocity rate*, dapat pula diketahui nilai simpangan baku *velocity rate* yang disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 4

Tabel 3. Simpangan baku *velocity rate* pada Titik Pengamatan CORS BIG pada Tahun 2014

Stasiun CORS	Std e (m/year)	Std n (m/year)	Std u (m/year)
CCLP	0.00060	0.00085	0.00260
CBTL	0.00056	0.00079	0.00246
CKBM	0.00077	0.00102	0.00348
CMGL	0.00054	0.00075	0.00233
CPAC	0.00047	0.00066	0.00203
CSLO	0.00053	0.00068	0.00234
CTUL	0.00046	0.00063	0.00196

Tabel 4. Simpangan baku *velocity rate* pada Titik Pengamatan CORS BIG pada Tahun 2015

Stasiun CORS	Std e (m/year)	Std n (m/year)	Std u (m/year)
CCLP	0.00054	0.00075	0.00234
CBTL	0.00058	0.00077	0.00255
CKBM	0.00078	0.00103	0.00353
CMGL	0.00055	0.00074	0.00238
CPAC	0.00046	0.00061	0.00198
CSLO	0.00060	0.00074	0.00267
CTUL	0.00052	0.00069	0.00225

Jika dilihat dari penelitian yang dilakukan oleh Khoiridah (2014), lempeng tektonik Indo-Australia bergerak ke utara dengan kecepatansekitar 70 mm/year yang menujam ke bawah lempeng tektonik Eurasian yang relative diam. Maka penelitian ini juga menguatkan penelitian sebelumnya, yang mengungkapkan bahwa memang terjadi pergerakan lempeng di Selatan Jawa dengan kecepatan 0.00625 m/year sampai 0.03017 m/year.

d. Analisis *Velocity rate*

Uji distribusi T pada dasarnya menunjukkan seberapa jauh pengaruh satu variabel bebas secara individual dalam menerangkan variasi variabel terikat. Tujuan dari uji T adalah untuk menguji koefisien regresi secara individual. Uji statistik ini dilakukan dengan cara menguji variabel pergeseran titik (Pij) dari sesi pengamatan i ke sesi j yang nilainya dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut. (Safi'i, 2014)

$$Pij=(dn_{ij}^2+de_{ij}^2)^{0.5} \quad \text{.....(1)}$$

Adapun standar deviasi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Std\ Pij=(sd\ dn_{ij}^2+sdde_{ij}^2)^{0.5} \quad \text{.....(2)}$$

Hipotesis nol yang digunakan pada uji statistik ini adalah titik pengamatan tidak bergeser dalam selang i dan j sehingga :

Hipotesis nol H0 : $P_{ij} = 0$
Hipotesis Alternatif Ha : $P_{ij} \neq 0$

Statistik yang digunakan dalam menguji pergeseran titik-titik pengamatan adalah :

$$T=P_{ij}/Std\ P_{ij} \quad (3)$$

Pergeseran dinyatakan signifikan atau hipotesis nol ditolak jika (Wolf and Ghilani, 1997) :

$$T > tdf,\alpha/2 \text{ ……..... (4)}$$

Tabel t-distribution dengan selang kepercayaan 95 % sehingga nilai T > tdf, α/2 dengan **n= tak hingga (~)** adalah **1,960.** Selang kepercayaan 95 % dapat diartikan bahwa data dipercaya 95% dalam selang yang dihitung dan mengandung parameter yang sesungguhnya dari populasi. Tabel berikut menunjukkan terjadi pergeseran signifikan di semua stasiun pengamatan. Berbeda dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Prayitno (2015) yang menyatakan tidak terjadi pergeseran yang signifikan akibat gempa yang terjadi pada Januari 2014.

Tabel **5.** Uji Statistik (Uji T)

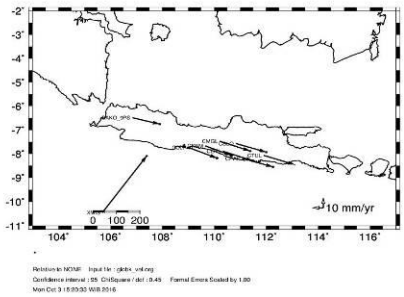
Stasiun CORS	P ij	Std P ij	T	Perubahan Signifikan
CCLP	0,0033	0,000117	28,472	Ya
CBTL	0,0042	0,000028	149,551	Ya
CKBM	0,0026	0,000014	183,059	Ya
CMGL	0,0033	0,000014	236,496	Ya
CPAC	0,0042	0,000051	82,201	Ya
CSLO	0,0052	0,000092	56,660	Ya
CTUL	0,0041	0,000085	48,610	Ya

e. Pemodelan Arah Pergerakan Lempeng Tektonik

Dengan menggunakan globk dan *software* GMT (Generic Mapping Tools) , pemodelan arah pergerakan Lempeng Tektonik dengan menggunakan sampel titik pengamatan dapat diperoleh seperti Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa arah pergeseran lempeng mengarah ke Tenggara. dengan skala 10 mm/year.

Gambar 4. Arah Pergerakan Lempeng Tektonik

4. Kesimpulan dan Saran



a. Kesimpulan

Dari penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa :

1). Lempeng tektonik yang berada di sekitar Selatan Jawa perlu terus dipantau pergerakannya, karena kawasan ini walaupun kecil pergerakannya, namun terus aktif hingga saat ini

2). *Velocity rate* arah horizontal pada saat terjadi gempa pada tahun 2014 yang paling besar adalah pada stasiun CORS CBTL (Bantul) dengan nilai Ve = -0.01011 ± 0.00056 m/year, Vn = 0.02723 ± 0.00079 m/year dan m/year.

3). *Velocity rate* arah horizontal pada saat terjadi gempa pada tahun 2015 yang paling besar adalah pada stasiun CORS CMGL (Magelang) dengan nilai Ve = 0.01076 ± 0.00055 m/year, Vn = 0.02428 ± 0.00074 m/year dan m/year.

4). Hasil Uji stastistik (uji T) menunjukkan bahwa terjadi perubahan kecepatan yang signifikan pada lempeng tektonik yang berada di Selatan Jawa.

5). Arah pergeseran lempeng tektonik di Selatan Jawa mengarah ke Tenggara.

b. Saran

Sebelum melakukan pengolahan data, lebih baik perhatikan terlebih dahulu ketersediaan data yang ada agar hasil olahan lebih maksimal dalam penyajiannya. Selain itu, lebih berhati-hati dalam proses penghitungan statistik agar hasil yang didapatkan lebih valid.

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Ir. Joni Efendi yang mendukung dan membimbing penulis selama melakukan penelitian ini. Secara umum, penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh Tim Geodinamika di Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika BIG atas saran dan masukan yang diberikan.

6. Daftar Pustaka

Prayitno, B., Awaludiin, M., Sudarsono, B., 2015, "Perhitungan Deformasi Gempa Kebumen 2014 dengan Data CORS GNSS di Wilayah Pantai Selatan Jawa Tengah", Jurnal Geodesi Undip Volume 4 Nomor 4 Tahun 2015, ISSN : 2337-845X, Hal 155-162.

Laksana, Indra. 2014, "Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan *Software* GAMIT", Jurnal Geodesi Undip Volume 3 Nomor 4 Tahun 2014, ISSN : 2337-845X, Hal 200.

Panuntun, Hidayat, 2012, "Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai Dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global", Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Safi'i, Ayu Nur, 2014, "Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horizontal Pada Pengamatan Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan *Software* GAMIT 10.5", Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro, Semarang.

Safi'i, A.N., Gaol, Y.A.L., 2016, "Tectonis Deformation monitoring in West Sumatra using BIG CORS Data". Proceeding of the 1st International Conference on Technology, Innovation and Society, ISBN : 978-602-70570-4-3, ITP, Padang.

Khoiridah, S., Santosa, B.J., 2014. "*Centroid Moment Tensor* (CMT), Bidang Sesar, Durasi Rupture dan Pemodelan Deformasi Vertikal Sumber Gempa Bumi sebagai Studi Potensi Bahaya Tsunami di Laut Selatan Jawa". Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol.3 No.2 2014 hal. 1.

Yudistira, M.F., 2015, "Analisis Kecepatan Pergerakan Pulau Jawa Menggunakan Data Pengamatan Stasiun GNSS CORS (Continuously Operating Reference Station) Tahun 2010, 2011 dan 2012", Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Perbandingan Metode Interpolasi Terhadap Hasil Pembentukan *Digital Terrain Model* (DTM)

Danang Budi Susetyo, Agung Syetiawan

Badan Informasi Geospasial
Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46, Cibinong, Jawa Barat 16911
Email: danang.budi@big.go.id

ABSTRACT

Digital Terrain Model (DTM) is one of the outputs in topographical mapping Indonesia (RBI). DTM is formed from elements such hipsografi masspoint, ridge line and waters. Elements such hipsografi interpolation to obtain elevation data in raster format that can be used for many purposes spatial analysis. Selection of interpolation methods affect the quality of the resulting DTM. One important parameter in quality DTM is a vertical accuracy and we examine some of the interpolation method on vertical accuracy DTM. Interpolation method was tested among others Inverse Distance Weighting (IDW), Kriging, Natural Neighbor, Spline and Triangulated Irregular Network (TIN) converted into raster data. The data used is data RBI region of Aceh, which was tested in three types of topography: densely, beaches, and mountains. Validation is done by comparing the actual elevation with elevation values extracted from the data DTM at the same point. Masspoint test points taken from random sampling, with a percentage of 10% of the total masspoint on each type of topography. The results of this study indicate IDW has the best accuracy in all types of topography with RMSE values respectively are 0.2440 (densely), 0.2248 (the beach), and 0.8874 (mountains).

Keywords: DTM, interpolasi, akurasi vertikal

Pendahuluan

Digital Terrain Model (DTM) merupakan salah satu *output* dalam pemetaan rupabumi Indonesia (RBI) yang dibentuk dari unsur-unsur hipsografi seperti *masspoint*, garis punggung bukit dan perairan. Unsur-unsur tersebut dibentuk menggunakan teknik fotogrametri menggunakan *stereo image*, dimana pada skala besar umumnya menggunakan foto udara, sedangkan pada skala menengah digunakan data citra (radar dan optis). Proses interpolasi dilakukan untuk menghasilkan DTM dari titik-titik yang mempunyai informasi ketinggian (Setiyoko & Kumar, 2012)

Interpolasi adalah metode yang dilakukan untuk memprediksi nilai grid yang tidak diwakili oleh titik sampel (Childs, 2011). Beberapa metode interpolasi antara lain: *Inverse Distance Weighting* (IDW), Kriging, *Natural Neighbor*, *Spline* dan *Triangulated Irregular Network* (TIN). Akurasi dari DTM tergantung dari metode interpolasi yang digunakan oleh sebab itu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai perbandingan dari metode-metode interpolasi tersebut (Arun, 2013).

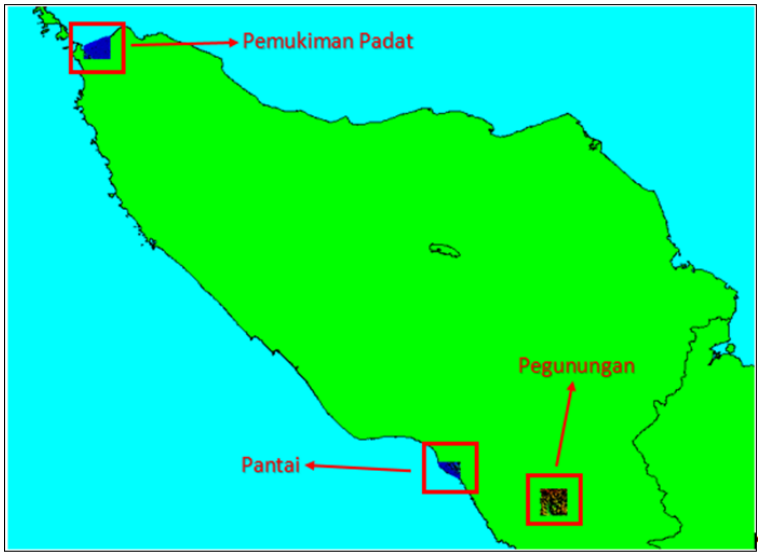
Beberapa faktor yang mempengaruhi kualitas DTM antara lain: metode sampling data, kerapatan/densitas data, kompleksitas *terrain*, metode interpolasi dan parameter interpolasi (Mohamed, 2011). Kerapatan data dan kompleksitas *terrain* dilakukan uji coba dengan mengambi tiga tipe topografi berbeda: pegunungan, pantai dan pemukiman padat. Wilayah yang diuji adalah Provinsi Aceh, menggunakan data Rupabumi Indonesia (RBI) yang dibuat pada tahun 2014.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan metode interpolasi terbaik dalam pembentukan DTM di Indonesia, karena hingga saat ini tidak ada ketentuan khusus mengenai metode interpolasi yang seharusnya digunakan dalam pembentukan DTM dalam proses pemetaan RBI. Semakin bagus DTM yang dihasilkan (ditunjukkan dengan nilai error yang kecil), maka akan semakin menggambarkan kenampakan muka bumi mendekati dengan keadaan yang sebenarnya.

Oleh karena itu, penelitian ini diharapkan dapat menjadi salah satu referensi dalam memilih metode interpolasi yang tepat meskipun setiap metode interpolasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Metode yang terbaik itu nantinya akan digunakan untuk menghasilkan DTM sesuai dengan karakteristik wilayah di Indonesia.

Metodologi

Penelitian ini membandingkan tiga metode interpolasi terhadap hasil pembentukan DTM. Seluruh metode tersebut diuji coba pada tiga tipe topografi yang berbeda: pegunungan, pantai dan pemukiman padat. Pemukiman padat untuk mewakili wilayah dengan kompleksitas terrain akan mengambil sampel wilayah Banda Aceh, kawasan pantai mengambil sampel Kabupaten Aceh Barat Daya, sedangkan kawasan pegunungan mengambil sampel perbatasan Kabupaten Aceh Selatan dan Aceh Tenggara.

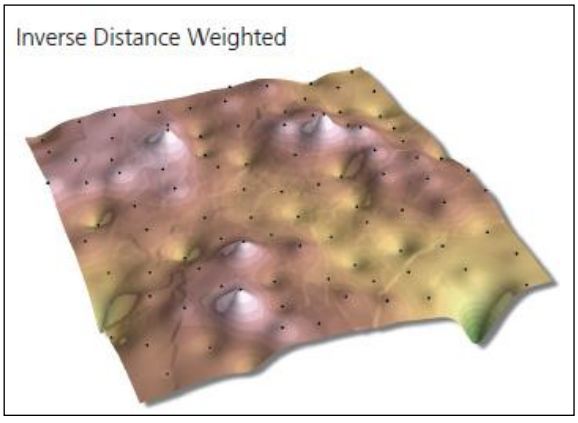


Gambar 1. Wilayah penelitian.

Validasi dilakukan dengan membandingkan nilai elevasi sebenarnya dengan nilai elevasi yang diekstrak dari data DTM pada titik yang sama. Titik uji diambil dari *masspoint* secara *random sampling* dengan prosentase 10% dari total *masspoint* pada masing-masing jenis topografi. Angka 10% mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Liu & Zhang (2007), yang mengambil 10% dari keseluruhan data point LiDAR sebagai *check point* untuk menguji kerapatan/densitas data LiDAR terhadap DEM yang dihasilkan.

Inverse Distance Weighting (IDW)

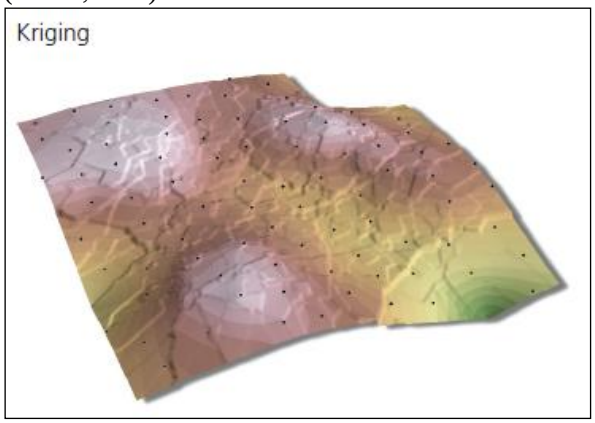
Inverse Distance Weighting menentukan *cell value* dengan kombinasi pembobotan linear, dimana bobot adalah fungsi jarak dari titik input terhadap lokasi *cell* output (Childs, 2011). Metode ini membuat data dilakukan pembobotan selama interpolasi, sehingga pengaruh satu titik relatif terhadap titik lainnya dan semakin berkurang ketika jarak terhadap *node* grid semakin besar (Yang, Kao, Lee, & Hung, 2004).



Gambar 2. Metode interpolasi IDW (Childs, 2011).

Kriging

Kriging menghasilkan estimasi nilai z berdasarkan bobot rata-rata dari lokasi yang nilainya sudah diketahui pada suatu area tertentu (Setianto & Triandini, 2013). Kriging sesuai digunakan ketika hubungan jarak atau arah dari data yang akan diproses sudah diketahui, dan metode ini banyak digunakan pada aplikasi ilmu tanah dan geologi (Childs, 2011).

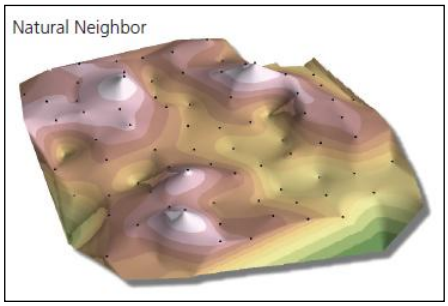


Gambar 3. Metode interpolasi Kriging (Childs, 2011).

Natural Neighbor

Konsep interpolasi *natural neighbor* adalah bobot yang didefinisikan oleh proporsi overlap antara poligon Voronoi (Thiessen Poligon) baru yang terbentuk diantara titik-titik interpolasi dengan poligon Voronoi awal yang menghubungkan titik-titik

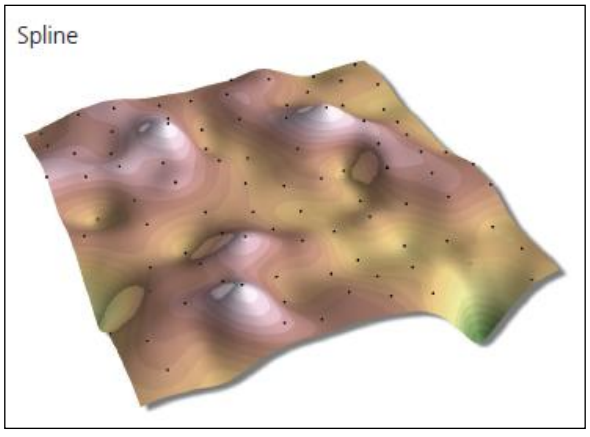
yang berdekatan (Garnero & Godone, 2013). Secara algoritma, metode *natural neighbor* identik dengan IDW (Childs, 2011). Metode ini dikenal juga sebagai interpolasi Sibson atau "*Area-Stealing*" (Pasaribu & Haryani, 2012)



Gambar 4. Metode interpolasi natural neigbor (Childs, 2011).

Spline

Spline menggunakan fungsi matematis untuk meminimalisir lengkungan permukaan (Binh & Thuy, 2008; Childs, 2011) dan menghasilkan permukaan yang *smooth* yang sesuai dengan titik input (Arun, 2013). Metode ini tepat digunakan untuk merepresentasikan fenomena permukaan yang bervariasi secara *smooth*, seperti temperatur (Childs, 2011). Kelebihan dari metode *spline* ini adalah kemampuan untuk menghasilkan akurasi permukaan yang cukup baik walaupun data yang digunakan hanya sedikit (Pasaribu & Haryani, 2012). Selain temperatur model ini baik digunakan untuk membuat permukaan seperti ketinggian permukaan bumi, ketinggian muka air tanah ataupun konsentrasi polusi udara.



Gambar 5. Metode interpolasi *spline* (Childs, 2011).

Triangulated Irregular Network (TIN)

Penelitian ini menguji data DTM dalam format raster, sehingga DTM yang dihasilkan dengan metode interpolasi *Triangulated Irregular Network* (TIN) dikonversi ke dalam format raster dengan resolusi sama dengan metode interpolasi sebelumnya. TIN raster menginterpolasi nilai z pada setiap grid dari data input TIN pada resolusi atau interval sampling tertentu untuk menghasilkan *output* data raster (Esri, 2014).

Gambar 6. TIN to raster (Esri, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data input berupa unsur hipsografi seperti *masspoint*, garis punggung bukit dan perairan di-*generate* untuk menghasilkan DTM dengan resolusi spasial 10 m (sesuai dengan spesifikasi DTM pada skala 1:25.000). DTM tersebut dianalisis dengan membandingkan hasil menggunakan lima metode interpolasi yang diuji dalam penelitian ini.

Analisis dilakukan dengan menghitung RMSE dari titik uji. Seperti dituliskan pada metode penelitian, titik uji diambil dari *masspoint* secara *random sampling*, dengan prosentase 10% dari total *masspoint* pada masing-masing jenis topografi. Perbandingan dilakukan antara nilai yang diekstrak dari DTM hasil interpolasi dengan nilai sebenarnya, yaitu nilai ketinggian yang dihasilkan saat proses *stereoplotting*. Selain itu, dilakukan juga analisis visual terhadap DTM yang dihasilkan.

Titik uji pada wilayah pemukiman padat adalah sejumlah 18.370 titik. Hasil ekstraksi ketinggian titik uji pada wilayah pemukiman padat menghasilkan beberapa nilai yang tidak sesuai pada interpolasi *natural neighbor* dan *TIN to raster* karena data DTM yang tidak ter-*generate* pada area titik tersebut. Beberapa nilai yang tidak sesuai juga terjadi pada wilayah pantai dan pegunungan dengan metode interpolasi yang sama. Titik-titik *outlier* tersebut tidak digunakan dalam perhitungan RMSE. Titik uji pada wilayah pantai adalah 16.527 titik, sedangkan pada wilayah pegunungan adalah 53.864 titik.

Hasil RMSE pada masing-masing tipe topografi dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 5. Hasil RMS error topografi menggunakan beberapa metode interpolasi

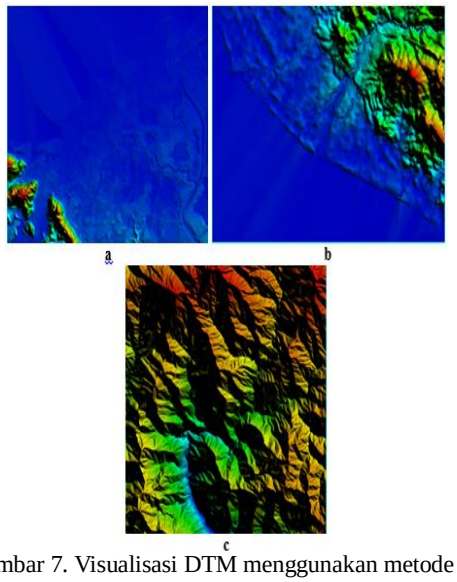
	IDW	**Kriging**	***Natural Neighbor***	***Spline***	***TIN to Raster***
Pemukiman padat	0.24400	1.24180	1.33200	0.49481	0.54864
Pantai	0.22482	2.59522	2.07318	0.60924	0.72394
Pegunungan	0.88748	1.86245	5.34944	1.83203	2.04183

Berdasarkan tabel 1, IDW memiliki ketelitian paling baik di semua jenis topografi. Wilayah pantai memiliki RMSE paling kecil, sedangkan pegunungan memiliki RMSE paling besar. Hal itu diakibatkan kerapatan yang semakin tinggi dari wilayah pantai,

pemukiman, kemudian pegunungan, sehingga semakin banyak titik yang diinterpolasi dalam satu grid DTM.

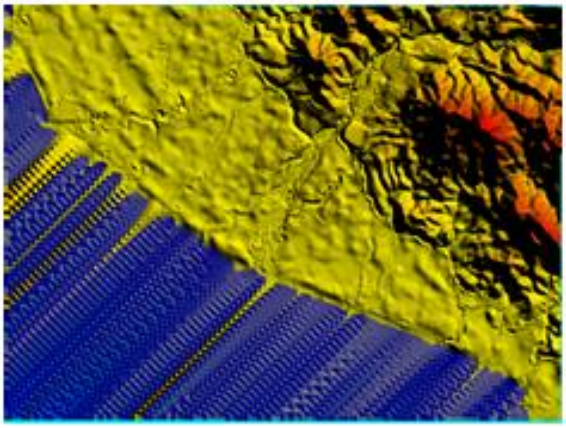
Meski dalam penelitian ini secara statistik IDW memiliki ketelitian paling baik, namun secara visual DTM hasil interpolasi IDW terlihat bergerigi, sehingga mengurangi nilai estetika dari data yang dihasilkan.

Selain itu, pada wilayah pemukiman padat (gambar 7a), visualisasi garis pantai tidak terlihat jelas. Gambar 7 adalah visualisasi dari DTM hasil interpolasi IDW pada ketiga jenis topografi.

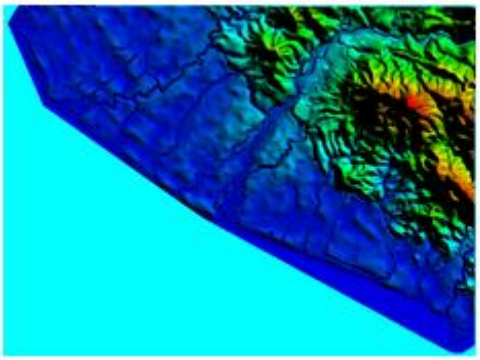


Gambar 7. Visualisasi DTM menggunakan metode IDW: (a) pemukiman padat, (b) pantai, (c) pegunungan.

Spline dan *TIN to raster* menghasilkan RMSE paling baik setelah IDW, dengan wilayah pemukiman padat dan pegunungan menghasilkan nilai dibawah 1. Meski demikian, pada wilayah pantai, *TIN to raster* lebih baik secara visual karena membentuk garis pantai dan wilayah laut dengan lebih logis dibandingkan dengan metode interpolasi *spline*.



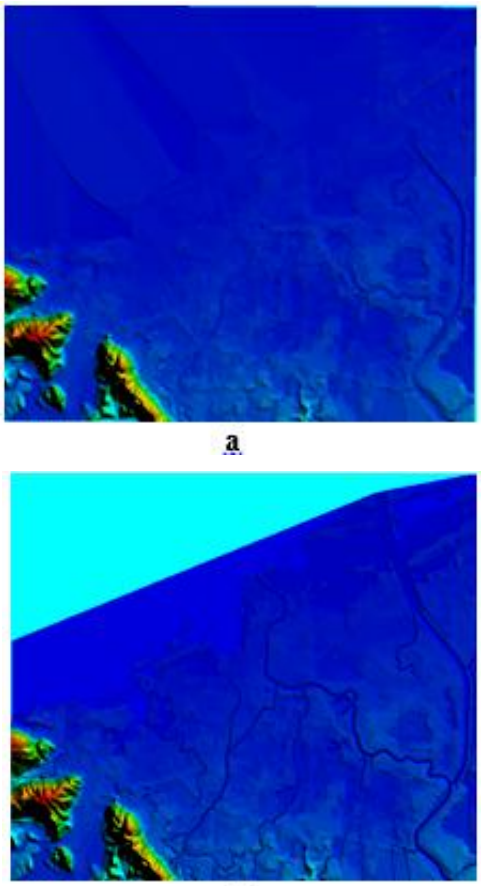
Gambar 8. Hasil interpolasi *spline.*



Gambar 9. Hasil interpolasi *TIN to raster.*

Hasil interpolasi yang baik dipengaruhi oleh distribusi titik-titik masukan (input), dimana titik-titik masukan memiliki persebaran yang merata, sehingga pada saat proses interpolasi dilakukan akan memetakan secara halus dengan mengambil nilai diantara titik-titik masukan tersebut (Pasaribu & Haryani, 2012).

Secara visual, DTM hasil interpolasi *TIN to raster* juga lebih baik dibandingkan IDW. Selain lebih halus dan logis, kenampakan objek-objek pembentuk DTM pada hasil interpolasi *TIN to raster* juga terlihat lebih jelas dan tegas, seperti terlihat pada wilayah pemukiman padat berikut ini.



Gambar 10. DTM hasil interpolasi (a) IDW dan (b) *TIN to raster.*

Kriging dan *natural neighbor* memiliki RMSE di atas

1 di semua jenis topografi, sehingga dalam penelitian ini tidak direkomendasikan sebagai metode interpolasi DTM hasil pemetaan RBI. Meski demikian, penelitian lanjutan mengenai dua metode tersebut di wilayah lain di Indonesia diperlukan untuk memvalidasi ketelitian dari kedua metode interpolasi tersebut.

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini, metode interpolasi IDW menghasilkan RMSE paling kecil atau secara ketelitian paling baik dibandingkan keempat metode interpolasi lainnya, yaitu 0.2440 (pemukiman padat), 0.2248 (pantai), dan 0.8874 (pegunungan). Penggunaan metode interpolasi IDW memberikan gambaran permukaan daerah penelitian mendekati dengan kondisi sebenarnya. Meski demikian, secara visual, metode *TIN to raster* menghasilkan DTM yang lebih baik dibandingkan IDW karena selain lebih halus dan logis, kenampakan objek-objek pembentuk DTM pada hasil interpolasi *TIN to raster* juga terlihat lebih jelas dan tegas.

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan metode IDW dan *TIN to raster* dapat direkomendasikan untuk menjadi metode interpolasi dalam tahap pembentukan DTM pada proses pemetaan RBI. Meski demikian, perlu kajian serupa di wilayah lain di Indonesia serta dengan skala pemetaan yang berbeda untuk memutuskan metode interpolasi yang paling tepat, termasuk terhadap dua metode interpolasi lainnya yang dalam penelitian ini nilai RMSE-nya paling besar, yaitu Kriging dan *natural neighbor*. Dengan demikian ke depannya metode interpolasi yang paling tepat akan digunakan untuk pembentukan DTM di Indonesia, sehingga dapat menggambarkan kenampakan muka bumi mendekati dengan keadaan yang sebenarnya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pemetaan Rupabumi dan Tominim yang sudah berkenan memberikan data-data yang mendukung penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian, Promosi dan Kerja Sama Badan Informasi Geospasial yang sudah memberikan kesempatan kepada penulis untuk mempresentasikan hasil penelitian ini pada Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Arun, P. V. (2013). A comparative analysis of different DEM interpolation methods. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, *16*(2), 133–139. http://doi.org/10.1016/j.ejrs.2013.09.001

Binh, T. Q., & Thuy, N. T. (2008). Assessment of Influence of Interpolation Techniques on The Accuracy of Digital Elevation Model. *Journal of Sciences*, *24*, 176–183.

Childs, C. (2011). Interpolating Surfaces in ArcGIS Spatial Analyst. *Education*, 4.

Esri. (2014). TIN to Raster (3D Analyst).

Garnero, G., & Godone, D. (2013). Comparisons between different interpolation techniques. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, *40*(5W3), 139–144. http://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W3-139-2013

Mohamed, G. I. (2011). Impact of Spatial Interpolation Methods on Digital Elevation Models Quality. *Khartoum University …*, *1*(2), 29–39.

Pasaribu, J. M., & Haryani, N. S. (2012). Perbandingan Teknik Interpolasi DEM SRTM Dengan Metode Inverse Distance Weighted (IDW), Natural Neighbor dan Spline. *Jurnal Penginderaan Jauh*, *9*(2), 126–139.

Setianto, A., & Triandini, T. (2013). Comparison of Kriging and Inverse Distance Weighted (IDW) Interpolation Methods in Lineament Extraction and Analysis. *Journal of Southeast Asian Applied Geology*, *5*(1), 21–29.

Setiyoko, A., & Kumar, A. (2012). Comparison Analysis of Interpolation Techniques for DEM Generation Using Cartosat-1 Stereo Data. *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*, *9*(2), 78–87.

Yang, C., Kao, S., Lee, F., & Hung, P. (2004). Twelve Different Interpolation Methods : a Case Study. *Proceedings of the XXth ISPRS Congress*, *35*, 778–785.

Riset Geospasial untuk Perlindungan Kawasan Laut
(Studi Kasus Taman Nasional Wakatobi)

Fahmi Amhar[a], Sunarwan Asuhadi[b]

[a)] Pusat Penelitian, Promosi dan Kerjasama - Badan Informasi Geospasial (fahmi.amhar@big.go.id)
[b)] Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan Wakatobi - Kementerian KP (sunarwan_asuhadi@yahoo.com)

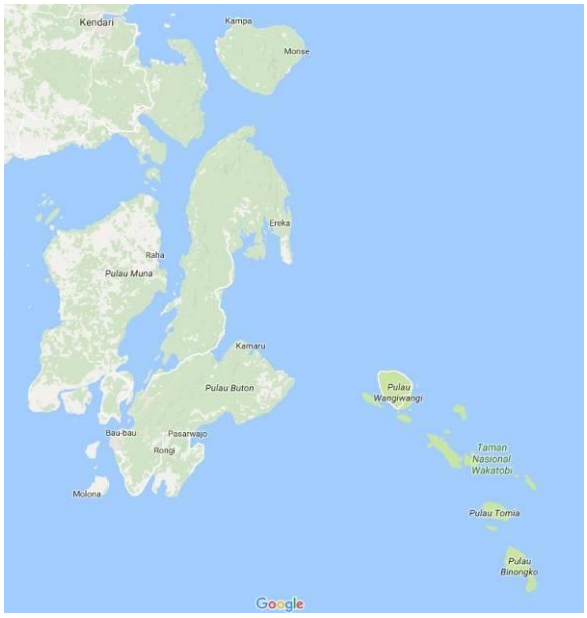
ABSTRACT

Wakatobi National Park is a paradise in the water which has the highest biodiversity in the world. But at the same time, this area is also very sensitive to pollution or overexploitation. Therefore, its development needs to be monitored on a regular basis, and therefore required fast and regular monitoring techniques which can be done in an area with more than one million hectares. This study focuses on the use of remote sensing image combined with the radar observation, AIS and in-situ check. First of all it is necessary to identify image data provided regularly and cheaply. Then looking for practical image analysis algorithm, because all are beyond just research, but it must be operational. And thirdly, it is necessary to obtain affordable field validation technique.

Keywords: marine protected area, remote sensing, AIS, marine geodesy, Wakatobi

Pendahuluan

Kabupaten Wakatobi adalah suatu kabupaten kepulauan di Provinsi Sulawesi Tenggara yang dibentuk berdasarkan UU nomor 29 Tahun 2003 (Pemkab. Wakatobi, 2016). Luas wilayahnya adalah 823 km² (82.300 hektar) dan tahun 2011 berpenduduk 94.846 jiwa. Wakatobi juga merupakan nama kawasan taman nasional laut yang ditetapkan pada 1996, dengan luas keseluruhan 1,39 juta hektare (lihat Gambar-1).



Gambar-1. Letak Taman Nasional Wakatobi (sumber: maps.google.com)

Untuk memajukan potensi kelautan Wakatobi, Kementerian Kelautan dan Perikanan membangun Loka Perekayasaan Teknologi Kelautan (LPTP) di Wakatobi, dengan tugas utama mengembangkan teknologi untuk memantau kawasan laut yang dilindungi (marine protected area). Hal ini karena ekosistem bawah air Wakatobi diyakini memiliki keanekaragaman hayati tertinggi di dunia. Namun pada saat yang sama, area ini sangat sensitif pada pencemaran atau eksploitasi berlebihan, sehingga perkembangannya perlu dipantau secara teratur, dan karena itu diperlukan teknik pemantauan yang cepat, teratur dan dapat diterapkan pada area yang luas.

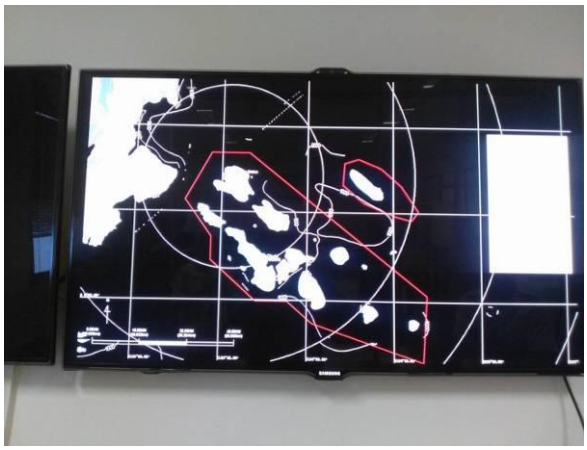
Saat ini, beberapa hal yang dianggap mengancam Taman Nasional adalah: kenaikan muka air laut, illegal fishing, overfishing, predator laut, budidaya Ikan, kenaikan keasaman air laut, kerusakan terumbu karang, pembuangan sampah, penangkapan ikan tidak ramah lingkungan dan perilaku manusia yang kurang bertangungjawab (FPIK IPB dalam Pramono, 2016). Fenomena ini secara umum akan terwakili pada kenampakan "marine-cover" di area Taman Nasional.

Fokus kajian ini adalah pada sejauh mana penggunaan citra penginderaan jauh dapat mendukung perlindungan kawasan taman nasional laut, membantu pengamatan radar permukaan (Toomay & Hannen, 2004), Automatic Identification System (National Academies of Science, 2003; Harati-Mokhtari, et.al., 2011) dan cek in-situ.

Metode Penelitian

Sebelum mengembangkan teknik pemantauan lebih mendetil, diadakan suatu Focus Group Discussion dengan menghadirkan beberapa narasumber pakar geospasial dan para peneliti dan perekayasa di LPTP. Setiap peneliti dan perekayasa menampilkan teknologi yang sudah dikuasainya atau yang menjadi pekerjaannya, kemudian mengajukan ke floor persoalan yang masih menjadi tantangannya.

Pertama-tama ditampilkan peta wilayah kerja LPTK, yakni seluruh kawasan laut yang dilindungi (marine protected area) di Wakatobi. LPTK memiliki sistem AIS yang dapat melihat seluruh pergerakan kapal yang dilengkapi perangkat AIS di seluruh wilayah Taman Nasional. Layar display AIS bahkan sudah disatukan dengan radar permukaan, sehingga akan tampak pegerakan objek tidak dikenal yang terpantau oleh radar. Namun sistem AIS seperti lazimnya hanya diwajibkan untuk kapal dengan bobot 30 ton atau lebih (IEC, 2011). Oleh karena banyak kapal nelayan kurang dari 30 ton yang beroperasi di Wakatobi tanpa AIS, dan dikhawatirkan ikut mengganggu ekosistem taman nasional, maka digunakan juga radar permukaan untuk mendeteksi segala benda terbuat dari logam yang berada di permukaan air dalam jangkauan radar. Kapal dari kayu atau fiberglass tanpa mesin tentu akan luput dari jangkauan radar permukaan. Untuk validasi AIS maupun radar permukaan itu diperlukan komparasi dengan citra satelit penginderaan jauh. Pertanyaannya citra penginderaan jauh yang seperti apa?



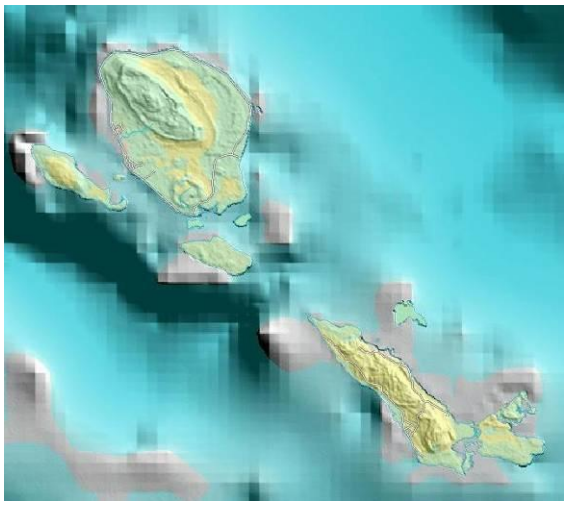
Gambar-2. Layar AIS & radar permukaan di LPTK

Kedua, dijajarkan beberapa kemungkinan sumber data penginderaan jauh yang ada saat ini, dan dibahas kelebihan dan kekurangannya. Ada 2 hal yang ingin dicapai dengan citra penginderaan jauh. Pertama adalah untuk validasi AIS dan radar permukaan. Kedua untuk monitoring kawasan laut yang dilindungi. Ketersediaan data bebas atau murah, ketersediaan alat analisis dan ketersediaan SDM perlu diperhatikan, selain efektifitas data secara berkelanjutan untuk area yang luas.

Ketiga, beberapa teknologi yang berpeluang untuk cek in-situ dijajarkan. Kawasan taman laut biasanya cukup dangkal (lihat gambar-3), sehingga tidak mudah didekati dengan kapal-kapal biasa. Di kapal LPTK yang berukuran kecil (gambar-4) dipasang juga perangkat AIS berikut sonar dan radar kecil (Gambar-5). Kapal ini sanggup mendekati tempat dengan kedalaman kurang dari 1 meter. Namun tentu saja di kawasan taman laut, tidak cukup mudah untuk kapal seperti itu bermanuver tanpa terkena karang laut.



Gambar-3. Kapal survei LPTK



Gambar-4. Peta Wakatobi berikut kedalaman laut di sekitarnya (sumber: tanahair.indonesia.go.id)



Gambar-5. Sonar dan radar kecil di kapal survei LPTK

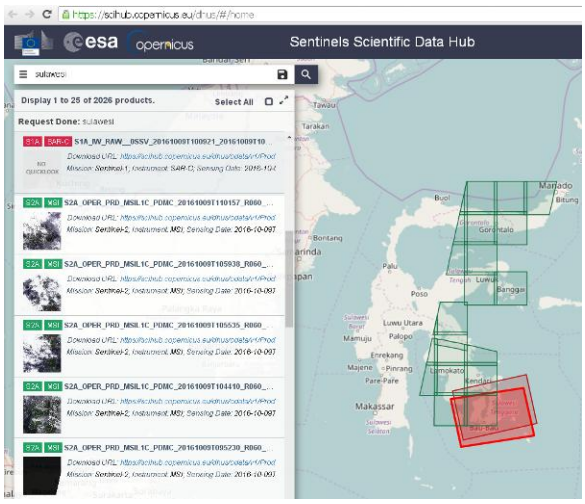
Hasil dan Pembahasan

Citra penginderaan jauh dari satelit secara umum terbagi menjadi dua: citra pasif (optik) dan citra aktif (radar). Untuk kondisi Indonesia di mana tutupan awan menjadi problem umum, maka untuk validasi AIS dan radar permukaan, yang tepat adalah citra radar. Sedangkan untuk memantau kondisi taman nasional yang termasuk laut dangkal (shalow water) secara periodik, citra optik cukup memadai.

Untuk citra radar, tentu saja diperlukan citra yang diambil sejak 2014, mengingat sistem AIS di LPTK baru berfungsi sejak 2014. Di dunia saat ini, satelit dengan sensor radar untuk sipil hanya beberapa yang masih beroperasi, antara lain: Radarsat-2 (Canadian Space Agency, 2015), TerraSAR-X (DLR, 2009; Weber & Koudogbo, 2009), ALOS-2 (JAXA (2014) dan Sentinel-1 (Snoeij, et al, 2009).

Untuk citra optik, diperlukan data berkesinambungan sehingga dapat dilakukan analisis time series sampai bertahun-tahun ke belakang. Dalam hal ini, Landsat memiliki pengalaman terpanjang dan sejak 2009 sudah digratiskan. Hanya saja, resolusinya relatif kasar (30 meter). Data Landsat dapat diunduh sendiri via internet, atau bekerjasama dengan LAPAN. Alternatifnya adalah Sentinel-2 dengan resolusi spasial lebih baik dari Landsat, yaitu 10 meter, serta memiliki resolusi spectral lebih banyak (Tabel-1).

Dari sisi harga, baik Sentinel-1 maupun Sentinel-2 menawarkan *free access*. Pengguna cukup melakukan sendiri registrasi. Namun ketersediaan data untuk wilayah Indonesia masih relatif sedikit sebagaimana tampak dari user-interface Sentinel di *https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home* di mana untuk wilayah Wakatobi baru ada 2 citra radar. (Gambar-6).



Gambar-6. Ketersediaan data Sentinel 1 & 2

Tabel-1 Spectral Sentinel-2 (sumber: ESA 2015)

Sentinel-2 Bands	Wavelength (µm)	Resolution (m)
Band 1 - Coastal aerosol	0.443	60
Band 2 - Blue	0.490	10
Band 3 - Green	0.560	10
Band 4 - Red	0.665	10
Band 5 - Vegetation Red Edge	0.705	20
Band 6 - Vegetation Red Edge	0.740	20
Band 7 - Vegetation Red Edge	0.783	20
Band 8 - NIR	0.842	10
Band 8A - Vegetation Red Edge	0.865	20
Band 9 - Water vapour	0.945	60
Band 10 - SWIR - Cirrus	1.375	60
Band 11 - SWIR	1.610	20
Band 12 - SWIR	2.19	20

Antara harga dan ketersediaan citra memang harus dibuat kompromi. Tidak mungkin mengandalkan data gratis jika ketersediaannya sulit diharapkan. Oleh karena itu perlu ada uji coba untuk mendapatkan data di area Taman Nasional Wakatobi untuk kurun waktu yang cukup, misalnya selama satu tahun.

Citra radar untuk validasi AIS dan radar permukaan harus diketahui pasti tangal dan waktu perekamannya, karena ini akan dibandingkan dengan data rekaman AIS dan radar permukaan pada saat yang persis sama. Sedang untuk citra optik untuk pemantauan kondisi Taman Nasional, yang diutamakan adalah kondisi tutupan awan minimum, dan waktu yang terdekat dengan saat kunjungkan *in-situ*.

Adapun untuk analisis, ada beberapa algoritma penginderaan jauh untuk laut dangkal yang cocok untuk diterapkan pada kondisi taman laut, seperti *Hyper-spectral Optimization Process Exemplar* (HOPE), *Bottom Reflectance Un-mixing Computation of the Environment* (BRUCE), *Semi-Analytical Model for Bathymetry, Un-mixing, and Concentration Assessment* (SAMBUCA), *Spectrum-Matching and Look-Up-Table* (SMLUT), *Adaptive Linearized Look-Up Trees* (ALLUT), dan algoritma tertua yang dikembangkan oleh Lyzenga (LYZENGA) (Lee et al, 1998; Mobley, 2010). Berbagai algoritma itu berbeda untuk akurasi dan effort yang diperlukan, serta masih harus divalidasi dan disesuaikan dengan ketersediaan data di Wakatobi. Namun apapun algoritma yang dipilih, semua saat ini relatif dapat diotomatisasi, sehingga penilaian kondisi Taman Nasional dapat dilakukan cepat, akurat dan teratur.

Untuk cek in-situ, maka keberadaan kapal yang ada saat ini dapat dilengkapi dengan perahu karet, kapal miniatur dengan remote control ataupun drone. Lokasi yang perlu dikunjungi sudah akan terbatasi oleh hasil analisis citra time-series.

Semua rekomendasi FGD di atas akan ditindaklanjuti segera oleh LPTK dalam Tahun Anggaran 2017.

Kesimpulan

Untuk saat ini, validasi AIS dan radar permukaan dengan citra radar Sentinel-1 atau ALOS-2 paling dianjurkan untuk dicoba. Sedang untuk monitoring Taman Nasional laut jangka panjang, citra Landsat dan Sentinel-2 dapat dipertimbangkan.

Setelah ketersediaan data dapat dicukupi, maka algoritma untuk analisis time series dapat dicoba, dan lokasi yang akan dikunjungi in-situ sudah dapat dibatasi. Kemampuan survei dengan kapal survei miniatur atau drone dapat diuji di tempat tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial dan Kementerian Kelautan dan Perikanan yang mendukung penelitian awal ini.

Daftar Pustaka

Canadian Space Agency (2015): RADARSAT-2. http://www.asc-csa.gc.ca/eng/satellites/radarsat2/ - diakses 30 September 2016.

DLR (2009): T erraSAR-X - Germany's radar eye in space http://www.dlr.de/eo/en/desktopdefault.aspx/tabid-5725/9296_read-15979/

ESA (2015): Sentinel-2 MSI: Overview". European Space Agency. Retrieved 17 June 2015

Harati-Mokhtari, A & A. Wall, P. Brooks, J. Wang. (2011): Automatic Identification System (AIS) - A Human Factors Approach. The Nautical Institute. Archived from the original on August 12, 2011. https://web.archive.org/web/20110812115648/http://www.nautinst.org/ais/PDF/AIS_Human_Factors.pdf - *diakses 30 September 2016*

IEC - International Electrotechnical Commission (2011): Technical Committee 80: Maritime Navigation And Radiocommunication Equipment and Systems http://www.iec.ch/about/brochures/pdf/ technology/maritime_nav_rc_2.pdf - *diakses 30 September 2016*

JAXA (2014): ALOS- The Advanced Land Observing Satellite-2 "DAICHI-2" http://www.jaxa.jp/projects/pr/brochure/pdf/04/sat29.pdf

Lee, Z., K. L. Carder, C. D. Mobley, R. G. Steward, and J. S. Patch (1998): Hyperspectral remote sensing for shallow waters. I. A semianalytical model. Applied Optics Vol. 37, No. 27.

Mobley, C. D. (2010) Algorithm Comparison for Shallow-Water Remote Sensing.

National Academies of Science (2003): Transportation Research Board Special Report 273 - Shipboard Automatic Identification System Display. Washington DC.

Pemkab. Wakatobi (2016). www.wakatobikab.go.id. *diakses 30 September 2016*

Pramono, G. H. (2016). Lecture Note to Maritime Geospatial. Indonesia Defense University.

Snoeij, P., E. Attema, M. Davidson, B. Duesmann, N. Floury, G. Levrini, B. Rommen, B. Rosich (2009): The Sentinel-1 radar mission: status and performance. Radar Conference - Surveillance for a Safer World, 2009. RADAR. International

Toomay, J.C., P.J. Hannen (2004): Radar Principles for the Non Specialist. SciTech Publishing Inc.

Weber, M., F. Koudogbo, (2009): TerraSAR-X 1m Spaceborne Radar - Use, Features, Products and TanDEM-X. GIM International:,January 2009.

Analisis Terhadap Desain Peta untuk Desa Adat
(Studi kasus Desa Kanekes/Baduy, Provinsi Banten)

Fahrul Hidayat[a], Tia Rizka Nuzula Rachma[b], Fahmi Amhar[c]

[a,] Badan Informasi Geospasial (fahrul.hidayat@big.go.id)
[b,] Badan Informasi Geospasial (tia.rizka@ big.go.id)
[c,] Badan Informasi Geospasial (fahmi.amhar@ big.go.id)

ABSTRACT

There are so many government programs related to Village Map and it's specifications since the published of Indonesian Law No. 6 in 2014 about Village. Diversity of Indonesian village becames one of the considerations in determining the specifications of Village Map. This research aims to explore the design and specifications of Village Map correspond to Traditional Village. Case study of this research is Kanekes Village (hometowns of Baduy tribe), located in Lebak district, Banten province. The data used in this research are Topographic Map of Indonesia in 1:25,000 scale, high-resolution satellite imagery, and map sketch of Kanekes which produced without electronic devices. Validation was conducted using the Global Navigation Satellite System on smartphone and validation on satellite imagery. Results of this study analyzed using GIS software, cartographic displayed, and printed which used to discussion with Lurah (Dean of Village) and another functionary of the Village.

Keywords desain peta, peta desa, desa adat

Pendahuluan

Pada era perkembangan teknologi dan globalisasi saat ini, pembangunan sangat membutuhkan informasi geospasial. Informasi geospasial sangat bermanfaat untuk efisiensi proses analisis dalam perencanaan dan pelaksanaan pembangunan. Hal itu karena perencanaan pembangunan tidak bisa dilepaskan dengan ruang kebumian termasuk dalam konteks pembangunan pada tingkat desa. Citra satelit resolusi tinggi dan/atau ortofoto dengan detail hingga dibawah satu meter dapat dijadikan salah satu contoh informasi geospasial untuk memudahkan memahami atau mengenali kondisi lingkungan desa. Di China, penggunaan peta ortofoto menjadi salah satu kunci dalam penerapan pendekatan *participatory geo*graphic *information system* (PGIS) untuk manajemen dan perencanaan sumber daya alam. Masyarakat desa dapat dengan mudah menentukan dimana rumah, sawah, dan kebun mereka dengan bantuan peta ortofoto (Wang, et.al, 2008).

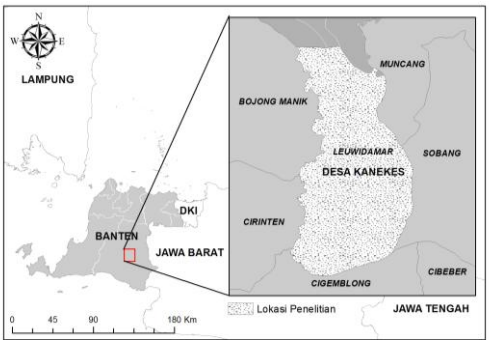
Dalam Undang - undang Nomor 6 Tahun 2014 juga disebutkan tentang peta desa sebagai salah satu kebutuhan suatu desa untuk proses perencanaan pembangunan. Sayangnya, belum ada peraturan turunan yang membahas secara spesifik tentang apa yang dimaksud dengan peta desa sesuai dengan Undang – undang tersebut. Sebagai lembaga yang diberikan tugas dan wewenang untuk menyelenggarakan informasi geospasial dasar, Badan Informasi Geospasial (BIG) saat ini telah mengeluarkan Peraturan Kepala No 3 tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa sebagai langkah awal dalam mendefinisikan peta desa.

Dalam menggali desain dan spesifikasi teknis peta desa adat, penulis menggunakan studi kasus dengan lokus Desa Kanekes (Baduy), Kecamatan Leuwidamar, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Pemilihan Desa Kanekes sebagai sampel karena sudah memiliki landasan hukum berupa Peraturan Daerah Kabupaten Lebak No 32 tahun 2001 tentang Perlindungan atas Hak Ulayat Masyarakat Baduy.

Studi kasus pada penelitian ini merupakan sebuah desa yang terletak di kawasan perbukitan di Kabupaten Lebak. Masyakarat yang ada di desa tersebut merupakan masyarakat Adat Baduy. Nama desa tersebut adalah Desa Kanekes, terletak di Kecamatan Leuwidamar, Kabupaten Lebak, Provinsi Banten. Jarak dari Kecamatan Rangkasbitung (ibu kota Kabupaten Lebak) menuju Desa Kanekes adalah sekitar 50 km. Untuk mengetahui letak Desa Kanekes secara spasial, dapat dilihat pada gambar 1.

Penelitian ini dilakukan untuk menggali desain dan spesifikasi teknis peta desa untuk desa adat sebagai justifikasi yang bisa digunakan untuk mendukung secara teknis peraturan yang ada saat ini. Dalam peraturan tersebut, karakteristik desa yang sudah terakomodir masih bersifat umum yaitu hanya berdasarkan klasifikasi luas desa. Belum ada pengelompokan karakteristik yang lebih khusus misalnya untuk desa adat. Padahal desa adat secara prinsip memiliki keunikan tertentu yang mungkin berbeda satu desa dengan desa yang lain. Sebagai parameter tercapainya tujuan penelitian tentang peta Desa Kanekes, dirumuskan sebuah pertanyaan

penelitian yaitu apakah desain peta desa yang ada saat ini sudah aplikatif untuk karakteristik Desa Kanekes?



Gambar 1. Lokasi Desa Kanekes

Sumber: Penulis (2016)

Metodologi

Peralatan dan Instrumen Penelitian

Peralatan yang dgunakan dalam penelitian ini adalah personal komputer, kamera digital geotagging, dan telepon pintar, perekam suara, perangkat lunak SIG berbasis desktop, dan aplikasi perekaman data spasial berbasis Android. Sedangkan instrumen yang digunakan dalam penelitian adalah daftar pertanyaan wawancara dan peta kerja.

Data

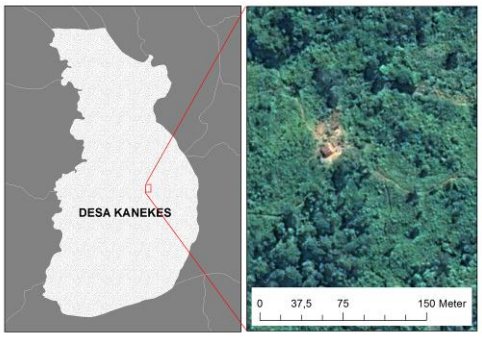
Peta RBI

Peta dasar berupa Peta RBI yang digunakan dalam penelitian yaitu Peta RBI Skala 1:25.000 pembuatan tahun 2000 dan hasil pemutakhirkan pada tahun 2014 sesuai indeks Peta RBI digital. Format data Peta RBI yang digunakan adalah dalam bentuk format digital (geodatabase dan shapefile) dengan tipologi titik (*point*), garis (*polyline*), dan area (*polygon*) yang mana tergolong jenis data vektor. Representasi dari obyek – obyek geografis dengan model data vektor adalah berdasarkan pada konsep bahwa obyek – obyek dapat diidentifikasi sebagai *discrete entities,* karena metode tersebut berdasarkan *object view of the real world* (Goodchild, 1992 dalam Fazal, 2008).

Citra Satelit Resolusi Tinggi

Data satelit merupakan gambar yang disajikan dalam monitor komputer berdasarkan jajaran piksel, atau *picture elements*, yang terdiri atas nomor-nomor digital. Komposisi citra berupa grid-grid piksel yang dikenal sebagai gambar raster (Departement of the Army, 2003). Metode raster didasari pada konsep bahwa obyek – obyek geografis direpresentasikan sebagai permukaan, wilayah, atau segmen karena metode tersebut berdasarkan *field view of the real world* (Goodchild, 1992 dalam Fazal, 2008). Citra satelit resolusi tinggi yang digunakan masih berupa citra dengan koreksi orto sistematis karena merupakan hasil orto menggunakan sistem dan belum dilakukan ortorektifikasi menggunakan *ground control point* (GCP). Jenis citra yang digunakan bersumber dari beberapa sensor optis yaitu Citra Pleiades (gambar 2) dan Citra Worldview 2 (gambar 3) hasil penyelenggaraan oleh BIG dan Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) pada tahun 2015.

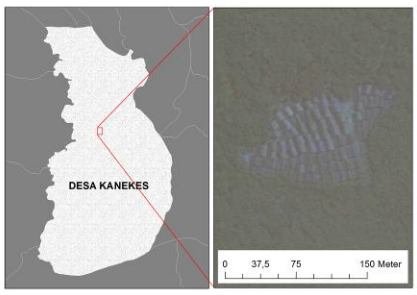
Pleiades dikembangkan dan diluncurkan oleh AIRBUS Defense and Space, Prancis (LAPAN, 2015). Pleiades memiliki resolusi spasial 0,5 m pakromatik dan 2m multispektral, dengan demikian jika citra satelit Pleiades dilakukan *pansharpening* menggunakan proses fusi antara citra pankromatik dan multispektral akan menghasilkan data yang sangat baik digunakan untuk analisis. Pleiades memiliki tingkat akurasi hingga 3 m tanpa GCP dan dengan GCP akurasinya hingga kurang dari 1 m (LAPAN, 2015a).



Gambar 2. Citra Pleiades hasil Pansharp

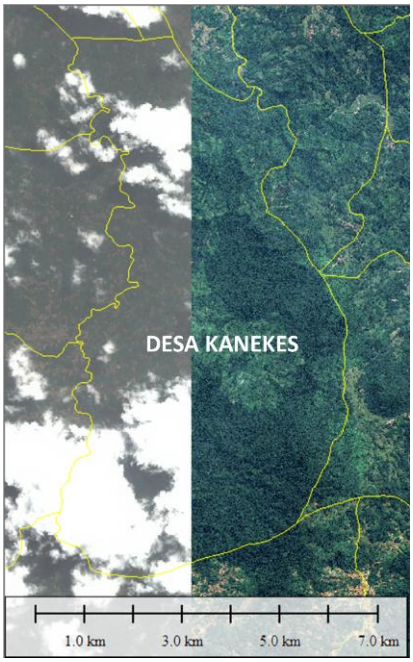
Sumber : LAPAN, 2015

Worldview merupakan satelit dari DigitalGlobe. Hingga saat ini DigitalGlobe telah meluncurkan Worldview-1, Worldview-2, Worldview-3, dan Worldview-4. Penelitian ini menggunakan data berupa citra dari satelit Worlview-2. Worldview-2 memiliki resolusi spasial 0.46m pankromatik dan 1.84 multispektral (LAPAN, 2015b). Citra satelit resolusi tinggi yang tersedia dalam beberapa scene, kemudian digabungkan (mosaic) menggunakan perangkat lunak SIG (gambar 4). Mosaik citra/*image mosaicing* melibatkan kombinasi spasial beberapa bagian citra yang saling bertampalan untuk menghasilkan citra dalam satu scene (Pratt, 2007).



Gambar 3. Citra Worldview 2 hasil Pansharp

Sumber : LAPAN, 2015

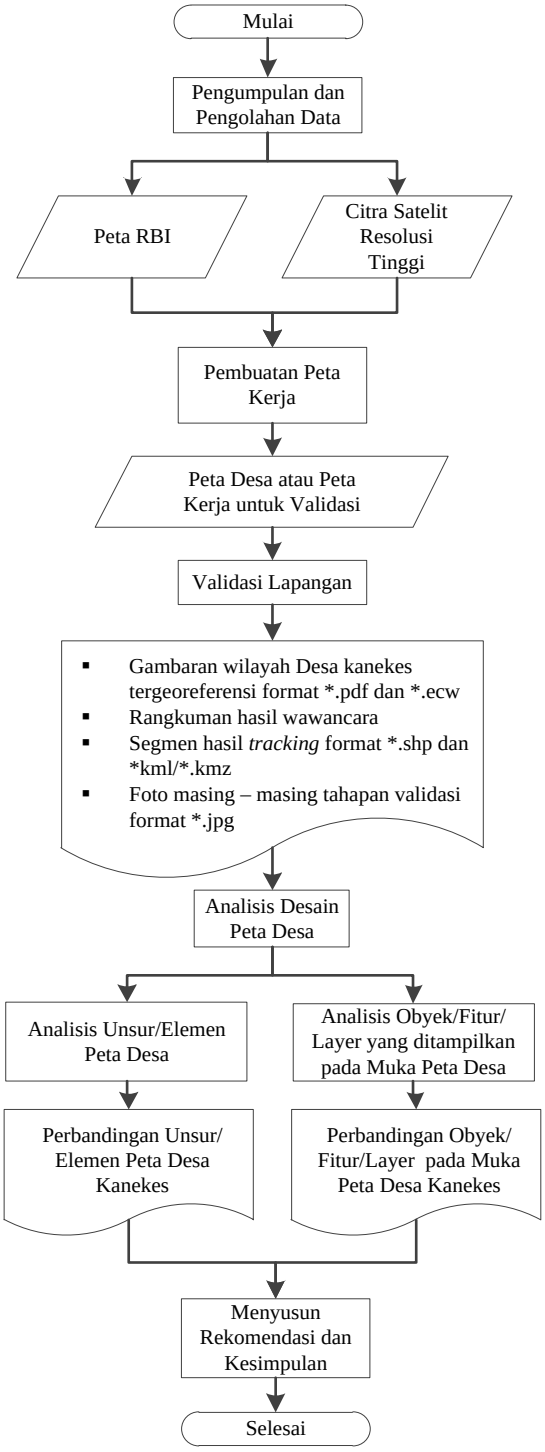


Gambar 4. Citra wilayah Desa Kanekes hasil mosaik terhadap 2 (dua) *scene* citra

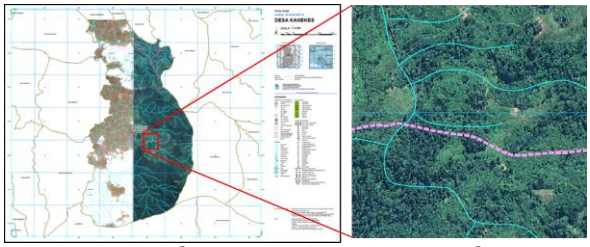
Peta Kerja untuk Validasi

Peta desa yang sudah dibuat berdasarkan spesifikasi teknis yang berlaku dijadikan sebagai peta kerja untuk menguji spesifikasi teknis yang ada. Peta kerja Peta kerja disajikan dalam beberapa tema yaitu peta citra (gambar 6), peta penutup lahan & penggunaan lahan (gambar 7), dan peta sarana & prasarana (gambar 8).

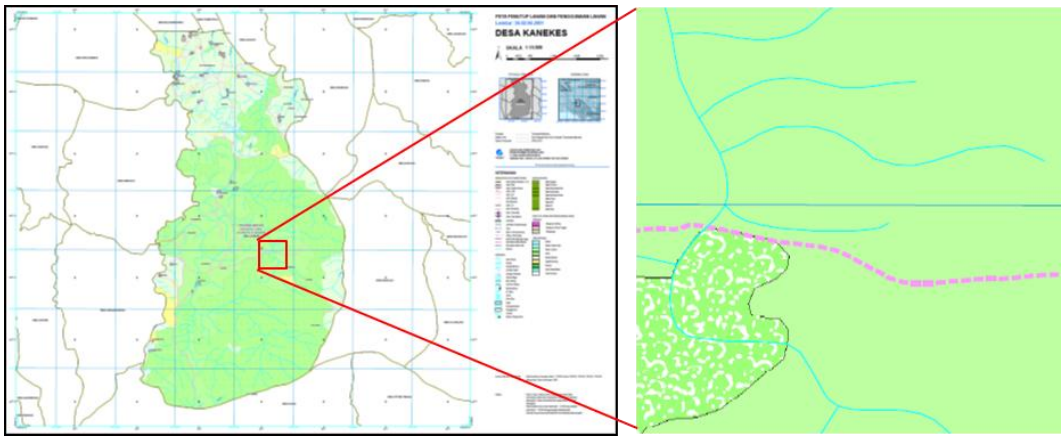
Beberapa tema tersebut disajikan dalam dua jenis skala pada kertas ukuran A0 yaitu Skala 1:15.000 dimana seluruh wilayah desa digambarkan pada satu lembar peta atau *area-wise* dan Skala 1:10.000 dimana wilayah desa digambarkan pada dua lembar peta atau *sheet-wise* (gambar 10). Validasi lapangan bertujuan untuk menguji peta desa yang telah dibuat dalam beberapa desain tema dan skala. Desain mana yang dibutuhkan oleh masyarakat khususnya masyarakat adat. Informasi Hasil Validasi Lapangan Salah satu data yang digunakan untuk analisis adalah gambaran wilayah Desa Kanekes (gambar 10) yang dibuat oleh Penulis Buku Saba Baduy yaitu Erwinantu pada tahun 2012. Dalam gambaran wilayah tersebut tidak terdapat informasi skala sehingga menyulitkan pembaca. Pada prinsipnya, peta adalah model skalatis dari bumi. Obyek - obyek bumi diperkecil dengan bilangan konstan tertentu dan skala peta memberikan informasi kepada kita berapa perbandingan antara kondisi nyata dengan yang ada di peta (Environmental System Research Institute, 1996).



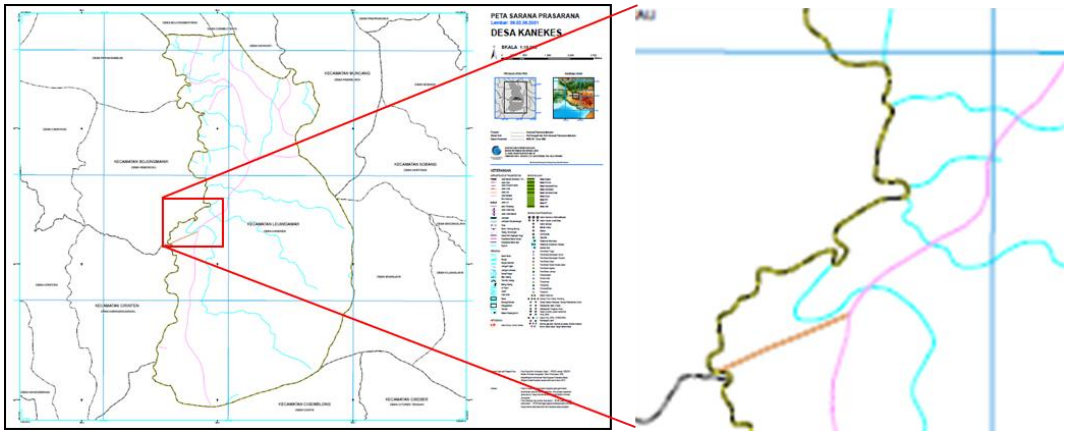
Gambar 5. Diagram alir penelitian



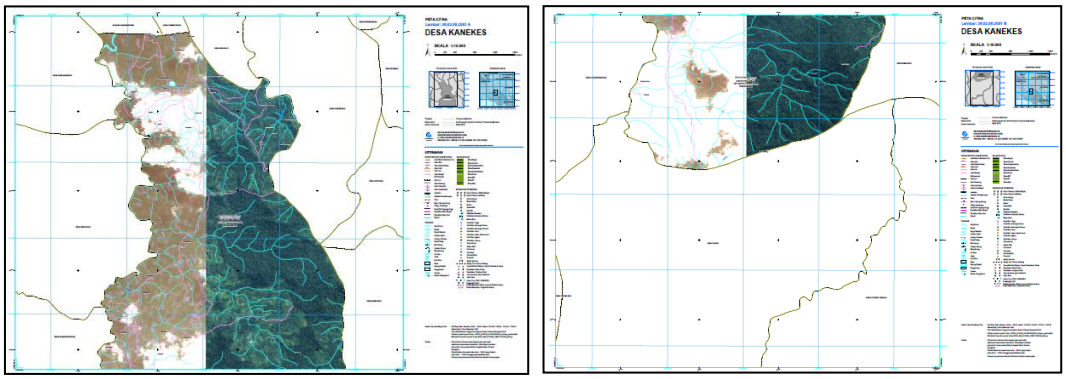
Gambar 6. Peta Citra Desa Kanekes



Gambar 7. Peta Penutup Lahan & Penggunaan Lahan Desa Kanekes



Gambar 8. Peta Sarana & Prasarana Desa Kanekes



Gambar 9. Peta Citra Desa Kanekes Skala (*sheet-wise*), lembar 1 (kiri) dan lembar 2 (kanan)

Metode Validasi

Validasi pertama adalah wawancara kepada responden di Desa Kanekes. Dari hasil wawancara, diketahui bahwa desa Kanekes telah memiliki gambaran desa (gambar 10) yang dibuat oleh Erwinantu sebagai bagian dari Saba Baduy. Peta tersebut hingga saat ini menjadi satu-satunya peta yang dimiliki dan diakui bermanfaat dalam pembuatan kebijakan.

Selanjutnya, metode penelusuran/*tracking* jalan kaki menggunakan teknologi *Global Navigation Satellite System* yang terpasang pada telepon pintar dan dilakukan di beberapa lokasi di desa Kanekes dengan acuan peta desa dan gambaran Desa Kanekes buatan Erwinantu. Penelusuran tidak dilakukan di seluruh desa Kanekes melainkan hanya di sebagian kecil wilayah Baduy Luar. Hal ini dikarenakan salah satu peraturan desa yang paling ketat adalah pelarangan penggunaan kendaraan bermotor, serta listrik di seluruh wilayah Desa Kanekes. Pelarangan penggunaan listrik juga mengakibatkan pemerintah Desa Kanekes membangun kantor desa di wilayah Desa Bojongmenteng untuk menunjang kebutuhan aparat desa dalam melaksanakan tugasnya.

Validasi terakhir dilakukan dengan menggabungkan data digital yang telah diperoleh menggunakan perangkat lunak SIG. Dilakukan uji keakuratan peta desa yang diperoleh dari aparat desa dengan metode *Image to Image Rectification* dengan acuan citra satelit dan data peta RBI skala 1:25.000



Gambar 10. Gambaran Wilayah Desa Kanekes

Sumber: Erwinantu (2012)

Desain Peta Desa

Desain peta merupakan urusan yang rumit melibatkan banyak keputusan yang mana setiap keputusan mempengaruhi yang lainnya (Dent, 1999). Sebagian besar peta tematik memuat beberapa unsur/elemen peta yaitu judul, legenda, skala, riwayat/sumber, area yang dipetakan, gratikul, batas muka peta, simbol dan nama tempat. Di Indonesia, Peta Desa tergolong dalam jenis peta tematik sehingga desain peta desa pada prinsipnya disesuaikan dengan konsep dasar peta desa itu sendiri. Tema peta desa juga mempengaruhi desain petanya. Dalam pembahasan pada artikel ini, disajikan analisis desain peta desa adat dengan studi kasus Desa Kanekes sesuai dengan perbandingan teoritis, legal dan sintesis hasil validasi lapangan.

Analisis Unsur/Elemen Peta Desa

Dalam melakukan analisis elemen peta, penulis menggunakan acuan Unsur/elemen khas pada peta menurut Dent (1999). Kemudian beberapa peta desa dibandingkan menggunakan acuan tersebut.

Tabel 1. Perbandingan unsur/elemen Peta Desa Kanekes

Nama elemen	Sesuai Spesifikasi	Gambaran wilayah (Erwinantu)
Judul	v	v
Legenda	v	-
Skala	v	-
Riwayat	v	v
Wilayah yang dipetakan	v	v
Gratikul	v	-

Hasil dan Pembahasan

Nama elemen	Sesuai Spesifikasi	Gambaran wilayah (Erwinantu)
Borders and neatlines	v	-
Simbol	v	v
Nama tempat	v	v

Gambaran wilayah Desa Kanekes yang hingga saat ini di jadikan sebagai acuan Desa Kanekes ternyata belum dapat dikategorikan sebagai peta. Oleh karena itu, perlu dilakukan penyempurnaan sesuai kaidan terhadap gambaran wilayah Desa Kanekes tersebut.

Perbandingan Obyek/Fitur yang ditampilkan dalam muka peta

Pemilihan obyek yang seharusnya ditampilkan pada Peta Desa Kanekes dipengaruhi oleh tema yang menjadi acuan. Harapannya, masyarakat setempat dapat memahami maksud dari peta yang mereka lihat. MacEachren (1995) mengatakan bahwa kartografi merupakan proses komunikasi. Ada informasi, pengirim informasi dan penerima informasi (lihat skema pada gambar 11).



Gambar 11. Kartografi sebagai proses komunikasi

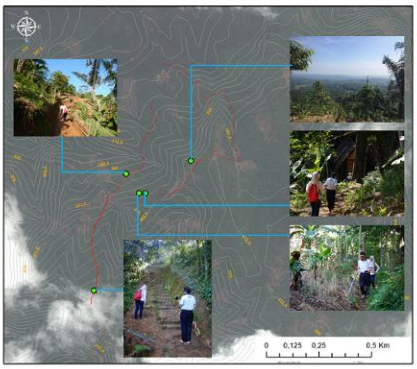
Sumber : MacEachren (1995)

Tabel 2. Perbandingan obyek/fitur tertentu Peta Desa Kanekes

Obyek/Fitur	Sesuai Spesifikasi	Gambaran wilayah (Erwinantu)

Obyek/Fitur	Sesuai Spesifikasi	Gambaran wilayah (Erwinantu)
Jalan	v	v
Sungai	v	v
Kontur/Ketinggian	-	-
Batas Wilayah	v	v
Nama kampung	v	v
Penggunaan lahan	v	v

Pemilihan obyek yang akan ditampilkan harus berdasarkan pada kebutuhan pengguna. Di sini peran kartografi tematik sangat penting agar tercipta komunikasi yang baik (Ormeling, 2013). Berdasarkan hasil wawancara, obyek/fitur pada Peta Desa Kanekes yang paling utama adalah nama kampung karena untuk keperluan pencatatan kependudukan. Sedangkan berdasarkan hasil *tracking* di lapangan, data jalan dan ketinggian sangat diperlukan. Peta Desa Kanekes tanpa ditambah informasi ketinggian akan menyulitkan pengguna terutama masyarakat dari luar Desa Kanekes. Pada peta terlihat datar dan dekat, ternyata setelah ke lapangan, topografinya berbukit dengan medan yang hanya bisa dilalui dengan jalan kaki. Penjelasan tersebut diperkuat dengan gambar 13 yang menampilkan hasil *tracking*.



Gambar 13. Kondisi Lapangan

Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, diperoleh kesimpulan bahwa desain peta desa yang tersedia saat ini belum aplikatif untuk Desa Kanekes dalam hal obyek/fitur yang ditampilkan. Peta Desa Kanekes sesuai spesifikasi teknis belum menyajikan infotmasi ketinggian. Sedangkan dalam penyajian Peta Desa Kanekes, perlu ditampilkan informasi ketinggian (kontur) karena Desa Kanekes memiliki topografi berbukit. Selain itu, nama kampung juga menjadi obyek/fitur yang harus ditampilkan. Informasi nama kampung menjadi penting karena berkaitan dengan segala urusan adat dan pemerintahan. Selain itu, seharusnya seluruh wilayah Desa Kanekes digambarkan pada satu lembar peta atau *area-wise*. Perlu penyempurnaan gambaran Desa Kanekes yang dibuat Erwinantu meliputi pengkoreksian geometri, melengkapi elemen peta, dan menggunakan batas wilayah administrasi yang legal.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BIG, Kepala Desa Kanekes dan Kantor Pertanahan Kabupaten Lebak karena telah membantu dalam bentuk materi maupun informasi dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Anonim, 1996, *Introduction to Map Design*. Environmental System Research Institute, Inc: Canada.

ASTRIUM, 2012, *Pléiades Imagery User Guide*. French Space Agency, CNES : Perancis.

Dent, Norden D., 1999, *Carthography: Thematic Map Design*, Fifth Edition, WCB McGraw Hill, Boston, MA.

Departement of the Army, 2003, *Remote Sensing, Engineer Manual No. 1110-2-2907*, US Army Corps of Engineers: Washington DC.

Erwinantu, 2012, *Saba Baduy: Sebuah Perjalanan Wisata Baduy Inspiratif*, PT Gramedia Pustaaka Utama, Jakarta

Fazal, Shahab, 2008, *GIS Basics*, New Age International Publishers, New Delhi.

LAPAN, 2015a, "*Spesifikasi Citra Satelit Pleaides"*, http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-Pleiades.pdf. (akses tgl. 6 Oktober 2016).

LAPAN, 2015b, *"Spesifikasi Citra Satelit Worldview-2"*,http://pusfatekgan.lapan.go.id/wp-content/uploads/2015/02/Informasi-Satelit-WV2.pdf. (akses tgl. 6 Oktober 2016).

MacEachren, Alan M., 1995, *How Maps Work: Representation, Visualization, and Design*, The Guilford Press, New York.

Ormeling, Ferjan, 2013, *Kartografi Tematik: Aspek Sosial dan Ekonomi*, Penerj. Martono, Agus Dwi, Ombak Dua, Yogyakarta.

Pratt, William K., 2007, *Digital Image Processing: PIKS Scientific Inside*, John Wiley & Sons Inc, Canada.

Wang, X., Yu, Z., Cinderby, S., Forrester, J., 2008, "Enhancing participation: Experiences of participatory geographic information system in Shanxi province, China", *Applied Geography*, 28 (2008), 96-109.

Optimalisasi Jumlah Penggunaan Titik Kontrol Tanah Untuk Proses Koreksi Geometri Citra Satelit *Worldview-2* Pada Daerah Datar

Jali Octariady, Annisa Fitria, Diaz Cahya Kusuma Yuwana, Rofiatul Ainiyah

[a,] Badan Informasi Geospasial (Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim) (jali.octariady@big.go.id)

ABSTRACT

The interest in high resolution satellite imagery increase rapidly, both in commercial and educational sectors. One of the reason is the inability of high resolution satellite imagery such as QuickBird, Worldview2, GeoEye, and Pleiades for use in the manufacture of large-scale maps. Another application is for topographic large-scale map updates, for identification of administrative boundaries, for medium-scale land activities, and other activities. Before used for various purposes, satellite images need to be corrected because raw satellite image data is still seized a lot of mistakes. The mistakes covered by high resolution satellite imagery such errors due to variations speed of the platform, variations platform height, the distortion of the lens, the rotation of the earth and the height of the object on the earth's surface. Geometry correction with orthorectification process needs to be done to eliminate various errors contained in the raw satellite imagery. Digital Elevation Model (DEM) and ground control points (GCP) is required for orthorectification process. How to configure and how much optimal GCP needed for a particular flat area is not known. This study was conducted to determine the optimal conditions from various number of GCP configuration used in orthorectification process. Worldview-2 satellite imagery used with a spatial resolution of 0.5m. Number of control points used were 40 points consisting of 19 GCP and 21 Independence Check Point (ICP). TerraSAR-X DEM is used with a spatial resolution of 9m. Orthorectification done using rigorous methods with various conditions GCP. Evaluation is done on the accuracy of image that has been corrected to check how big the influence of various conditions GCP. The evaluation results indicate that the accuracy of optimal conditions have been met with little number of GCP.

Keywords : Geometric Correction, Ground Control Point, Optimal, Flat Area

Pendahuluan

Ketertarikan pada citra satelit resolusi tinggi meningkat dengan cepat, baik pada bidang komersial maupun pendidikan. Salah satu penyebabnya adalah mampunya citra satelit resolusi tinggi seperti Quickbird, Worldview2, GeoEye, dan Pleiades untuk digunakan pada pembuatan peta skala besar. Aplikasi lainnya adalah update peta topografi skala besar, identifikasi batas administrasi, kegiatan pertanahan skala menengah, dan kegiatan lainnya.

Sebelum digunakan untuk berbagai keperluan, citra satelit perlu dikoreksi terlebih dahulu karena citra satelit yang masih raw data masih dihinggapi banyak kesalahan. Kesalahan-kesalahan yang dilingkupi citra satelit resolusi tinggi diantaranya kesalahan dikarenakan variasi kecepatan platform, variasi ketinggian platform, adanya distorsi lensa, adanya rotasi bumi dan adanya ketinggian pada objek di permukaan bumi. Berbagai jenis kesalahan yang terjadi pada citra satelit bisa dikoreksi dengan melakukan rektifikasi citra. Kesalahan dikarenakan objek dipermukaan bumi memiliki ketinggian tidak bisa dikoreksi dengan melakukan rektifikasi citra, sehingga perlu dilakukan ortorektifikasi citra. Ortorektifikasi citra dilakukan dengan menggunakan data Digital Elevation Model (DEM) dan titik kontrol tanah (TKT).

TKT yang digunakan untuk proses ortorektifikasi citra dapat dihasilkan dari beberapa sumber diantaranya, dari hasil pengukuran GPS, dari citra atau foto yang telah terregistrasi, dan dari peta yang memiliki skala yang lebih besar. Semakin teliti TKT yang digunakan maka akan semakin baik pula citra terortorektifikasi yang dilakukan (Lee, dkk., 2008)

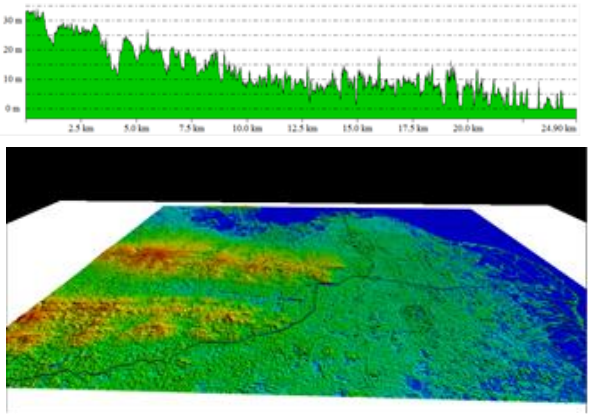
Penggunaan 4TKT pada proses ortorektifikasi citra Cartography Satellite – 1 (CARTOSAT-1) untuk daerah Francis menghasilkan ketelitian horisontal sebesar 10,74m untuk X dan 2,98m

untuk Y. Penambahan TKT menjadi 9TKT meningkatnya ketelitian horisontal menjadi 5,22m untuk X dan 1,84m untuk Y (Murthy, dkk., 2008). Pada proses ortorektifikasi citra Quickbird daerah Kaliurang menggunakan 6TKT dan 10TKT menghasilkan perbedaan ketelitian sebesar 23cm (Octariady, 2013). Perbedaan ketelitian citra yang terortorektifikasi juga terjadi pada citra daerah El Paso. Penggunaan 10 TKT mengakibatkan kenaikan ketelitian horisontal sebesar 30cm dibandingkan dengan ketelitian horisontal yang didapatkan dari penggunaan 6TKT (Toutin dan Cheng, 2002).

Penggunaan 10TKT dan 22TKT dalam pembuatan citra yang terortorektifikasi menggunakan citra satelit Quickbird untuk sebagian daerah Indonesia tidak mengubah ketelitian citra yang terortorektifikasi secara signifikan, perbedaan hasil ukuran yang terjadi hanya berkisar 2-3cm (Leksono dan Susilowati, 2008). Hal yang sama terjadi pada citra yang terortorektifikasi pada daerah Palermo yang dibuat dengan menggunakan citra IKONOS dan tiga kondisi jumlah TKT. Jumlah TKT yang digunakan adalah 39, 45, dan 55 TKT. Dari hasil evaluasi, didapatkan bahwa ketelitian horisontal dari masing-masing kondisi adalah 0,59m untuk 39TKT, 0,69m untuk 45TKT, dan 0,63m untuk 55TKT(Amato, dkk., 2004). Berapa jumlah TKT optimal yang diperlukan untuk menghasilkan suatu citra dengan skala tertentu (dalam hal ini yakni 1 : 5000)? Apakah penambahan TKT akan selalu mempengaruhi ketelitian citra terortorektifikasi yang dihasilkan? Jawaban dari beberapa pertanyaan tersebut belum diketahui dengan pasti dan penelitian ini dilakukan untuk mengetahui hal tersebut.

Metodologi

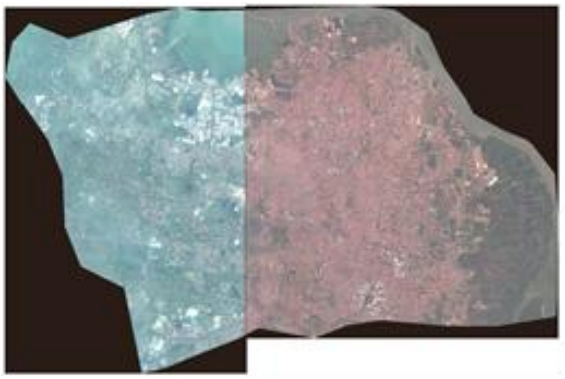
Penelitian ini dilakukan pada daerah Kota Surabaya dengan menggunakan 3 buah data, yakni Citra Satelit Worldview-2, *DEM Terrasar-X*, dan TKT. Kota Surabaya terletak di Jawa Timur, dengan topografi permukaan yang relatif datar. Gambar 1 menunjukkan penampang melintang dan kenampakan 3D permukaan bumi di Kota Surabaya berdasarkan *DEM Terrasar X*.



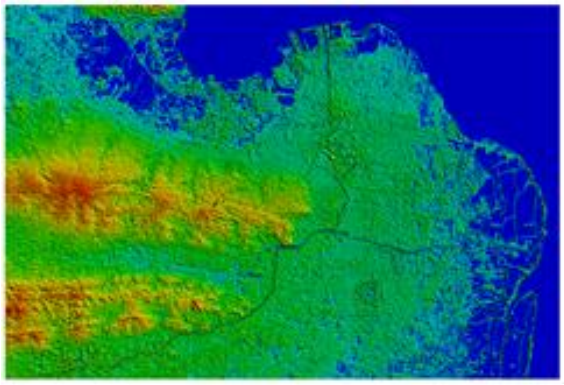
Gambar 1. Penampang melintang dan Kenampakan 3D DEM daerah Kota Surabaya

Citra Satelit Worldview-2 yang digunakan memiliki resolusi spasial 0.5m hasil perekaman pada Juni 2012. Sebanyak 2 scene citra Worldview-2 digunakan untuk mengcover daerah Kota Surabaya. Luas Area Kota Surabaya yang tercakup oleh citra ini secara menyeluruh adalah ±396.63km^2. Gambar 2 menunjukkan kenampakan Kota Surabaya pada citra Worldview-2.

Gambar 2. Citra Worldview-2 daerah Kota Surabaya



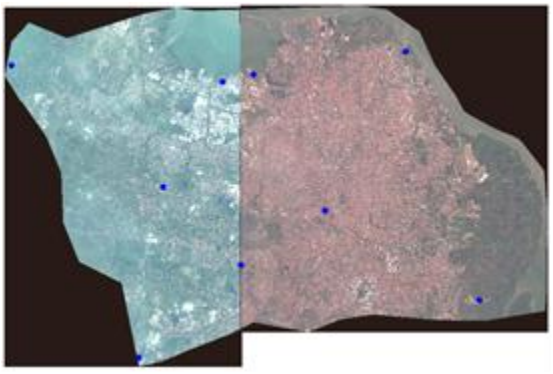
DEM Terrasar X dihasilkan dari Satelit *Terrasar Tandem* pada saluran X, Tipe akuisisi dari Satelit ini adalah tipe repeat pass dimana satelit yang lain dengan antena berbeda mengikuti satelit yang lebih awal melaju dengan selang waktu yang tidak berjauhan. *DEM Terrasar-X* ini memiliki resolusi spasial 9m. Gambar 3 menunjukkan kenampakan *DEM Terrasar-X* untuk daerah Kota Surabaya.

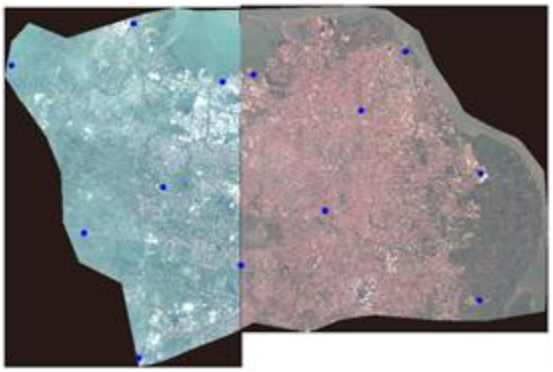


Gambar 3. Kenampakan DEM Terrasar X 9m pada daerah Kota Surabaya

Titik kontrol tanah yang digunakan dihasilkan dari pengukuran GPS Geodetic metode static dengan ketelitian fraksi mm. Proses pengukuran titik kontrol tanah dilakukan pada tanggal 17-24 Agustus 2015. Objek-objek yang dipilih sebagai TKT adalah objek-objek yang sesuai dengan kriteria yang diberikan oleh BIG diantaranya berada di permukaan tanah, bukan merupakan bayangan, dapat diidentifikasi secara jelas di citra dan di lapangan, serta merupakan objek yang jelas dan tegas.

TKT yang dihasilkan menyebar di seluruh cakupan citra sehingga dapat merepresentasikan posisi yang ada pada daerah di dalam citra secara keseluruhan. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan 4 kondisi TKT, yakni 9,11,13 dan 19 TKT. Masing-masing TKT disebar di seluruh cakupan citra. Gambar 4 menunjukkan sebaran dari masing-masing TKT yang digunakan pada setiap kondisi.





Gambar 4. Berbagai pola sebaran TKT yang diterapkan pada penelitian ini

Metode ortorektifikasi yang digunakan pada penelitian ini adalah metode *Rigorous* model. Metode ini hanya bisa dilakukan apabila data mengenai sensor satelit dan data ephemeris satelit tersedia.

Setelah proses ortorektifikasi Perhitungan ketelitian dilakukan untuk mengetahui besarnya ketelitian dari citra terortorektifikasi yang dihasilkan. Perhitungan ketelitian dilakukan berdasarkan nilai *RMSE* dan ketelitian. Perhitungan besarnya ketelitian dilakukan pada rentang kepercayaan 90% mengacu pada standar NMAS. Rumus untuk perhitungan *RMSE* ditampilkan pada persamaan 1 (FGDC, 1998), sedangkan rumus untuk mencari ketelitian disajikan pada persamaan 2 (FGDC, 1998).

$$RMSE_{hz} = \sqrt{\frac{\sum(HXlapangan\_i - HXcitra\_i)^2 + (HYlapangan\_i - HYcitra\_i)^2}{n_{uji}}} \quad (1)$$

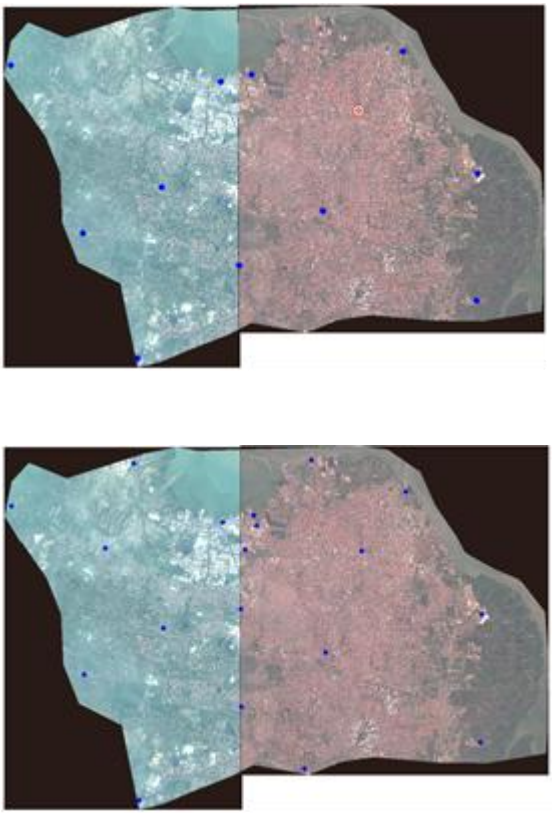
HXlapangan_i = Nilai koordinat X titik ke i hasil ukuran lapangan dalam satuan meter.

HXcitra_i = Nilai koordinat X titik ke i pada citra yang diuji dalam satuan meter.

HYlapangan_i = Nilai koordinat Y titik ke i hasil ukuran lapangan dalam satuan meter.

HYcitra_i = Nilai koordinat Y titik ke i pada citra yang diuji dalam satuan meter.

n_{uii} = jumlah titik uji



Ketelitian = 1,51750 * $RMSE_{hz}$ (2)

Mengacu pada Peraturan Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 14 tahun 2013 mengenai Norma, Standar, Prosedur, dan Kriteria Pemutahiran Informasi Geospasial Dasar, syarat ketelitian horisontal citra yang terortorektifikasi dirumuskan dengan persamaan 3 (BIG, 2013):

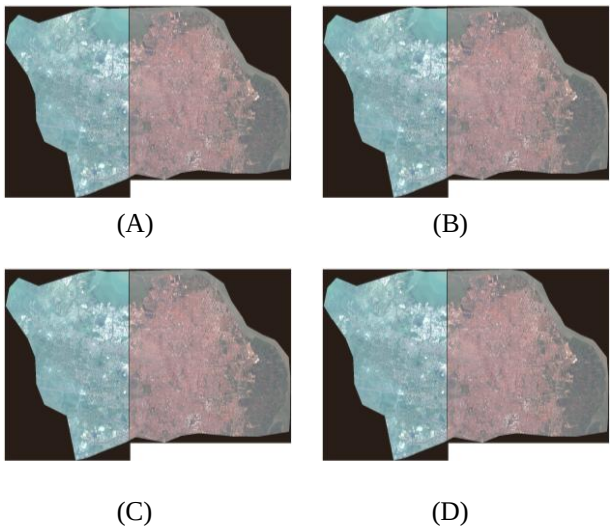
Ketelitian Horisontal = 0,5mm X skala peta (3)

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini di tunjukkan pada gambar 5. Berdasarkan hasil ortorektifikasi citra, maka dilakukan pengecekan ketelitian posisi dengan menggunakan 21 TU. Berdasarkan pada 21 TU tersebut maka diketahuilah nilai ketelitian dari masing-masing citra yang dihasilkan. Tabel 1 menunjukkan besarnya nilai RMSE dan ketelitian yang dihasilkan pada masing-maing citra.

Tabel 1. Tabel RMSE dan Ketelitian dari masing-masing citra terortorektifikasi

No	Kondisi	RMSE	Ketelitian
1	9 TKT	1.0113	1.5346
2	11 TKT	0.9978	1.5141
3	13 TKT	1.0042	1.5239
4	19 TKT	0.9932	1.5072



(A) (B) (C) (D)

Gambar 5. Hasil citra terortorektifikasi (a) 9 TKT, (b) 11 TKT, (c) 13 TKT, (d) 19 TKT

Mengacu pada standar BIG, rentang kesalahan untuk pemetaan skala 1 : 5000 kelas III adalah 2.5m. Berdasarkan pada tabel 1, ketelitian dari masing-masing citra berada pada kisaran 1.5m sehingga secara keseluruhan citra terortorektifikasi yang dihasilkan pada penelitian ini dapat digunakan untuk pemetaan skala 1 : 5000 kelas III.

Berdasarkan tabel 1, nilai RMSE dan Ketelitian tidak berubah secara signifikan setiap kali penambahan TKT dilakukan. Hal ini menunjukkan bahwa saat kondisi minimum diterapkan yakni 9 TKT, kondisi optimal sudah dapat tercapai sehingga saat dilakukan penambahan TKT hal tersebut tidak akan berpengaruh secara signifikan. Dengan kata lain, proses ortorektifikasi citra dengan menggunakan 9 TKT sudah cukup untuk menghasilkan citra terortorektifikasi yang teliti untuk daerah Kota Surabaya. Hal ini disebabkan oleh 2 hal yakni kondisi permukaan bumi dan kualitas TKT.

Kota Surabaya adalah daerah dengan permukaan bumi yang relatif datar. Terlihat dari range perbedaan tinggi yang sangat kecil yakni dari 0 – 35m di atas permukaan rata-rata air laut. Kondisi permukaan yang datar mengakibatkan tidak terlalu besarnya kesalahan yang dikandung citra diakibatkan oleh adanya variasi permukaan. Maka dari itu, khusus untuk daerah yang memiliki permukaan datar, penggunaan TKT yang sedikit sudah cukup untuk mendapatkan data dengan ketelitian tinggi.

Adanya penambahan TKT akan mengakibatkan tarikan-tarikan pada citra mengikuti posisi TKT. Saat dilakukan penambahan TKT, namun tidak mengakibatkan perubahan atau tarikan yang berarti hal ini menadakan bahwa posisi yang disajikan sebelum dilakukan penambahan TKT itu sudah baik (kualitas baik). Baik tidaknya kualitas TKT dipengaruhi oleh keseusaian antara objek yang di ukur di lapangan dengan marking pada citra. Maka dari itu objek-objek yang dijadikan sebagai TKT haruslah objek yang tajam dan mudah di identifikasi di citra dan di lapangan.

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, diketahui bahwa untuk daerah yang datar seperti Kota Surabaya, TKT yang dibutuhkan cukup sedikit saja (minimum, 5 titik dalam 1 scene). Penambahan TKT menjadi 11, 13, dan 19 tidak secara signifikan merubah ketelitian citra terortorektifikasi yang dihasilkan.

Saran

Dibutuhkan suatu penelitian lebih lanjut yang mengkaji bagaimana pengaruh penambahan TKT pada proses koreksi geometris citra pada daerah miring dan bergelombang.

Pemilihan TKT merupakan aspek yang paling penting, objek yang dipilih sebagai TKT adalah objek yang benar-benar bisa di identifikasi dengan baik di citra dan di lapangan sehingga tidak terjadi kesalahan marking antara di lapangan dan di citra.

Daftar Pustaka

Aguilar, M. A., Saldana, M. d. M. dan Aguilar, F. J. 2012. Assessing Geometric Accuracy of the Orthorectification Process from GeoEye-1 and WorldView-2 Panchromatic Images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21**,** 427–435.

Amato, R., Dardanelli, G., Emmolo, D., Franco, V., Lo, B. M., Midulla, P., Orlando, P. dan Villa, B. 2004. Digital Orthophotos at A Scale Of 1:5000 From High Resolution Satellite Images. *XXth ISPRS Congress Technical Commission IV,* 35 Part B4**,** 593-598.

BIG 2013. Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 14 Tahun 2013 Tentang Norma, Standar, Prosedur, dan Kriteria Pemutakhiran Informasi Geospasial Dasar. *Cibinong*.

Chmiel, J., Kay, S. dan Spruyt, P. 2004. Orthorectification and Geometric Quality Assessment of Very High Spatial Resolution Satellite Imagery for Common Agricultural Policy Purposes. *XXth ISPRS Congress Technical Commission IV,* 35 Part B4**,** 1019-1024.

FGDC 1998. Geospatial Positioning Accuracy Standards. *National Standard for Spatial Data Accuracy*.

Lee, T., Jeong, J. H., Kim, T., Park, W. dan Albertz, J. 2008. Automated Update of Existing Ortho-Image Database and DEM Using High Resolution Satellite Images. *XXIst ISPRS Congress Technical Commission I,* 37 Part B1**,** 913-918.

Leksono, B. E. dan Susilowati, Y. 2008. The Accuracy Improvement of Spatial Data for Land Parcel and Buildings Taxation Objects by Using the Large Scale Ortho Image Data. *Integrating Generations FIG Working Week 2008*.

Murthy, Y. V. N. K., Rao, S. S., Rao, D. S. P. dan Jayaraman, V. 2008. Analysis of DEM Generated Using CARTOSAT-1 Stereo Data Over Mausanne Les Alpiles – Cartosat Scientific Appraisal Programme (CSAP TS – 5). *XXIst ISPRS Congress Technical Commission I,* 37 Part B1**,** 1343-1348.

Octariady, J. 2014. Ortorektifikasi Citra Quickbird Menggunakan Model Elevasi Digital Dengan Berbagai Ketelitian Dan Berbagai Jumlah Titik Kontrol Tanah. Master Degree, Universitas Gadjah Mada.

Toutin, T. dan Cheng, P. 2002. QuickBird – A Milestone for High Resolution Mapping. *Earth Observation Magazine,* 11 no 4**,** 14-18.

Pemanfaatan Teknologi GPS *Tracking* Secara *Online* untuk Pemantau Pergerakan Truk Sampah di Kota Palangka Raya

Muhammad Alfath, ST.,MT[a], Muhammad Neng Gazali[b]

[a,] Kepala Seksi Pengelolaan Sampah di Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Kota Palangka Raya (alfathhatma@gmail.com)

[b,] Pelaksana Teknis di Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Kota Palangka Raya (gazaline@gmail.com)

ABSTRACT

Trash is another common problem faced by every developed and developing cities in the world, especially in Indonesia. Urban waste management problem as an issue that always haunt the government stakeholders in urban areas. With the increasing urban population, the problem of waste will be increasing. Palangkaraya as one of the cities that are currently being developed are also not immune from the problem of garbage. With a population of nearly 239 820 inhabitants, the problem of waste into one bogey that are constantly in the spotlight. Coupled with the limited facilities and infrastructure in particular waste transportation causes the garbage problem in the city is increasingly complex.

One of the activities that waste management is crucial problem of transporting waste management. Some of the problems that often occur in the implementation of transporting waste one of them is the frequent occurrence of these violations and violations haul trash collection schedule by the team transporter. These things generally cause the effectiveness and efficiency of the waste management system becomes impaired. For example, the offense committed by the driver impact on the implementation of the transport schedules that is longer than a predetermined time so that the impact on the rhythm of the team working on a specific pathway and further impact on the emergence of complaints from the public.

Monitoring trucks used by Waste Division on Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Palangka Raya City is an effort by the local government to improve the waste management systems in particular the supervision of waste transportation in Palangka Raya City is still not optimal. Improvement of the system in this case related in terms of efficiency and effectiveness in the management of the waste transportation based on GPS Tracking technology, especially information online. With the real-time surveillance system is expected management of waste management in Palangka Raya city can be more effective and efficient so the impact on performance improvement of waste management in the future.

Keywords : *waste transportation, waste management, GPS Tracking*

I. Pendahuluan

Sampah merupakan permasalahan yang umum dihadapi oleh setiap kota maju maupun berkembang yang ada di dunia terutama di Indonesia. Masalah pengelolaan sampah perkotaan seolah merupakan masalah yang selalu menghantui para pemangku pemerintahan di wilayah perkotaan. Dengan semakin meningkatnya jumlah penduduk perkotaan, maka masalah persampahanpun akan turut meningkat. Karena tidak dapat dipungkiri setiap orang memang sudah pasti akan menghasilkan sampah setiap harinya. Jika hal ini tidak dapat dikelola dengan baik, maka dapat dipastikan sampah akan selalu menumpuk dan menyebabkan masalah lain yang lebih berbahaya seperti munculnya berbagai sumber penyakit.

Tabel 1. Jumlah dan Kepadatan Penduduk Tahun 2014

No.	Kecamatan	Penduduk Tahun 2014	
		Jumlah (Jiwa)	Kepadatan (Jiwa/Ha)
1	Pahandut	84.094	63,23
2	Sabangau	15.581	35,01
3	Jekan Raya	124.772	53,28
4	Bukit Batu	12.322	23,97
5	Rakumpit	3.051	82,46
Jumlah		**239.820**	**69**

Sumber : Bappeda Kota Palangka Raya, 2015

Kota Palangka Raya sebagai salah satu kota yang saat ini sedang berkembang juga tidak lepas dari masalah

sampah tersebut. Dengan jumlah penduduk hampir mencapai 239.820 jiwa, masalah sampah menjadi salah satu momok yang senantiasa menjadi sorotan. Ditambah lagi dengan masih terbatasnya sarana dan prasarana penunjang khususnya angkutan sampah menyebabkan masalah sampah di kota ini semakin kompleks.

Dari data di bidang kebersihan diketahui bahwa timbulan sampah di Kota Palangka Raya mencapai 119.910 kg/hari atau sekitar 119,91 ton/hari. Seluruh timbulan sampah tersebut tentunya tidak dapat terlayani sepenuhnya oleh armada angkutan sampah yang dimiliki oleh Pemerintah Kota Palangka Raya karena dengan jumlah armada yang hanya sebanyak 21 buah kendaraan truk pengangkut.

Adapun kemampuan pelayanan angkutan sampah yang dapat dilakukan oleh tim pengangkutan sampah di Kota Palangka Raya setiap harinya hanya sekitar separuh dari total timbulan sampah yang ada, yaitu sekitar 57.000 kg/hari atau sekitar 57 ton/hari. Jumlah itupun terkadang masih sering tidak tercapai dikarenakan berbagai faktor/masalah, baik dari internal tim maupun eksternal. Sehingga agar masalah-masalah tersebut dapat diatasi diperlukan sebuah sistem yang komprehensif agar masalah dapat dipecahkan secara efektif dan efisien.

Selama ini tantangan utama yang dihadapi oleh Bidang Kebersihan adalah pengiriman / angkutan yang kurang efisien dalam pengelolaan sampah. Selain beberapa masalah utama yang dihadapi sebagaimana berikut ini :

a) *Tracking, monitoring*, perencanaan dan pengelolaan sumberdaya kendaraan kurang baik.
b) Tidak tersedianya visualisasi rute untuk perencanaan perjalanan kendaraan angkutan sampah berdasarkan rute terpendek.
c) Kesulitan dalam pelacakan kepatuhan terhadap jadwal dan rencana kerja.
d) Kesulitan dalam *monitoring status* TPS termasuk efektifitas penempatannya.
e) Tidak ada estimasi jumlah sampah yang ada di tempat pengumpulan dan penyebarannya.
f) Kesulitan untuk memantau jumlah pengangkutan aktual (yang sebenarnya) dari setiap TPS dan yang di buang ke TPA.
g) Kesulitan dalam mempersiapkan laporan status lokasi angkutan karena menggunakan proses manual dan memakan banyak waktu dan sumberdaya.

Penggunaan GPS *tracking* pada truk angkutan sampah bertujuan untuk meningkatkan sistem pengelolaan sampah di Kota Palangka Raya yang saat ini masih belum optimal. Peningkatan sistem ini terkait dalam hal efisiensi dan efektifitas dalam pengelolaan angkutan sampah dengan berbasis pada teknologi informasi. Adapun manfaat adanya sistem ini adalah :

a) Meningkatnya efektifitas dan efisiensi kegiatan pengelolaan angkutan sampah yang dilaksanakan oleh dinas.
b) Mendorong peningkatan kemampuan aparatur pemerintah dalam penggunaan teknologi berbasis IT dalam pelaksanaan tugas sehari-hari.
c) Mendorong terlaksananya sistem pengawasan internal yang efisien, cepat dan moderen.
d) Mendorong peningkatan kualitas pelayanan publik khususnya dalam hal pelayanan pengangkutan sampah di masyarakat.

II. Pelaksanaan

Untuk mewujudkan sistem pemantau angkutan secara *online* ini, tim melakukan beberapa tahapan. Tahapan-tahapan tersebut adalah :

a) Tahap pembentukan tim,
b) Tahap Pengadaan Komponen-Komponen Utama,
c) Tahap Perancangan dan Pembangunan Sistem *Monitoring,*
d) Tahap *Acceptance Test,*
e) Tahap Evaluasi Awal sistem,
f) Tahap *Final Acceptance Test,*
g) Tahap Implementasi Sistem,
h) Tahap SOP/*Workflow* Sistem Angkutan Sampah.

Adapun peralatan yang digunakan oleh tim untuk membangun sistem pemantau ini adalah sebagai berikut :

Tabel 2. Daftar Peralatan

No.	Nama Komponen	Jumlah Item
1.	**DATA BACKBONE**	
	▪ Instalasi Awal Indihome Fiber Optik	1 titik
	▪ Kartu Perdana	12 truk
	▪ Voucher Data Bulanan (12 truck)	6 bulan
2.	**DATA CENTER**	
	▪ Komputer Server	1 buah
	▪ Rack Server	1 buah
	▪ All in One PC	1 buah
	▪ Led TV	2 buah
3.	**GPS DEVICES**	

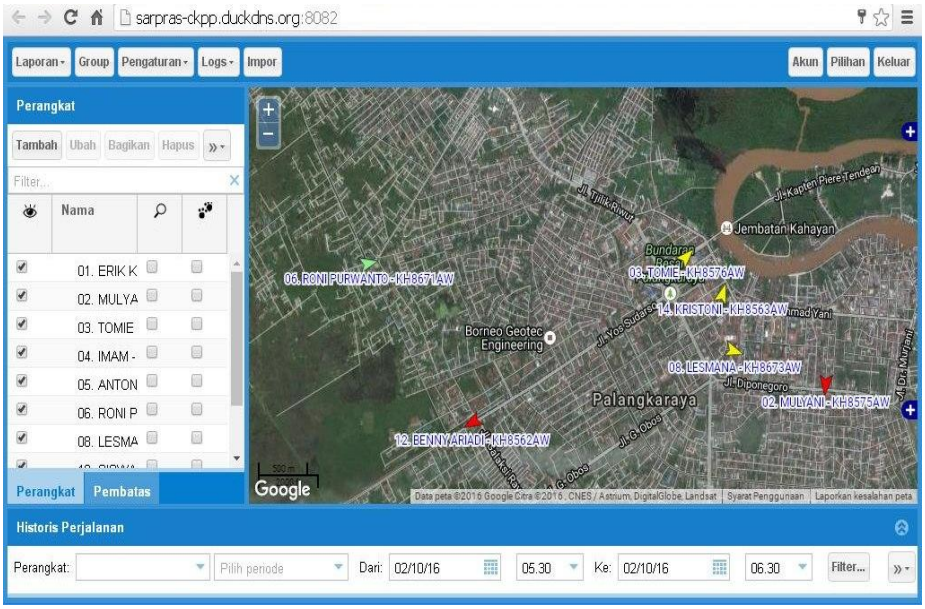
	▪ GPS Module GT06 ▪ Micro SD Card 8GB ▪ Accessories Module	12 buah 12 buah 12 buah

III. Hasil dan Pembahasan

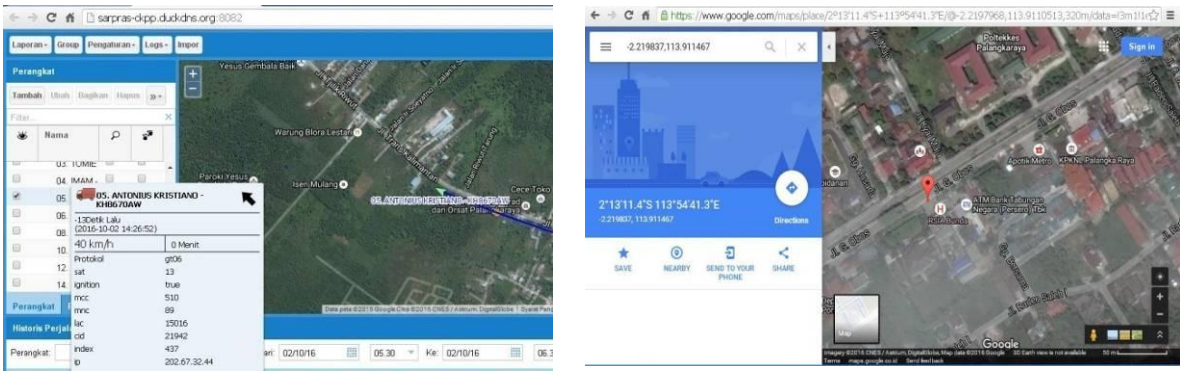
Secara umum sistem pemantau ini telah efektif dijalankan oleh tim Bidang Kebersihan Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Kota Palangka Raya sejak 3 (tiga) bulan lalu. Meskipun baru separuh dari angkutan yang telah terpasang oleh sistem pemantau GPS, namun sejauh ini banyak hal positif yang diperoleh oleh tim. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing modul dalam sistem ini.

3.1. Pemantau Pergerakan Truk Sampah

Modul ini adalah salah satu hal yang paling utama dari sistem yang dibangun. Adanya pemantau truk memungkinkan pengawasan terhadap truk dilakukan secara *online* dan *realtime*. Jika sebelumnya tim di dinas yang bertugas sering mengalami kesulitan dalam melakukan pergerakan truk, maka dengan sistem ini truk-truk sampah dapat terpantau dengan lebih efektif. Pemantauan dapat dilakukan melalui PC ataupun melalui *handphone*, sehingga dimanapun dan kapanpun setiap personil pengawas dapat melakukan pemantauan terhadap pergerakan truk sampah saat pelaksanaan pengangkutan.



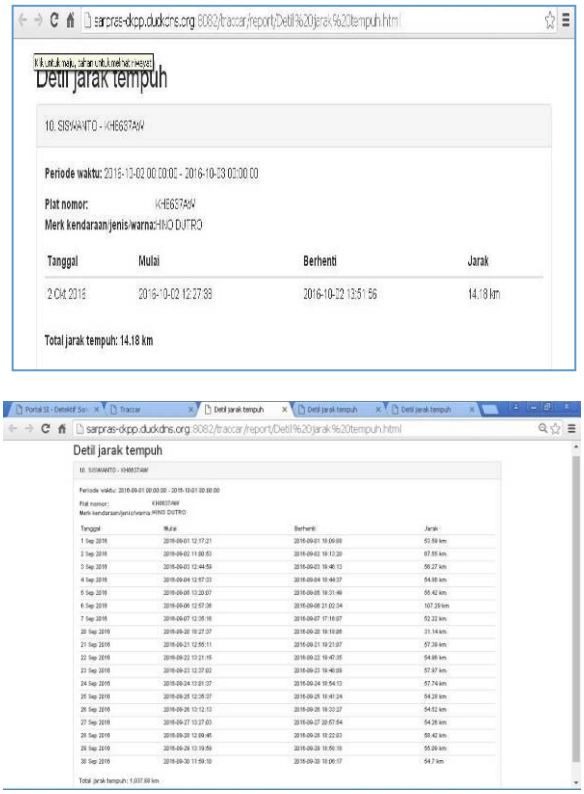
Gambar 1. Tampilan Menu Utama Pemantau Pergerakan Truk Sampah secara *online*



Gambar 2. Tampilan Beberapa Menu Pemantau untuk Jalur *Tracking* Truk Sampah

3.2. Report Jarak Tempuh dan Kecepatan Masing-Masing Truk

Modul pelaporan jarak tempuh ini merupakan sistem yang dibuat untuk memudahkan tim khususnya pihak Seksi Sarana dan Prasarana untuk melakukan kontrol terhadap jarak tempuh yang telah dilalui oleh masing-masing angkutan. Hal ini penting dalam rangka penjadwalan penggantian oli ataupun servis khusus lainnya terhadap masing-masing angkutan.



Gambar 3. Tampilan modul *Report* Jarak Tempuh Salah Satu Angkutan

Modul ini dapat menampilkan *report* jarak tempuh masing-masing kendaraan sesuai *range* waktu yang dibutuhkan oleh pembuat kebijakan, misalnya jarak tempuh dalam 1 (satu) hari, 1 (satu) minggu terakhir, ataupun 1 (satu) bulan terakhir.

3.3. Menganalisis Kebutuhan BBM Masing-Masing Truk Sesuai Jarak Tempuh

Keuntungan lain dari adanya modul ini adalah dengan adanya *record* data jarak tempuh masing-masing truk maka dapat dihitung kebutuhan BBM (Bahan Bakar Minyak) masing-masing truk. Jalur angkutan yang lebih panjang maka otomatis kebutuhan bahan bakarnyapun akan semakin besar, demikian sebaliknya.

Tabel 3. Contoh Analisis Data Jarak Tempuh Beberapa Truk yang Berdampak pada kebutuhan BBM nya

No Truk	Jarak Tempuh (1 bulan)	Kebutuhan BBM Sesuai Jarak Tempuh
03	649,85 km	81,231 liter
08	564,53 km	70,566 liter
10	1.037,68 km	129,71 liter

Catatan : Perhitungan 1 liter BBM digunakan untuk jarak tempuh ±8 km

Dengan adanya data analisis tersebut, tim di seksi pengelolaan sampah dapat menentukan jumlah konsumsi BBM yang harus diberikan dimasing-masing truk pada setiap jalur pengangkutan.

3.4. Kekurangan Sistem

Meski secara umum sistem yang dibuat telah cukup banyak memberi manfaat dalam pengelolaan angkutan sampah, namun ada beberapa hal yang menurut tim ada kekurangan. Berikut adalah beberapa kekurangan yang terdapat dalam sistem pemantau berbasis *GPS tracking* ini :

Tabel 4. Kekurangan Sistem Pemantau

No.	Kekurangan	Dampak
1.	Koneksi internet yang masih tidak stabil (masih bergantung dengan jaringan Telkom)	Sering tidak adanya koneksi internet, sehingga data yang diterima server tidak lengkap.
2.	Jam di sistem GPS masih GMT 0, seharusnya GMT +7	*Record* waktu tidak sesuai dengan waktu di wilayah Kota Palangka Raya, sehingga perlu penyesuaian
3.	Lokasi TPS masih belum muncul di sistem pemantau	Lokasi TPS tidak terlihat di peta utama
4.	Jalur angkut belum bisa dimasukkan	Jalur angkut yang sudah ditentukan Dinas tidak tampak dalam peta utama sistem

IV. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

- Pemantau truk angkutan sampah dengan menggunakan GPS *tracking* secara *online* ini pada umumnya dapat berjalan dengan baik dan sesuai harapan tim.
- Sistem pemantau berbasis *online* ini telah mampu meningkatkan mekanisme pengawasan armada reguler pengangkutan sampah yang ada di Kota Palangka Raya saat ini.

- Meskipun belum diterapkan diseluruh armada angkutan yang ada, namun manfaat dari penggunaan sistem ini telah dapat dirasakan oleh tim pengelolaan angkutan sampah, diantaranya report jarak tempuh untuk membantu pemeliharaan armada dan perhitungan BBM yang lebih efisien sesuai kebutuhan masing-masing kendaraan.

4.2. Saran

- Agar efektifitas dan efisien dapat terpenuhi secara menyeluruh, maka seluruh armada harus menerapkan sistem pemantau ini.
- Beberapa kekurangan sistem yang masih terjadi diharapkan dapat diselesaikan agar seluruh sistem ini dapat berjalan dengan baik.
- Penambahan beberapa modul pemantau dan analisis dipandang perlu untuk meningkatkan kemampuan sistem ini.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Panitia FIT-ISI dan CGISE 2016 yang telah memberikan kesempatan kepada Tim Kebersihan Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Kota Palangka Raya untuk ikut berbagi pengalaman dalam forum ini.

Terima kasih kepada Walikota Palangka Raya, Kepala Dinas Cipta Karya, Tata Ruang dan Perumahan Kota Palangka Raya dan seluruh tim yang telah membantu dalam membangun sistem pemantau angkutan sampah ini.

Daftar Pustaka

Pokja Sanitasi Kota Palangka Raya, 2014, *Buku Putih Sanitasi Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah*, Pemerintah Kota Palangka Raya.

Bappeda Kota Palangka Raya, 2015, *Buku Statistik Kota Palangka Raya*, Badan Perencanaan Pembangunan Daerah kota Palangka Raya bekerjasama dengan BPS Kota Palangka Raya, Kota Palangka Raya.

Estimasi Jelajah *Copter* dalam Pemotretan *Handly* untuk Pemetaan Kawasan Zona Inti Gumuk Pasir Parangtritis Menggunakan Pendekatan Teorema Pythagoras

Zheni Setyaningsih[a], Th. Retno Wulan[b], Farid Ibrahim[a], Mega Dharma Putra[a], Anggara Setyabawana Putra[a], Edwin Maulana[a], Dwi Sri Wahyuningsih[a], Tri Raharjo[a], Erwin Isna Megawati[a]

[a,] Parangtritis Geomaritime Science Park
[b,] Badan Informasi Geospasial

**Email Korespondensi: zhen.duck@gmail.com*

ABSTRACT

Beneficiaries of remote sensing technology is expanding rapidly. Utilization of remote sensing developed in various fields, such as in the mapping field. Currently, the use of unmanned aircraft is widely used to obtain imagery data. Remote sensing using unmanned aircraft has many advantages, such as on the cost, time, effort and data obtained more detail. The quality of the imagery depending on the unmanned aircraft fly altitude. The unmanned aircraft usage is sometimes constrained in determining the flying height to get a photo shoot with wide area that has been determined. The purpose of this study was to determine the distance on the assumption manual shooting for rapid mapping of the core zone area of Parangtritis Sand dune. The method using the Pythagoras theorem approach. The results showed that the aircraft's altitude point affects the distance roam. Optimal height to get the resolution is 55 meters high with a resolution of 0.02 meters. The maximum distance between the remote and the air is 870 meters. Based on the distance roam altitude and will be able to set the horizontal distance that can be tolerated to still get a good resolution while maintaining the security of air signal box.

Keywords: *remote sensing, resolution, vehicle roam, Pythagoras*

1. Pendahuluan

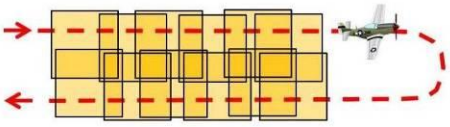
Penginderaan jauh *(Remote Sensing)* merupakan teknologi untuk memudahkan dalam pembuatan peta dan analisis suatu wilayah tanpa berhubungan langsung dengan objek yang akan diteliti (Suwargana, 2008). Teknologi penginderaan jauh dan pemanfaatannya kini berkembang dengan cepat. Perkembangan itu meliputi alat atau instrumen pengambilan data dan juga proses pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak komputer (Putra et. al., 2016). Pemanfaatan penginderaan jauh dapat digunakan di berbagai bidang, salah satunya di bidang pemetaan. Teknologi penginderaan jauh bidang pemetaan banyak memanfaatkan pesawat udara nirawak (PUNA) atau UAV untuk memperoleh sumber data pemetaan. Dalam melakukan pemetaan detail yang perlu diperhatikan adalah sumber data untuk analisis, yaitu resolusi spasial data citra ataupun foto udara (Maulana dan Wulan, 2015).

UAV memiliki beberapa kelebihan dibanding dengan teknologi pemetaan lainnya, yaitu murah, sederhana dan mudah dibawa berpindah-pindah (*mobile)* (Berteska dan Ruzgiene, 2013). Harga pesawat udara nirawak relative murah dan mudah didapat, adanya resolusi temporal (perulangan) sehingga dapat digunakan untuk keperluan monitoring suatu wilayah secara tepat waktu, pemotretan udara dengan pesawat nirawak menjadi lebih fleksibel sesuai kebutuhan, cakupannya yang luas mampu menjangkau daerah terpencil, bentuk datanya digital sehingga dapat digunakan untuk berbagai keperluan dan ditampilkan sesuai keinginan (Suwargana, 2008).

Prosedur pengoperasian sistem pesawat nir awak dapat dilakukan dengan dua acara yaitu manual (*manual flight)* dan otomatis *(automatic flight).* Prosedur manual (*manual flight)* merupakan prosedur penerbangan yang mengandalkan kemampuan kontrol pesawat oleh operator menggunakan remote. Prosedur manual biasanya digunakan pada pemotretan udara yang bersifat insidensial, dan sebagian besar merupaka foto condong, sehingga foto tidak dipergunakan sebagai kepentingan pemetaan, namun hanya untuk mendapatkan gambaran lokasi kajian. Misalkan, pemotretan udara untuk kejadian longsor, kejadian banjir genangan, kejadian banjir rob, maupun abrasi serta yang lainnya. Pemotretan longsor pada prosedur manual sangat menguntungkan bagi

operator, karena lokasi longsor pada umumnya merupan daerah dengan topografi curam, sehingga rosedur manual akan menghasilkan liputan foto udara yang dibutuhkan dengan manufer terbang menyesuaikan dengan topografi tersebut. Untuk pemotretan secara manual, harus memperhatikan efek *sidelap-overlap* foto udara. *Overlap* merupakan tumpang tindih foto, meliputi areal yang sama dalam satu jalur terbang, sedangkan *sidelap* adalah tumpang tindih antara foto-foto yang berdekatan dalam jalur penerbangan pararel (Philipson dan Philpot, 2012).

Prosedur otomatis *(automatic flight)* umumnya digunakan untuk monitoring kawasan yang bersifat terjadwal sehingga luasan area pemotretan selalu sama. *Automatic flight* merupakan prosedur pemotretan dengan menggunakan aplikasi pemotretan untuk membantu menentukan kawasan yang akan dipotret. Selain itu, pada aplikasi ini operator juga menentukan tinggi jelajah pesawat dan luas kawasan yang akan dipotret.



Gambar 1. Ilustrasi jalur terbang dengan sidelap dan overlap
Sumber: Niendyawati dan Artanto, 2014

Remote sebagai alat kontrol pesawat memungkinkan mengirimkan perintah pada perangkat pesawat yang dilengkapi dengan GPS, sehingga secara otomatis pesawat akan terbang melintasi jalur yang telah ditentukan dengan selang pemotretan berdasarkan pertampalan foto sebsar 70% atau yang telah ditentukan.

Terdapat hubungan yang signifikan antara tinggi terbang dengan resolusi foto udara hasil akuisisi menggunakan PUNA/UAV (Putra, et. al., 2016). Penggunaan pesawat nirawak terkadang terkendala dalam menentukan ketinggian terbang untuk mendapatkan area pemotretan dengan luas yang telah ditentukan. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan asumsi jarak pada pemotretan manual untuk pemetaan cepat kawasan zona inti Gumuk Pasir Parangtritis. Metode yang akan digunakan adalah dengan menggunakan pendekatan Teorema Pythagoras.

2. Metodologi

Kajian yang dilakukan adalah dengan menggunakan pendekatan Teorema Pythagoras dalam pengaplikasianya pada proses pemotretan pesawat udara nirawak (PUNA) atau UAV berjenis copter. Pemotretan dilakukan di kawasan Gumuk Pasir Parangtritis, Kabupaten Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta.

2.1 Wahana Pemotretan

Ditinjau dari bentuk badannya (*airframe*), UAV atau pesawat udara nirawak dapat secara umum dibagi menjadi dua, yaitu *fixed-wing* (UAV pesawat dengan sayap) dan *rotary-wing* (UAV pesawat dengan baling-baling) (Lee dan Choi, 2016). Pada kajian ini pemotretan dilakukan dengan wahana berjenis *copter* yakni *Quadcopter.*



Gambar 2. Wahana pemotretan
Sumber: Putra, 2016

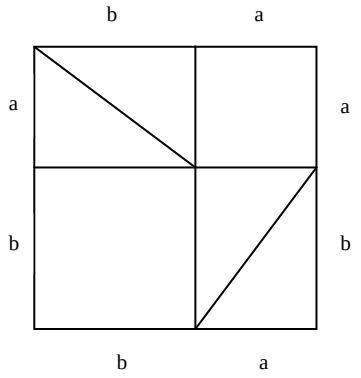
Quadcopter adalah salah satu jenis wahana yang dilengkapi dengan empat *propelers* (baling-baling). Secara umum spesifikasi dari wahana yang digunakan adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Spesifikasi wahana

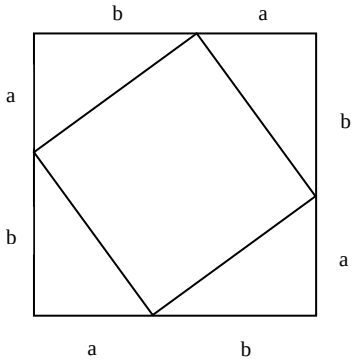
Spesifikasi	
Berat	1380 g
Kecepatan	Max: 6m/s Min: 4m/s
waktu jelajah	28 menit
GPS	GPS/GLONASS
Kapasitas Batrai	5350 mAh / 15.2 V
Foto/ Video	JPG, DNG/ MP4, MOV
Sensor	1/2.3" (CMOS), 12,4 Mp

Sumber: http://www.dji.com/phantom-4/info#specs

2.2 Teorema Pythagoras



Gambar 3. Persegi pertama



Gambar 3. Persegi kedua

Misalkan a, b adalah sisi tegak dan c adalah sisi miring dari segitiga siku-siku. Pada kedua persegi a+b adalah sisi persegi.

Persegi pertama

Persegi pertama teriris menjadi 6 bagian yaitu 4 segitiga siku-siku dan 2 persegi dengan panjang sisi a dan b.

$$(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 4\left(\tfrac{1}{2}ab\right)$$

$$(a+b)^2 = a^2 + b^2 + 2ab \qquad (2.2.1)$$

Persegi kedua

Persegi kedua teriris menjadi 5 bagian yaitu persegi dengan panjang sisi c dan 4 segitiga siku-siku kongruen.

$$(a+b)^2 = c^2 + 4\left(\tfrac{1}{2}ab\right)$$

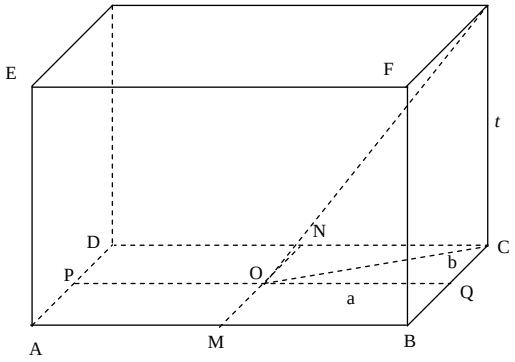
$$(a+b)^2 = c^2 + 2ab \qquad (2.2.2)$$

Dari persamaan (1) dan (2)

$$a^2 + b^2 + 2ab = c^2 + 2ab$$

$$a^2 + b^2 = c^2 \qquad (2.2.3)$$

2.3 Teorema Pythagoras pada Bangun Ruang



Gambar 4. Balok ABCD.EFGH

Balok ABCD.EFGH

$PO = OQ$

$MO = ON = BQ = QC$

Jika $OQ = a, QC = b,\ CG = t$

Maka,

$$OC = \sqrt{OQ^2 + QC^2}$$

$$OC = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad (2.3.1)$$

$$OG = \sqrt{OC^2 + CG^2}$$

$$OG^2 = OC^2 + CG^2$$

$$OC^2 = OG^2 - CG^2$$

$$OC = \sqrt{OG^2 - CG^2} \qquad (2.3.2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

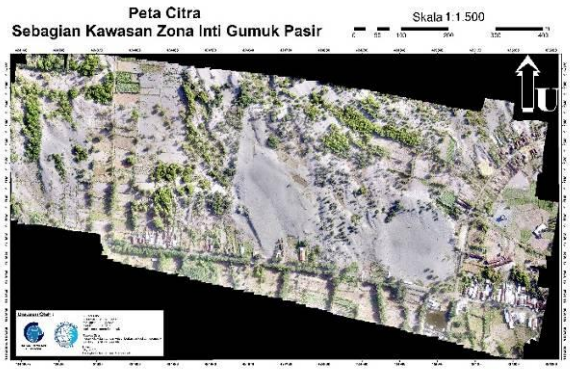
Berdasarkan data ketinggian terbang dan resolusi spasial pada tabel 2, maka diperoleh ketinggian yang optimal untuk mendapatkan resolusi yang tinggi adalah 55 meter dengan resolusi 0,02 meter (Putra, et. al., 2016).

No	X	Y	XY	X^2	Y
	Tinggi Terbang Wahana (m)	Resolusi Spasial (m)			
1	55	0,026	1,43	3025	0,000676
2	61	0,024	1,464	3721	0,000576
3	67	0,029	1,943	4489	0,000841
4	73	0,032	2,336	5329	0,001024
5	90	0,039	3,51	8100	0,001521
6	100	0,042	4,2	10000	0,001764
7	120	0,052	6,24	14400	0,002704
∑	566	0,244	21,123	49064	0,009106
Rata-rata	80,85714	0,034857			

Tabel 2. Data ketinggian
Sumber. Putra, et. al., 2016

Jarak toleransi yang dapat dilakukan berdasarkan jelajah horizontal kopter untuk dapat memotret seluruh gumuk pasir barkhan

yang masih eksis seluas 30 Ha, dan jarak terjauh 500 meter pada jarak diagonal. Jarak diagonal yang dimaksud adalah jarak dari pilot yang



berada di tengah kawasan hingga jarak terjauh di luar gumuk pasir barkhan yang masih eksis. Metode penginderaan jauh dalam pemotretan suatu lahan haruslah memiliki luas lebih besar dari daerah kajian, hal ini dimaksudkan agar citra udara meliputi daerah kajian dengan memperhatikan distorsi. Berdasarkan batasan dari luasan gumuk pasir yang eksis sebesar 30 Ha, dan jarak terjauh adalah 500 meter, maka dalam penelitian ini diasumsikan jarak horizontal adalah lebih besar dari 500 meter. Gumuk pasir yang masih eksis ini membentang dari selatan ke utara sejauh 560 meter, maka jarak ini dapat di asumsikan sebagai lebar kawasan pemotretan. Asumsi formula Pythagoras yang diterapkan adalah 870 meter. Berdasarkan nilai ketinggian dan jarak jelajah akan dapat ditetapkan jarak horizontal yang dapat ditoleransi untuk tetap mendapatkan resolusi yang baik dengan tetap menjaga keamanan kontak sinyal pesawat.

Gambar.5 Peta Citra

Pada Gambar 4. ABCD diasumsikan sebagai luasan hasil pemotretan PUNA dengan O adalah titik keberadaan pilot/*remote* dan G adalah titik pesawat. OG merupakan jarak antara *remote* dengan pesawat dan CG adalah tinggi pesawat dari permukaan tanah. Jika tinggi maksimum untuk mendapatkan resolusi 0,02 meter adalah 55 meter yang kemudian disebut sebagai CG dan asumsi jarak antara remote dan pesawat adalah 870 sebagai OG, maka dapat diperoleh nilai OC menggunakan persamaan (2.3.2).

$$OC = \sqrt{OG^2 - CG^2}$$
$$OC = \sqrt{870^2 - 55^2}$$
$$OC = \sqrt{756.900 - 3.025}$$
$$OC = \sqrt{753.875}$$
$$OC = 868{,}2598$$

Jadi jarak OC adalah 868.2598 meter.

Jarak OC yang telah diketahui dan lebar persegi panjang ABCD sebagai kawasan pemotretan yaitu 560 sebagai BC, maka dapat ditentukan panjang dari persegi panjang ABCD menggunakan persamaan (2.3.1)

$$BC = 2 \times QC$$
$$BC = 2 \times b$$
$$560 = 2 \times b$$
$$b = 280$$

Sehingga,

$$OC = \sqrt{a^2 + b^2}$$
$$868.2598 = \sqrt{a^2 + 280^2}$$
$$a^2 = 868{,}2598^2 - 280^2$$
$$a^2 = 675.475$$
$$a = 821{,}8729$$

Jadi, panjang persegi panjang ABCD adalah 821,8729 meter.

Nilai $a = 821.8729$ dan $b = 280$, maka dapat dihitung luas persegi panjang ABCD, yaitu:

$$L = 2a \times 2b$$
$$L = 2(821{,}8729) \times 2(280)$$
$$L = 820.497{,}6 \text{ meter} = 82{,}04976 \text{ Ha}$$

4. Kesimpulan dan Saran

Gumuk pasir yang masih eksis saat ini sebesar 30 Ha, dengan hamparan gumuk pasir dari selatan keutara sejauh 560 meter. Berdasarkan pengukuran phytagoras untuk menentukan ketinggian optimal untuk mendapatkan resolusi yangt inggi sebesar 0,02 meter pada jelajah horizontal yang ditoleransi sebesar 870 maka akan dapat menghasilkan liputan seluas 82,04976 Ha. Luasan ini telah mencakup seluruh Gumuk pasir yang eksis dengan penambahan overlap dan sidelap untuk menghindari distorsi di sisi-sisi foto udara.

Pemotretan udara masih perlu mempertimbangkan arah dan kecepatan angina, penelitian ini menggunakan metode pyithagoras untuk memperhitungkan jarak toleransi dan luasan yang akan diperoleh pada kondisi angina normal. Arah dan kecepatan angina akan sangat mempengaruhi jalur terbang yang akan mempengaruhi luasan pemotretan.

5. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Badan Informasi Geospasial dan Parangtritis Geomaritime Science Park dimana tempat penulis bekerja. Ucapan terima kasih

penulis ucapkan juga kepada Ibu Wiwin Ambarwulan beserta jajaran yang selalu mendorong penulis untuk selalu berkarya. Penulis turut mengucapkan rasa terima kasih kepada teman-teman di PGSP yang membantu mengintegrasikan ilmu Matematika (sebagai background keilmuan penulis) dengan Teknologi dan Informasi Geospasial dengan baik. *Last but not least*, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada panitia penyelenggara seminar.

Daftar Pustaka

Berteska, T., Ruzgiene, B. 2013. Photogrammetric mapping based on UAV imagery. *Geodesy and Cartography*, Vol. 39, Issue 4, 158-163.

Boyer, C. B. (1968). A history of mathematics. New York, London, Sydney: John Wiley & Sons, Inc.

Gularso, H., Rianasari, H., dan Elfriede, F., 2015, "Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahana Udara Nir-Awak dalam Pemetaan Skala besar", *Jurnal Ilmiah Geomatika*, Vol.21 No. 1 Agustus 2015: 37-44

Niendyawati dan Artanto, Eko, 2014, "Pemanfaatan Pesawat Udara Nir-Awak (PUNA) sebagai Metode Alternatif Pengumpulan Data Geospasial Pulau-Pulau Kecil Terluar", *Majalah Ilmiah Globe*, Volume 16 No. 1 Juni 2014: 1-8

Suwargana, Nana., 2008, "Analisis Perubahan Hutan Mangrove Menggunakan Data Penginderaan Jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong Bekasi", *Jurnal Penginderaan Jauh*, Vol.5, 2008:64-74

Putra, A. S., Maulana, E., Rahmadan, A. D. W., Wulan, T. R., Mahendra., I. W. W. Y., Putra, M. D. 2016. *Accuration Test of UAV's Aerial Photo in Densely Populated Areas (Case Study: Sayidan, Special Province of Yogyakarta.* Published on Sinas Indraja 2016. LAPAN

Putra, A. S., Ambarwulan, W., Maulana, E., Wulan, T. R., Maulia, N., Putra, M. D., Wahyuningsih, D. S., Ibrahim., F., Raharjo., T. 2016. Kajian Korelasi Antara Tinggi Terbang dan Resolusi Foto Udara Hasil Akuisisi dengan UAV di Kawasan Pesisir (Studi Kasus: Pemotretan di Kantor Parangtritis Geomaritime Science Park). Prosiding Seminar Nasional Kelautan 2016. Universitas Trunojoyo Madura. ISBN: 978-602-19131-4-7

Maulana, E., Wulan, T.R., (2015), Pemotretan Udara dengan UAV untuk Mendukung Kegiatan Konservasi Kawasan Gumuk Pasir Parangtritis, *Simposium Sains Geoinformasi* IV 2015. Yogyakarta

Philipson, Philpot,. 2012. *Remote Sensing Fundamentals Photogrammetry*. Cornell University - 2012

Peta Ketetapan Rencana Kota (KRK); Status dan Permasalahannya dalam Perpektif Hukum Geospasial

Andi Putra Parlindungan[a]

[a,] Tenaga Ahli Surveyor PTSP Pemerintah Provinsi DKI Jakarta (andyputrap@gmail.com)

ABSTRACT

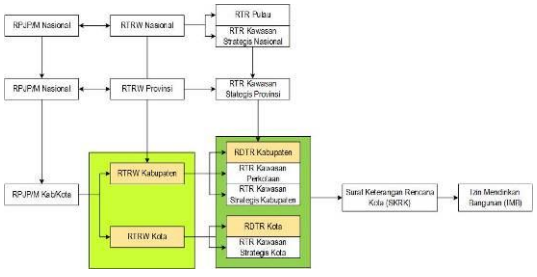
Advice Planning Document (SKRK) is a required compulsory document to get building permit. This document consists of two parts, one of them is a map which has parcel information and the provisions of what kind of building can be built on, and the provisions are based on Detail Spatial Planning and Zoning. Using map is well appreciated because it is easy to understand. However, implementation of mapping in Indonesia is full of rules. The objectives of this paper are to understand the rules that must be followed to create advice planning map, and to know whether the implementation of it has acted up to those rules. The results are, (1) Advice Planning map is a thematic geospatial information which its implementation is ruled in Act no. 4 2011 about Geospatial Information, Head of Geospatial Information Agency Regulations no. 12 2013, and Head of Geospatial Information Agency Regulations no. 5 2014. (2) The Process of collecting data is done by measurement in the field, but not referenced to the national geospatial reference system (SRGI 2013). (3) Data processing is also not referenced to the national geospatial reference system, does not use 3-D geocentric system, and neither does WGS 1984 as reference datum.

Keywords Advice Planning Map, Detail Spatial Planning and Zoning, Thematic Geospatial Information, Rules

Pendahuluan

Surat Keterangan Rencana Kota (SKRK) merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan Izin Mendirikan Bangunan (IMB), isinya merupakan informasi tentang persyaratan bangunan dan lingkungan yang diberlakukan oleh Pemerintah Kota/Kabupaten pada lokasi tertentu. Surat ini berisi fungsi bangunan yang dapat dibangun, ketinggian maksimum bangunan, jumlah lantai/lapis bangunan gedung di bawah permukaan tanah, garis sempadan dan jarak bebas minimum bangunan, koefisien dasar bangunan (KDB) maksimum, koefisien lantai bangunan (KLB) maksimum, koefisien daerah hijau (KDH) minimum, koefisien tapak basemen (KTB) maksimum, jaringan utilitas kota, serta ketentuan-ketentuan khusus yang berlaku untuk lokasi yang bersangkutan. Semua hal di atas merupakan rambu-rambu yang harus dipenuhi dalam mendapatkan IMB, sebagaimana tertuang pada Peraturan Pemerintah No. 36 Tahun 2015 Pasal 14 ayat tiga, bahwa Pemerintah Daerah wajib memberikan Surat Keterangan Rencana Kabupaten/Kota untuk lokasi yang bersangkutan kepada setiap orang yang akan mengajukan permohonan izin mendirikan bangunan gedung.

Pada dasarnya, SKRK ini merupakan implementasi dari Rencana Detail Tata Ruang dan Peraturan Zonasi (RDTR dan PZ) di suatu wilayah Kota/Kabupaten. Hal tersebut karena rambu-rambu yang telah disebutkan pada paragraf di atas tertuang dalam RDTR dan PZ Kabupaten/Kota. Pada gambar skema di bawah dapat di lihat posisi dari SKRK sebagai implementasi RDTR dan PZ dalam perencanaan Indonesia.



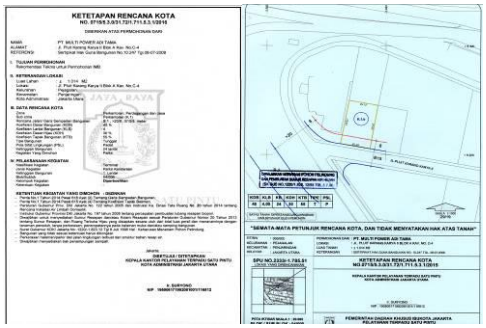
Gambar 1. Kedudukan SKRK pada Sistem Perencanaan Indonesia

Sumber: diolah dari berbagai sumber

Di Pemerintahan Provinsi DKI Jakarta, SKRK disebut dengan nama lain, yaitu Ketetapan Rencana Kota (KRK). Informasi yang tertera di KRK sama persis dengan SKRK sebagaimana definisinya sesuai dengan PP No. 36 Tahun 2015 Pasal empat dan lima. Dulunya KRK

diterbitkan oleh Dinas Penataan Kota, namum sekarang KRK diterbitkan oleh Pelayanan Terpadu Satu Pintu PTSP, sebagai satuan kerja perangkat daerah yang melayani perizinan dan non perizinan dengan sistem satu pintu.

Bentuk KRK yang diterbitkan oleh PTSP terdiri dari dua bagian, sebuah lembaran putih dan sebuah peta tematik. Pada dasaranya kedua bagian tersebut memuat informasi yang sama, namun penggunaan peta menjadikan informasi yang diberikan lebih mudah untuk dipahami. Gambar di bawah menampilkan kedua bagian dari KRK yang diterbitkan oleh PTSP.



Gambar 2. KRK yang diterbitkan PTSP

Beberapa tahun belakangan ini, isu Kebijakan Satu Peta (*One Map Policy*) merupakan isu yang sangat sering diperbincangkan. Kegiatan penyelenggaraan yang memuat informasi geospasial menjadi suatu kegiatan yang tidak boleh sembarangan. Ada sekian banyak peraturan hukum dan perundangan yang berlaku dan harus ditaati. Prosedur penyelenggaraannya pun diatur dari proses pengambilan data geospasial hingga penyajian informasinya.

Hal tersebut menjadi latar belakang tulisan ini. Tulisan ini akan membahas penyelenggaraan Peta KRK dalam perpektif hukum geospasial. Adapun yang dimaksud hukum geospasial pada tulisan ini adalah segala aturan hukum dan perundangan yang mengatur kegiatan penyelenggaraan informasi geospasial yang berkaitan dengan SKRK atau KRK.

Metodologi

Adapun metodologi dalam tulisan ini adalah:

1. Studi literatur terkait SKRK/KRK dan penyelenggaraan informasi geospasial.
2. Pengumpulan informasi terkait penyelenggaraan peta KRK.
3. Analisis dengan metode komparasi antara hasil studi literatur dengan informasi yang diperoleh.
4. Penarikan kesimpulan dan saran

Ruang lingkup tulisan ini hanya pada pembahasan penyelenggaraan peta KRK yang diterbitkan oleh PTSP Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.

Hukum geospasial yang digunakan antara lain: Undang-undang no. 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial (UUIG), Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI 2013), dan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 5 tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Informasi Geospasial Tematik Perizinan Sektoral.

Hasil dan Pembahasan

Peta KRK pada UUIG

Peta KRK memuat informasi suatu persil (bermuatan geospasial) tertentu serta dilengkapi informasi yang digunakan untuk penyusunan rencana teknis tata bangunan, dengan kata lain peta KRK memuat informasi yang tematik sebagai dasar rancangan suatu bangunan. Dalam UUIG hal tersebut didefinisikan sebagai informasi geospasial tematik (IGT), yaitu IG yang menggambarkan satu atau lebih tema tertentu yang dibuat mengacu pada informasi geospasial dasar.

Pada pasal 19 UUIG disebutkan bahwa IGT wajib mengacu pada informasi geospasial dasar (IGD), kemudian pada pasal 20 disebutkan bahwa dilarang mengubah posisi dan ketelitian geometris, serta skala IGT tidak lebih besar dari IGD. Bentuk dari IGD adalah peta dasar yang resmi dikeluarkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG), peta dasar tersebut antara lain; Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI), Peta Lingkungan Laut Nasional (LLN), dan Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI).

Peta KRK memiliki besaran skala 1:1000, idealnya peta KRK harus diperoleh dari Peta RBI yang minimal memiliki besar skala yang sama. Namun pada pelaksanaannya, penyelenggaraan Peta KRK tidak berdasarkan IGD yang dikeluarkan oleh BIG. Peta dasar yang digunakan sebagai IGD dalam penyelenggaraan Peta KRK merupakan peta yang diperoleh dari Dinas Tata Ruang (sekarang Dinas Penataan Kota) Pemerintah Provinsi DKI Jakarta.

Peta KRK sebagai IGT Sektor Perizinan

UUIG merupakan bukan satu-satunya payung hukum terkait penyelenggaraan Peta KRK. Secara lebih rinci dan bersifat teknis, BIG mengeluarkan peraturan terkait penyelenggaraan IGT pada sektor perizinan untuk mendukung penyelenggaraan IGT yang dapat menjamin ketersediaan dan akses terhadap IGT yang akurat, terintegrasi, dan dapat dipertanggung- jawabkan, yaitu Peraturan Kepala BIG nomor 5 tahun 2014. Tujuan adanya pengaturan penyelenggaraan IGT perizinan sektoral ini adalah Instansi Pemerintah atau Pemerintah Daerah dalam menyelenggarakan IGT dapat saling harmonis sehingga akan berkontribusi untuk menjamin ketersediaan, aksesbilitas, dan pemanfaatan IGT di tengah masyarakat dan dalam proses pembangunan nasional.

Pada Perka BIG no. 5 tahun 2014, Peta KRK digolongkan dalam IGT sektor daerah. Penyelenggaraannya meliputi pengumpulan data, pengolahan data dan informasi, penyimpanan dan pengamanan data dan informasi, penyebarluasan data dan informasi, serta penggunaan informasi. Setiap tahapan tersebut memiliki standar masing-masing yang wajib dipenuhi tanpa terkecuali, penyelenggaraan Peta KRK pun harus mengikuti aturan tersebut.

Secara ringkas, isi dari Perka BIG no. 5 tahun 2014 adalah pengumpulan data yang dilakukan harus melalui pengukuran lapangan dengan metode geodetik dan menggunakan sistem referensi geospasial nasional. Begitu pula dengan pemrosesan data serta penyajian informasinya, bahwa penyelenggaraan IGT sektor perizinan harus dilakukan mengacu pada sistem referensi geospasial nasional yang berlaku sesuai dengan peraturan dan perundangan-undangan.

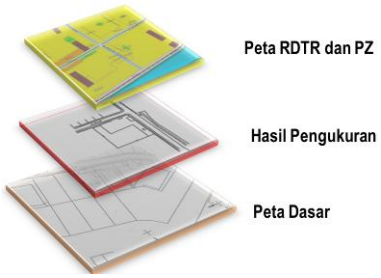
Sistem referensi geospasial nasional yang dimaksud di atas adalah Sistem Referensi Geospasial Indonesia tahun 2013 (SRGI 2013), yang merupakan payung hukum penguat standardisasi penyelenggaraan IGT sebagaimana Peraturan Kepala BIG nomor 12 tahun 2013. Pada Perka BIG no. 12 tahun 2013 dijelaskan bahwa SRGI 2013 adalah sistem referensi tunggal dalam penyelenggaraan IG (baik IGD maupun IGT) dan setiap penyelenggara IG wajib menggunakannya. Penggunaan sistem referensi tunggal merupakan peruwujudan dari Kebijakan Satu Peta (*one map policy*).

Dengan begitu, penyelenggaraan Peta KRK harus mengacu pada SRGI2013 dengan sistem koordinat yang digunakan adalah sistem koordinat geosentrik 3 dimensi dan menggunakan datum WGS 1984 sesuai peraturan dan perundangan-undangan.

Proses Penyelenggaraan Peta KRK

Diawali dengan proses pengumpulan data, pengumpulan data dilakukan dengan pengukuran persil serta lokasi sekitarnya, untuk memastikan bentuk geometri serta luasan persil sama dengan yang tercantum di sertifikat pendaftaran tanah atau dokumen lainnya.

Hasil pengukuran persil yang dilakukan akan ditampalkan (*overlay*) pada peta dasar, guna untuk memastikan bentuk dan ukuran persil. Kemudian persil yang sudah ditampalkan pada peta dasar akan ditampalkan dengan Peta RDTR dan PZ untuk melihat peruntukan zonasi pada persil tersebut dan memastikan apakah persil tersebut terkena rencana jalan atau saluran. Secara ringkas proses penyelenggaraan Peta KRK dapat diilustrasikan pada gambar di bawah. Secara detail proses penyelenggaraan peta KRK akan dibahas pada sub-bahasan berikutnya.



Gambar 3. Ilustrasi penyelenggaraan Peta KRK

Pengumpulan Data Geospasial

Pengumpulan data geospasial yang dilakukan dalam proses penyelenggaraan peta KRK melalui proses pengukuran, menggunakan *Total Station* dengan metode tachimetri/polar atau menggunakan Pita Ukur dan prisma dengan metode *offset*. Pengukuran tidak terikat pada suatu referensi apapun (lokal), sehingga pada prosesnya surveyor dituntut untuk melakukan pengukuran sampai persimpangan jalan terdekat dari lokasi persil. Hal tersebut digunakan sebagai ikatan ketika akan ditampalkan pada peta dasar.

Proses pengumpulan data geospasial seperti

yang dijelaskan di atas jelas tidak sesuai dengan hukum yang berlaku, sebab pengumpulan data geospasial harus melalui pengukuran bersifat geodetik dengan sistem referensi geospasial nasional, dalam hal ini SRGI 2013.

Pengolahan Data Geospasial

Pengumpulan data yang tidak mengacu pada SRGI 2013 akan berdampak pada pengolahan datanya juga. Proses penampalan hasil pengukuran dengan peta dasar hanya bisa dilakukan dengan menggunakan persimpangan jalan yang diukur sebagai ikatan seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Berbeda dengan proses penampalan hasil pengukuran dengan peta dasar, pada proses penampalan Peta RDTR dan PZ ke peta dasar menggunakan acuan koordinat sistem-32. Koordinat sistem-32 merupakan sistem koordinat kartesian 2-dimensi yang bersifat lokal, datum geodetiknya tidak didefinisikan, titik nolnya berada di Pejompongan, sumbu x dan y masing-masing mengarah ke timur dan utara dari peta yang bersangkutan (Abidin, 2000). Penampalan peta dasar dengan Peta RDTR dan PZ dapat dilakukan dengan acuan sistem ini karena masing-masing peta memiliki sistem koordinat yang sama, sistem-32.

Proses pengolahan data geospasial peta KRK yang telah dijelaskan di atas tetap tidak sesuai dengan aturan yang berlaku. Karena pada dasarnya proses pengolahan data geospasial harus mengacu pada SRGI 2013 serta memiliki sistem proyeksi *Universal transverse Mercator* (UTM) atau sistem proyeksi lain sesuai kebutuhan aplikasi tertentu.

Penyajian Informasi

Penyajian informasi Peta KRK berupa peta cetak dengan skala 1:1000. Sesuai aturan yang berlaku, penyajian informasi geospasial setidaknya harus memiliki besar skala yang sama dengan sumbernya, hal tersebut tidak menyalahi karena sumber yang digunakan Peta KRK memiliki tingkat ketelitian yang sama, yakni 1:1000. Hanya saja sumber peta dasar yang digunakan bukan produk IGD yang diterbitkan BIG.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari pembahasan tulisan ini, antara lain:

1. Peta KRK merupakan salah satu bentuk Informasi Geospasial Tematik (IGT) sektor perizinan daerah, yang penyelenggaraannya diatur dalam UUIG, Perka BIG no. 12 tahun 2013 dan Perka BIG no. 5 tahun 2014.
2. Pada proses pengumpulan data dalam penyelenggaraan Peta KRK belum mengacu pada SRGI 2013, yang diatur sesuai dengan peraturan dan perundangan-undangan. Pada saat ini pengukuran untuk keperluan Peta KRK masih menggunakan sistem referensi lokal, dengan koordinat sistem-32.
3. Pada proses pengolahan data dalam penyelenggaraan Peta KRK belum mengacu pada peraturan dan perundangan-undangan yang berlaku. Hal tersebut dikarenakan pengolahan data serta penyajian informasi belum mengacu pada SRGI 2013, tidak menggunakan koordinat geosentrik 3 dimensi, serta tidak menggunakan datum geodetik WGS 1984.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan antara lain:

1. Penyelenggaraan Peta KRK memiliki payung hukum yang kuat, dengan demikian penyelenggaraannya harus sesuai dengan peraturan dan perundang-undangan yang berlaku. Jika tidak, penerapan sanksi dapat diberikan kepada instansi penyelenggara.
2. Pembenahan pada peta dasar yang saat ini masih menggunakan sistem referensi yang bersifat lokal harus menjadi prioritas. Karena dengan ketersedian peta dasar yang sudah mengacu pada SRGI 2013 akan menjadikan pengumpulan data mengacu juga pada SRGI 2013, begitu juga dengan penyajiannya.
3. Penyelenggaraan Peta KRK harus secepatnya disesuaikan dengan peraturan dan perundangan yang berlaku. Dengan begitu, PTSP sebagai instansi pemerintah daerah akan membantu mewujudan kebijakan satu peta yang diusung saat ini.
4. Penyelenggaraan IGT harus menggunakan IGD yang setidaknya harus memiliki besar skala yang sama. Adapun yang menjadi permasalahan adalah Peta KRK menggunakan skala 1:1000 akan tetapi belum ada IGD yang memiliki besar skala yang sama, tentu hal ini tidak diperbolehkan. Mengingat kebutuhan penyelenggaraan Peta KRK sangat penting serta tidak mungkin dihentikan sampai tersedianya IGD dengan skala 1:1000, maka sangat penting untuk

dilakukan pembahasan lebih lanjut oleh para pemangku kebijakan.

Ucapan terima kasih

Terimakasih yang sebesar-besarnya kepada seluruh pihak yang telah membantu serta yang telah memberikan masukan, sehingga tulisan ini dapat diselesaikan tepat waktu.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2000, "Beberapa Pemikiran Tentang Sistem dan Kerangka Referensi Koordinat untuk DKI Jakarta", Jurnal Surveying dan Geodesi, Vol. X, No. 3, September 2000, hal. 32-42

Pratama, M. Arszandi, 2015, *Menata Kota melalui Rencana Detail Tata RUang (RDTR)*, Cetakan ke-1, CV. Andi Offset, Yogyakarta.

Undang-Undang nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 15 tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia.

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial nomor 5 tahun 2014 tentang Penyelenggaraan Informasi Geospasial Tematik Perizinan Sektoral.

Manfaat DOM *(Digital Orthophoto Mapping)* dalam Rencana Pembangunan Bendungan Bener di Purworejo

Dimas Hastama Nugraha[1], Primanda Kiky[2], Ahmad Zaenuri[3]

[1,] Peneliti Balai Litbang Penerapan Teknologi Permukiman
Badan Litbang Kementerian PUPR
Jalan Laksda Adisucipto No.165 Yogyakarta 55281
(dimyhastanu@gmail.com)
[2,] Institut Teknologi Yogyakarta (primandakiky@gmail.com)
[3,] S2 Kartografi dan Penginderaan Jarak Jauh Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada (anc23n@gmail.com)

ABSTRACT

Strategic issues the Republic of Indonesia, especially President and Ministry of Public Works and Housing, in the period 2015-2019, namely the construction of a Dam with a target of increasing irrigation services and water supply. The dam will be built, among others, The Bener Dam in Purworejo. The function of these dams is to supply irrigation and water. With the large number of dams, including Bener, of course requires the completion of a rapid and safe. To see a variety of things such as topography, soil type, soil conditions can use aerial photography with UAV-DOM . This study want to see the benefits of UAV- DOM in Bener Dam construction plan in Purworejo. The method used is descriptive method of analysis. The analytical method used is descriptive analysis. The conclusion from this study that aerial photographs have higher spatial resolution than the RBI (visual map of Indonesia earth) which have scale of 1: 25000, so detail spatial information that can be extracted is closer to real conditions in the field. Aerial photographs have better temporal resolution than the RBI map scale of 1: 25000 for aerial photography can be done, according to the needs of work while the map is updated RBI over an extended period of 5-10 years. Aerial photographs have benefits excellence in ekstraks topography producesdetail higher than the RBI map scale of 1: 25000

1. Pendahuluan

Indonesia sendiri memiliki potensi sumberdaya air sebesar 3,9 triliun m3/tahun dan yang dapat dimanfaatkan sebesar 691,3 miliar m3/tahun. Potensi sumberdaya air tersebut merupakan nomor lima terbesar di dunia, dengan jumlah penduduk yang nomor empat besar di dunia. Saat ini, potensi sumberdaya air yang sudah dimanfaatkan sebesar 175,1miliar m3/tahun (25,3%) sedangkan yang belum dimanfaatkan sebesar 516,2 miliar m3/tahun (74,7%). Sebagian besar air dimanfaatkan untuk keperluan irigasi, yaitu 141 miliar m3/tahun (80,5%). Pemanfaatan lain adalah untuk rumah tangga dan industri sebesar 34,1miliar m3/tahun (19,5%). Hal tersebut menunjukkan bahwa masih banyak potensi sumberdaya air yang terbuang ke laut akibat kurangnya penampung sumberdaya air di Indonesia (SDA PU, 2015).

Salah satu isu strategis dalam kurun waktu periode tahun 2015 hingga tahun 2019 adalah pembangunan bendungan dengan target berupa peningkatan pelayanan areal irigasi oleh waduk hingga mencapai 20% dan peningkatan kapasitas air baku sebagai konsumsi air bersih bagi masyarakat sekitar menjadi 109,5 m3/detik (Bappenas, 2015).

Menurut Rancangan Teknokratik RPJMN 2015-2019 (Bappenas, 2015), terdapat sekitar 65 waduk yang direncanakan akan dibangun di seluruh Indonesia.

Salah satu bendungan yang akan dikerjakan adalah Bendungan Bener yang terletak di Kabupaten Purworejo dan Wonosobo. Bendungan ini didesign memiliki tinggi mercu tertinggi di Indonesia, dengan tinggi mercu sekitar 110 meter.

Bendungan Bener akan mempunyai manfaat mengairi lahan irigasi seluas 15.519 hektar, dan diharapkan jumlah panen dapat meningkat pada area irigasi eksisting seluas 13.579 hektar disamping menambah daerah irigasi baru seluas 1.940 hektar.

Selain itu juga kegunaan dari Bendungan Bener dapat menyuplai air baku untuk keperluan rumah tangga, kota dan industri

sebesar 1.500 liter per detik ke 10 kecamatan di Kabupaten Purworejo, tiga Kecamatan di Kabupaten Kebumen (Jawa Tengah) dan dua Kecamatan di Kabupaten Kulon Progo di Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY). Bendungan tersebut juga mempunyai potensi menyuplai energi listrik sebesar 6 MW selain fungsi lainnya seperti perikanan, pariwisata dan konservasi DAS Bogowonto di bagian hulu.

Dengan banyaknya jumlah bendungan yang akan dibangun, termasuk didalamnya Bendungan Bener di Purworejo, tentu memerlukan proses penyelesaian yang cepat dan aman. Padahal seperti diketahui bersama, dalam proses pembuatan bendungan perlu melihat aspek teknis seperti topografi, jenis dan kondisi tanah, material, area tergenang dan lainnya. Untuk melihat proses secara cepat dan aman, mudah, dan murah, yaitu dengan menggunakan pesawat tanpa awak atau UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). UAV adalah sebuah mesin terbang yang dapat dikendalikan dengan kendali jarak jauh atau pesawat terbang tanpa awak pesawat didalamnya. Kontrol UAV dapat dilakukan dengan pengendali jarak jauh dan atau berdasarkan program yang diperintahkan kepada pesawat sebelum terbang.

Sejarah perkembangan awal UAV lebih banyak digunakan untuk misi kemiliteran (disebut dengan *drone*). Seiring perkembangan teknologi, penggunaan UAV mulai banyak digunakan berbagai kalangan selain militer. Pada bidang pemetaan atau penginderaan jauh yang sering disebut dengan foto udara, UAV dilengkapi kamera atau sensor untuk memotret objek yang berada pada jalur terbang pesawat tersebut. Untuk melengkapi informasi spasial secara lebih akurat, pesawat tanpa awak dilengkapi komponen navigasi yaitu GPS, kompas dan IMU atau Intertial Meassuring Unit. GPS sebagai penunjuk kordinat posisi, kompas sebagai arah laju pesawat dan IMU sebagai sensor penstabil pesawat. Data foto udara yang telah diambil selanjutnya akan diproses secara fotogrametri. UAV ini memungkinkan untuk melakukan pelacakan posisi dan orientasi dari sensor yang diimplementasikan dalam sistem lokal atau koordinat global (Eisenbeiss, 2009). Pemrosesan data foto secara fotogrametri tersebut dapat menghasilkan data orthophoto yang disebut dengan *Digital Orthophoto Mapping* (DOM). Pada pemotretan dalam kajian ini digunakan wahana UAV jenis tipe Skywalker X8 Fixed Wing 2120 mm, dengan kamera Sony A6000 24,3 MP 16-50 mm, dilengkapi kontrol *autopilot* dan perangkat *Ground Control Station* (GCP).

Dari hal di atas, studi ini ingin melihat manfaat DOM dalam rencana pembangunan Bendungan Bener di Purworejo. Manfaat dari studi ini adalah untuk memberi pemahaman kepada pemangku kepentingan bila DOM ini dapat digunakan/ replikasi dalam proyek pembangunan bendungan yang lain di Indonesia

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam mengetahui manfaat DOM dengan adanya Rencana Pembangunan Bendungan Bener di Purworejo adalah dengan metode deskriptif analisis, yang merupakan metode penelitian dengan cara mengumpulkan data-data sesuai dengan yang sebenarnya kemudian data-data tersebut disusun, diolah dan dianalisis untuk dapat memberikan gambaran mengenai masalah yang ada (Sugiyono, 2008). Metode analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif, yaitu merupakan metode analisis yang bertujuan mendeskripsikan atau menjelaskan sesuatu hal apa adanya (Irawan, 2004). Dalam hal ini, manfaat yang akan digali dari pemakaian UAV dalam persiapan pembangunan bendungan ini adalah manfaat lebih cepat dan fleksibel (*fleksibility*), lebih murah (*affordability*), dan lebih akurat (*accuracy*).

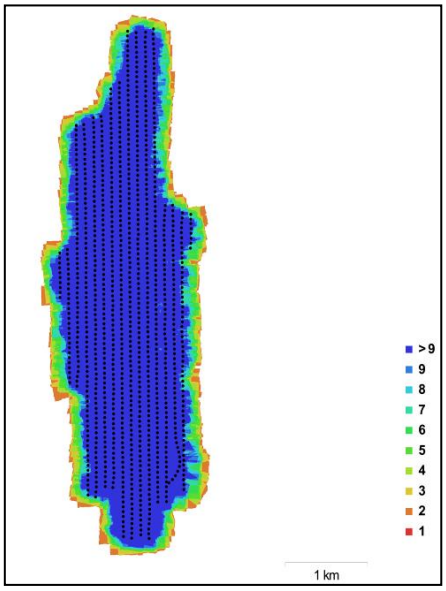
3. Hasil dan Pembahasan

Gambaran *Aerial Photography* dengan DOM

Foto udara (*aerial photography*) dengan DOM di Bendungan Bener menghasilkan 1090 foto yang kemudian disatukan melalui proses mozaic. Pembuatan citra digital dilakukan melalui cara mosaic dengan tingkat tampalan foto 80%. Fotoudara di BendunganBener menghasilkan citra dengan resolusi spasial 1 m yang telah terortorektifikasi. Foto udara tidak hanya menghasilkan citra namun juga dapat menghasilkan data spasial ketinggian (DEM). Proses pembentukan DEM pada foto udara hamper sama seperti pada system penginderaan jauh aktif Lidar yaitu menggunakan metode point cloud. Perbedaan metode point cloud antara

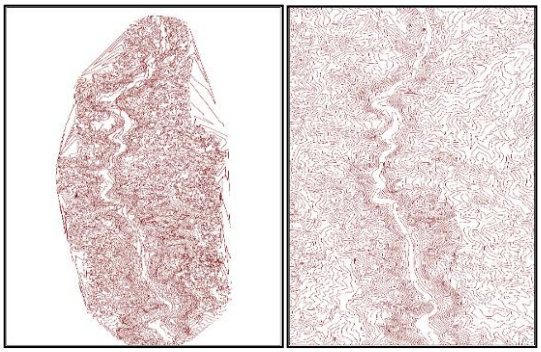
fotoudara kamera digital dengan sensor Lidar adalah pada cara menentukan titik ketinggian obyek. Pada penginderaan jauh yang berbasis sensor Lidar, ketinggian obyek ditentukan oleh kecepatan pantulan balik gelombang laser yang mengenai obyek menuju ke receiver. Semakin cepat receiver menangkap pantulan maka semakin dekat jarak benda terhadap wahana/ semakin tinggi benda. Pada foto udara dengan kamera digital, point cloud diterjemahkan dari perhitungan fotogrametri.

Gambar 1. Tingkat Tampalan Foto



RBI skala 1:25.000 kondisi topografi wilayah direpresentasikan oleh garis-garis kontur dengan interval 12.5m. Pada foto udara menghasilkan DEM dengan resolusi spasial sebesar 2,5m. Dalam penentuan skala pemetaan (*rule of thumb*), idealnya garis kontur sebesar 12.5 m menghasilkan DEM dengan resolusi spasial maksimal 10 m. Dengan demikian tingkat kedetilan topografi hasil foto udara akan menampakan kedetailan tekuk lereng yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan Peta RBI skala 1:25.000. Perbedaan secara visual dapat dilihat pada tabel berikut, terlihat bahwa garis kontur yang dihasilkan dari ekstraksi DEM fotoudara memiliki tekstur lebihkasar dibandingkan dengan kontur peta RBI skala 1:25000.

Terkait dengan Bendungan Bener, dengan topografi yang demikian, dimana didalamnya terdapat bagian-bagian seperti rencana tubuh bendungan, spillway, floodway, maka memerlukan data topografi yang lengkap dan cepat. Dimana sebelum dirancang bagian-bagian tubuh bendungan, juga dilihat bagaimana penggunaan lahan eksisting.



Gambar 2. Garis Kontur Ekstraksi DEM Foto Udara dan Peta RBI 1: 25000

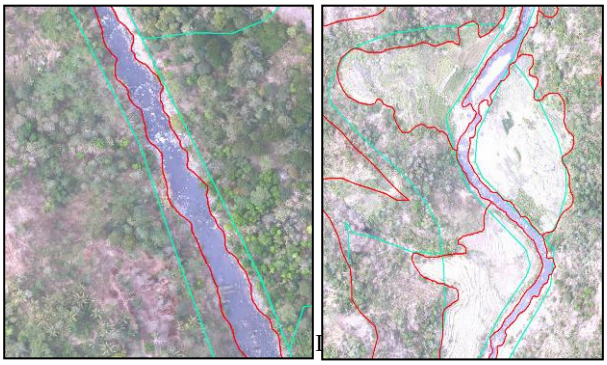
Penggunaan Lahan

Terdapat perbedaan hasil klasifikasi penggunaan lahan yang sangat signifikan antara Citra Foto Udara dengan RBI Skala 1:25000. Perbedaan tersebut terlihat dari jenis penggunaan lahan, luas, dan delineasi penggunaan lahan. Klasifikasi peta RBI Skala 1:25000 menghasilkan 4 tipe penggunaan lahan sedangkan dari klasifikasi citra foto udara menghasilkan 3 tipe penggunaan lahan. Luasan area penggunaan lahan antara dua peta tersebut juga menggambarkan perbedaan yang sangat jauh.

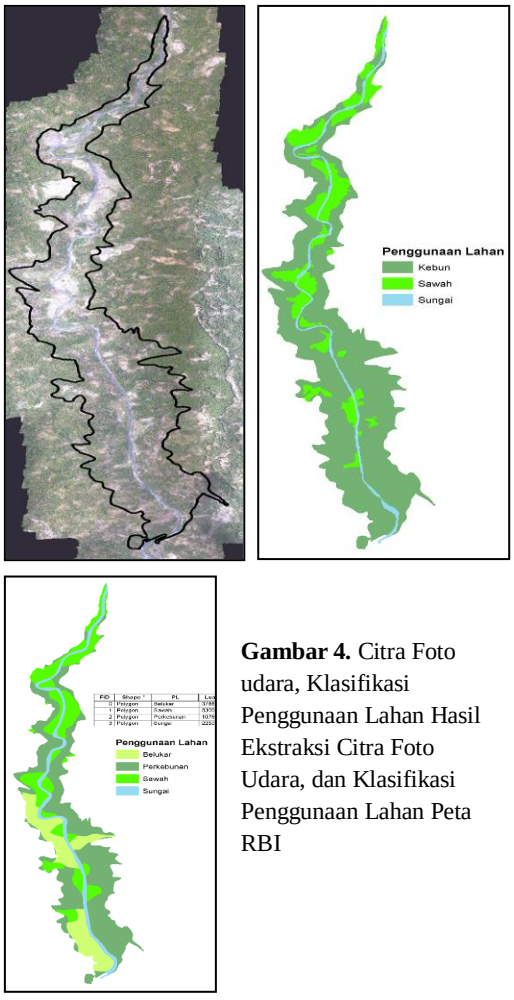
Tabel 1. Perbandingan Klasifikasi Foto Udara dan RBI

No.	Klasifikasi Foto Udara		Klasifikasidari RBI 1:25000	
1	penggunaan lahan	Luas (m^2)	penggunaan lahan	Luas(m^2)
2			Belukar	378.650
3	Sawah	406.471	Sawah	530.057
4	Kebun	1681.388	Perkebunan	1076.886
5	Sungai	123.350	Sungai	225.096

Jika di tinjau dari ketepatan delineasi penggunaan lahan maka hasil klasifikasi citra foto udara memberikan tingkat presisi sangat tinggi dibanding peta RBI. Hal ini dikarenakan perbedaan sumber data. Foto udara yang dilakukan di Bendungan Bener menghasilkan citra dengan resolusi spasial tinggi hingga 1 meter, dengan resolusi sebesar itu akan didapatkan kedetailan informasi spasial obyek yang sangat baik.



Sawah antara Klasifikasi dari Citra Foto Udara (merah) dan Klasifikasi RBI Skala 1:25000 (biru muda)



Gambar 4. Citra Foto udara, Klasifikasi Penggunaan Lahan Hasil Ekstraksi Citra Foto Udara, dan Klasifikasi Penggunaan Lahan Peta RBI

Lebih Efisien

Perencanaan pembangunan bendungan yang terdapat di Kabupaten Purworejo dan Kabupaten Wonosobo memerlukan dukungan informasi spasial yang tinggi. Kondisi medan di lokasi pembangunan bendungan tergolong sulit dengan topografi berbukit-bergunung, dan tutupan lahan yang cenderung rapat. Hal tersebut cukup menyulitkan dalam survei terrestrial dan akan membutuhkan waktu lama. Sebagaimana yang dijumpai pada lokasi rencana pembangunan bendungan, tepatnya di Desa Guntur, Kemiri, Limbangan, dan Nglaris di Kabupaten Purworejo dan Desa Burat, Bener, dan Gadingrejo di Kabupaten Wonosobo, Kondisi topografi di wilayah Desa Limbangan dan Nglaris tergolong curam. Dengan penggunaan UAV dalam survei lokasi bendungan memberikan manfaat dalam hal fleksibilitas dan kemudahan serta kecepatan memperoleh informasi dan gambaran spasial. Hasil yang didapatkan dari kegiatan DOM adalah Orthophoto VIS resolusi 10 cm dan DSM. Hasil tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi lebih dalam mengenai kondisi di lapangan dengan mengasosiasikan citra/foto dengan topografi (DSM) atau informasi lain. Dengan resolusi yang sangat tinggi akan mempermudah interpretasi penggunaan lahan.

Gambar 5. Hasil Foto Udara
Sumber: Lapangan dan Analisis Data, 2015

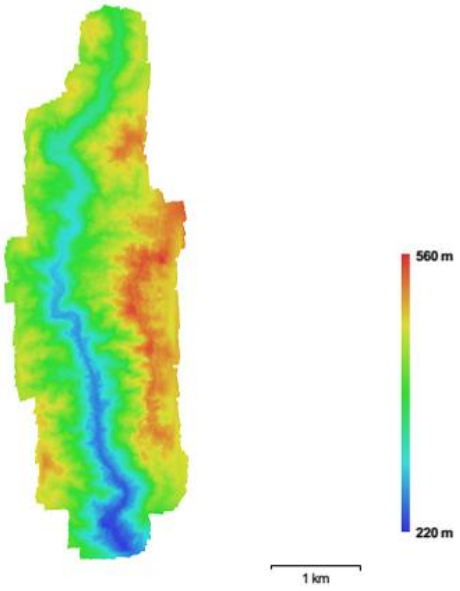


UAV yang digunakan (*fix wing*) dapat mencakup luasan lokasi bendungan yang lebih dari 350 Ha dalam waktu yang relatif singkat, yaitu sekitar 2 jam penerbangan, dan dengan kemampuan jelajah terbang yang panjang. Selain itu, UAV tersebut memiliki kemampuan penginderaan yang bebas awan, sehingga memudahkan dalam interpretasi kenampakan lahan. Keutamaan lain dari penggunaan UAV adalah berisiko rendah karena tanpa awak, dan mudah dikendalikan.



Gambar 6. Proses lepas landas UAV
Sumber: Foto Lapangan, 2015

Keunggulan lain dari hasil foto udara UAV DOM adalah hasil foto memberikan catatan permanen dari kondisi medan yang ada pada saat foto diambil (informasi yang *existing* dan *up-to-date*). Dari segi medan, pemetaan topografi dan DSM area yang luas dapat dicapai relatif cepat dan dengan biaya lebih rendah bila dibandingkan dengan metode ground survey. Selain itu, foto udara dengan UAV dapat digunakan di lokasi-lokasi yang sulit atau tidak mungkin untuk mengakses dari tanah, ataupun dengan perangkat foto udara yang lebih besar (pesawat awak).



Gambar 7. Hasil *Digital Surface Model* (DSM) Lokasi Bendungan Bener
Sumber: Lapangan dan Analisis Data, 2015

Dari segi fleksibilitas, dapat disimpulkan bahwa penggunaan UAV dalam memproduksi foto udara (DOM) memiliki manfaat yaitu merupakan metode survei/pemetaan yang efisien biaya jika untuk pemetaan daerah yang luas; lebih aman daripada metode *ground survey* terutama pada area berbahaya ataupun sulit seperti yang dijumpai di lokasi bendungan; mampu untuk memetakan wilayah yang tidak terjangkau oleh surveyor lapangan; merekam fotografi secara terkini (*up to date*); dan mampu menghasilkan produk digital yang dapat diolah lebih lanjut dengan lebih mudah.

Bila dibandingkan, dalam hal pengerjaan rencana Bendungan, tingkat kemahalan dari produk UAV-DOM ini dengan citra satelit maupun RBI, untuk citra satelit harus membeli dulu, dimana pembelian dikenakan minimal luasan pembelian. Pada umumnya, dalam satuan hektar minimal pembelian adalah sebesar >50 hektar. Keunggulan lain dari foto udara dibandingkan citra satelit adalah perekaman foto udara tidak terhalang awan karena ketinggian perekaman hanya sekitar 400 mdpl/ dibawah zona pembentukan awan. Selain hal diatas, untuk citra satelit, untuk mengetahui topografi bendungan Bener, topografi harus dibeli terpisah yaitu citra warna dan citra radar. Hal ini juga menimbulkan tambahan biaya.

Untuk foto RBI, pemetaan ulangnya berkisar pada periode 5-10 tahunan. Foto RBI berasal dari data lapangan, tetapi resolusi temporalnya kurang baik. Untuk memetakan RBI, RBI basis datanya adalah data lapangan/ survey primer dimana ini memerlukan waktu yang panjang tergantung kondisi wilayah, dan juga ini memerlukan waktu dan biaya tinggi.

Kesimpulan

- Foto udara UAV DOM memiliki resolusi spasial lebih tinggi dibandingkan dengan Peta RBI skala 1:25000, sehingga kedetailan informasi spasial yang dapat diekstraksi lebih mendekati kondisi riil di lapangan.
- Foto udara UAV DOMmemiliki resolusi temporal lebih baik dibandingkan dengan Peta RBI skala 1:25000 karena foto udara dapat dilakukan sesuai kebutuhan pekerjaan sedangkan Peta RBI diupdate ulang dalam rentang waktu 5-10 tahun.
- Keunggulan foto udara UAV DOM dalam ekstraks topografi menghasilkan kedetilan lebih tinggi dibandingkan dengan Peta RBI skala 1:25000, sehingga bentuk tekuk lereng sangat jelas terlihat.
- Biaya yang digunakan di dalam foto udara DOM ini lebih murah, hal ini dikarenakan proses pemetaannya yang cepat dan memiliki resolusi temporal yang baik.
- Untuk bendungan yang memiliki topografi seperti Bendungan Bener, foto udara dengan DOM ini lebih efisien digunakan dan dapat menghemat waktu dan biaya yang dikeluarkan.
- Manfaat yang diberikan oleh UAV DOM yaitu (*fleksibility*), lebih murah (*affordability*), dan lebih akurat (*accuracy*).

Saran

1. Dengan keunggulan resolusi spasial dan temporal yang dimiliki oleh foto udara maka foto udara dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan untuk memperbaharui peta RBI.
2. Foto udara sangat baik digunakan untuk perekaman lokasi pekerjaan dengan skala mikro kawasan (1:1000 – 1:25.000) dalam kondisi urgensitas tinggi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Ir.Achjat Dwiatno,M.Eng selaku Kepala Balai Litbang Penerapan Teknologi Permukiman, Yudha Pracastino Heston dan Iim Abdul Karim selaku Kasie di lingkungan Balai. Ucapan terimakasih juga dihaturkan kepada rekan- rekan Tim Litbang Bendungan Balai Litbang.

Daftar Pustaka

Bappenas, 2015. Rancangan Teknokratik 2015-2019.

Ditjen SDA,2015. Program 65 Bendungan 2015-2019. Direktorat Jenderal Sumber Daya Air, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, Jakarta

Eisenbeiss, H., 2009, UAV Photogrammetry, Switzerland: Institute of Geodesy and Photogrammetry

Irawan, 2004, Metode Penelitian Sosial, Jakarta: PT Remaja Rosdakarya

Sugiyono, 2008, Metode Penelitian Kunatitatif Kualitatif dan R&D. Bandung:Alfabeta.

Sutanto, 2013, Metode Penelitian Penginderaan Jauh, Yogyakarta: Ombak.

Doyle, F.J. 1984,"Surveying and Mapping with Space Data", ITC J, No.4, hlm. 314-3231

Yoniar Hufan Ramadhani et all, 2015, Pemetaan Pulau Kecil Dengan Pendekatan Berbasis Objek Menggunakan Data *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), Jakarta: Universitas Indonesia.

Spatial Dynamics and Cellular Automata for Land Use Change Modeling

Bagus Indrawan Hardi[a], Muhammad Faruk[b]

[a,] Research Division at PT Sarana Primadata
(bagusindrawanhardi@gmail.com)

[b,] Department of City and Regional Planning,
School of Architecture, Planning, and Policy Development,
Bandung Institute of Technology

ABSTRACT

Cellular Automata are widely used in land use modeling, it has been proven powerful to simulate land use change for small scale and support detail plan (RDTR) in many large cities in the world. Instead the complex numerical implementation, CA are simple, and it is accurate and also highly dependable on the the rules (rule based).

The most important to do in CA are how we form and calculate the neighbourhood effect. The neighbourhood effect represents the environment and relationship situation between the occupied cell and others. We adopted 196 cells of circular neighbourhood with 8 cells of radius. For the results, CA works well in this study, we exhibit several analyzed and proceed of zoomed part in our interest area. The rule set can handle the complexity in land use modeling. However, we cannot strictly believe of the result, many non-technical parameters, such as politics, natural disaster acitivities, etc. may change the results dramatically.

Keywords: Cellular Automata (CA), land use modeling, neighbourhood effect, and spatial dynamics.

Introduction

Sustainable urban development gives a great influence on national policies of urban planning. To maintain the complexity of urban expansion, we need an extensive geo-computation tools that can handle the dynamicity, both in spatial and time domain. Various techniques are being used by many scientist and planner to mapping the pattern of land use change in the future. The most famous geo-computation to solve this problem is Cellular Automata, or CA for short. CA has been around in the early of 1950, it was proposed by Von-Neumann and Stanislaw Ulam at Los Alamos Laboratory. In the beginning, CA was introduced as a simple 2-D game Conway Game of Life. Nowadays, Cellular Automata are able to maintain many kind of problem that related with spatial interaction, such as urban growth, fire spread, transportation, etc.

Land use change problem is defined as a complex system. To predict the behavior of these 'change', we need a consistent paradigm to look closely how these behavior works. Spatial dynamics provides a clear perception how to maintain the spatial case problem, the dynamicity both spatial and time is needed. If we talk spatially, it will strange when we say the cell is able to influence other cells, but in the real condition, it can happen. For example, the presence of industry (as a land use function) can give a bad impact for the nearest farmland and river (as neighbourhood cells), the wastes that came from the industry will degrade the organic things within the farmland and river directly. But, in the other side, not too locally, it give a good impact for the residence, instead the long destination, peoples have a tendency to choose a near destination for work.

Spatial dynamics looks these things as a simple problem, as long as each cell interact with other cells within particular time domain, the change are able to calculate. Obviously, spatial dynamics needs a tool that able to analyse the behaviors and also predict the next 'change' of dynamicity, we called it as a Cellular Automata (CA). The comprehensive of urban CA was introduced in 1993 by White and Engelen. They used 196 cells to represent the neighbourhood (see fig.4) and proposed three steps for this methodology. First, potentials of transition estimated for each cell. Second, obtained potential sorted decreasingly for each cell. Third, externally defined amount of land distributed over cells with highest potential (Benension and Torrens, 2004).

Cellular Automata (CA)

Cellular Automata are models in which contiguous or adjacent cells, such as those that might comprise a rectangular grid, change their states, their attributes or characteristics through the repetitive application of simple rules (Batty, 1997). Original concept of CA itself came from John von Neumann, he was interested to apply this methodology in biological field. Stanislaw Ulam suggested von Neumann to use CA as a framework for researching this problem. In 1970s, John Conway developed 'The Game of Life', and Now, Cellular Automata are widely used in many disciplines, including land use or land cover prediction. Figure 1 shows an example of planned city located within the savannah, the picture shows a pattern that looks alike with Cellular Automata pattern.

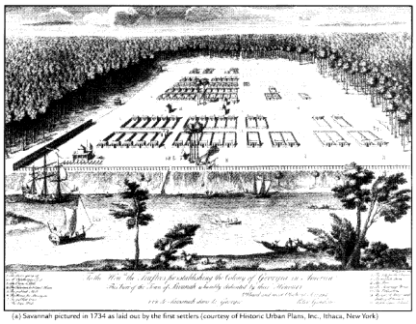


Figure 1. 1730s pictured of Cellular Automata looks alike on savannah (Batty, 1997)

Characteristic of Cellular Automata (CA)

Cellular Automata are simple, both in theory and implementation. It was designed to solve the complex problem and characterize into each parameter to become a simpler problem. Easily, we can recognize CA as,

1. A grid or raster space;
2. A set of states which characterize the grid cells;
3. A definition of the neighbourhood of a cell
4. A set of transition rules that determine the states of neighbouring cells, and
5. A sequence of discrete time steps, with all cell updated simultaneously.

(White and Engelen, 2000)

Using a simple one-dimensional of Cellular Automata, we can find out several unique characteristic of CA based on their class. The Class 1 describes the system

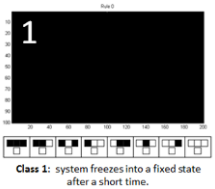
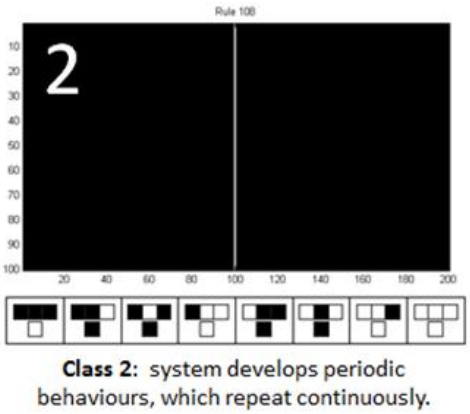
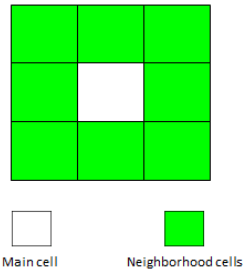


Figure 2. Characteristic of Cellular Automata for one dimensional case based on their class



(CA) freezes into a fixed state after a short time, it means the system unable influenced by any rules of CA. Class 2 describes the system develops periodic behaviors, which repeat continuously. It is a similar condition with car that moves with a constant velocity or zero-value or without acceleration. The Class 3 describes the system becomes periodic, in which it continuously changes in unpredictable ways. In this case, the rules work, but we cannot handle and predict the pattern. The Class 4 describes the system can develop in highly patterned but unstable ways.

We realize the land use change modeling as a complex problem. CA provides the unique behavior that represented as simple rules that able to solve the problem. The more we set the realistic rules, the more precise our result that we get.



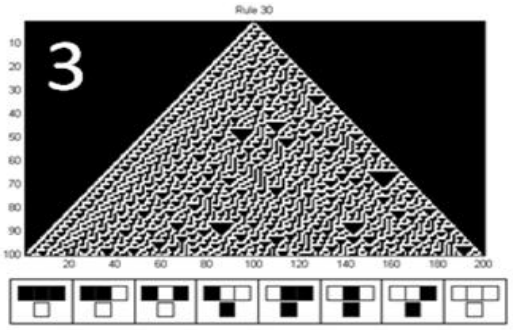


Figure 3. A main cell (white) that bounded by eight neighbourhood cells (green)

Model space

Model space or grid space is generally assumed to be two-dimensional (2D). It consists of two parts of model, first, we define it as a calculated and analysed model which is every single grid inside this model is calculated by any equation, these grids generally filled by cell states and other information. The others is blank model, we just need to skip every single grid inside this model. Consequently, we can efficiently save our cost computation.

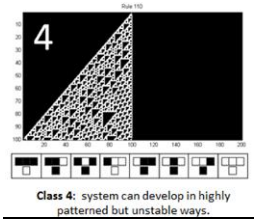
Most scientific research that implements Cellular Automata for their land use modeling are often use a rectangular of square cells, They do not have any restriction to define the grid size, but is typically less than 500 by 500 cells (Engelen, 2002). Obviously, the larger of grid size the longer the computation time it will take. However, to avoid the false impression of detail and information in our domain, we need to put a proper cell scale. In this research, Karawang is represented as a grid consisting of 1.4 million cells of 50 by 50 meter each.

States

Cell states most commonly represent land cover and land use, but may be used to represent any spatially distributed variable for the purpose of modelling its spatial dynamics (White, 2000). The states represent the largest or dominant land use in the cells scope. The cell states consist of two elements, land use function and land use features.

Table 1. Model States

ID & Class	Category
1 Primary Forest	Function
2 Secondary Forest	Function
3 Bush	Function
4 Farmland	Function
5 Residence	Function
6 Fishpond	Function
7 Farm Field	Function
8 Rice Field	Function
9 Swamp	Function
10 Industry	Function
11 River	Feature
12 Vacant	None



The land use function will change in the end of iteration as the result of this simulation, the example of land use function are residential area, primary forest, secondary forest, industrial area, farmland, etc. Meanwhile, the land use features such as roads, highway, airport, harbour, etc. will not change and generally stay still except there are any political, national policy, and other interventions to change these states directly. Despite passive behaviours of the land use features, it can strongly influence the dynamicity and the transition potential value of this model.

Neighbourhood

The neighbourhood that we used in this research is circular shape. It is adopted from White and Engelen to maintain the spatial dynamics of urban and regional systems. The neighbourhood consists of 196 cells and 30 different discrete distance zones. The range of rules value are between -100 (repulsion) until 100 (attraction), It is calculated based on range for each neighbourhood of certain land use function.

Spesifically, We calculated the neighbourhodd effect value as,

$$N_j = \sum_x \sum_d w_{kxd} I_{xd} \quad (1)$$

Where, N_j is neighbourhood effect value, w_{kxd} is the weighting parameter applied to land use k at position x distance zone d of the neighbourhood, and $I_{xd} = 1$ if the cell is occupied by land use k; otherwise, $I_{xd} = 0$ (White and Engelen, 2000).

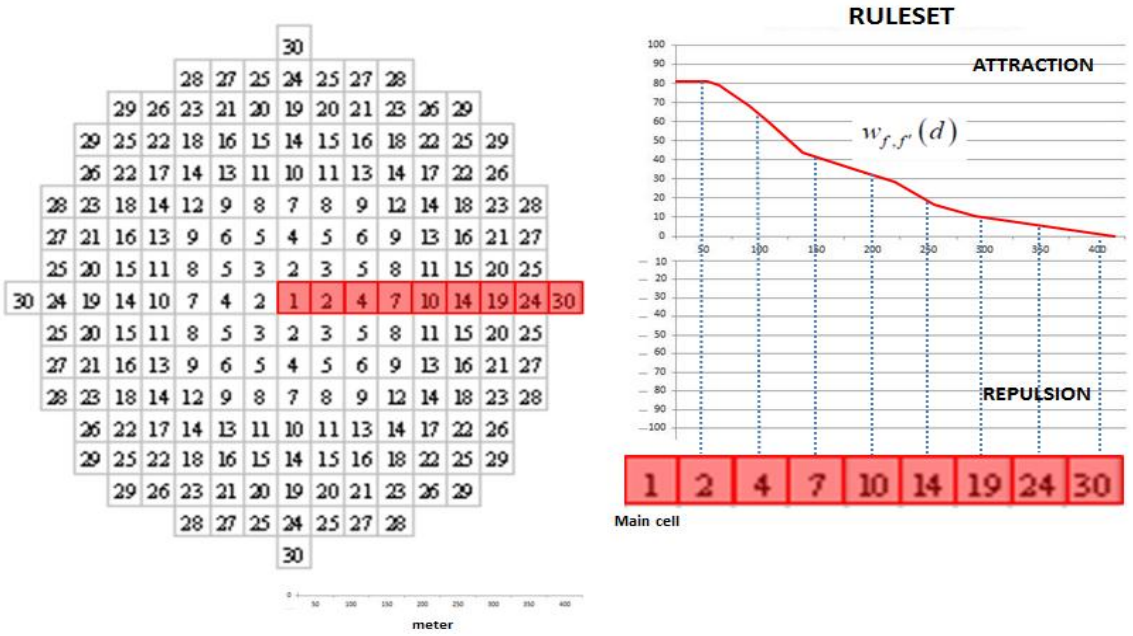


Figure 4. Neighbourhood effect and the rules

Transition Rules

For this research, we applied several rules for each function respect to another expansion function. The rules were defined as influence amplitude between one to another function in the particular scale. In general land use modeling using CA, simply, we can define the transition rules as,

$$P_j = vN_j \quad (2)$$

Where, P_j is transition rules value, v is belong to scalable random perturbation term, and N_j is the neighbourhood effect on the cell for land use j. For non-homogeneous cell space, the transition rules are different. We also need to calculate other attributes representing the details of the cell space, such as suitability, accessibility, zoning, etc. Thus, the main equation is quite similar. We just need to extend the value of other attributes in our calculation,

$$P_j = vZ_jA_jS_jN_j \quad (3)$$

Where, Z_j is zoning status of the cell for land use j, A_j is accesibilty of the cell to the road network, S_j is intrinsic suitability of the cell for land use j, P_j is transition rules value, v is belong to scalable random perturbation term, and N_j is the neighbourhood effect on the cell for land use j.

Implementation

Spatial dynamics and Cellular Automata that applied in this research only works well in the locally area. However, in the wider scale, Cellular Automata cannot capture the dynamicity. Karawang regency was chosen as our simulation area. It is located in West Java Province, Indonesia. The regions are dominated by fishpond in the northern of Karawang along the coastline, and the rice field in almost entire region of Karawang regency. We used 1237x1443 of cells to cover about 1737 km^2 of Karawang regency. The cell size for this research is 50x50 meter. It means the neighbourhood radius is 400 meter (See fig.4).



Figure 5. Simulation area (Source: Google Earth)

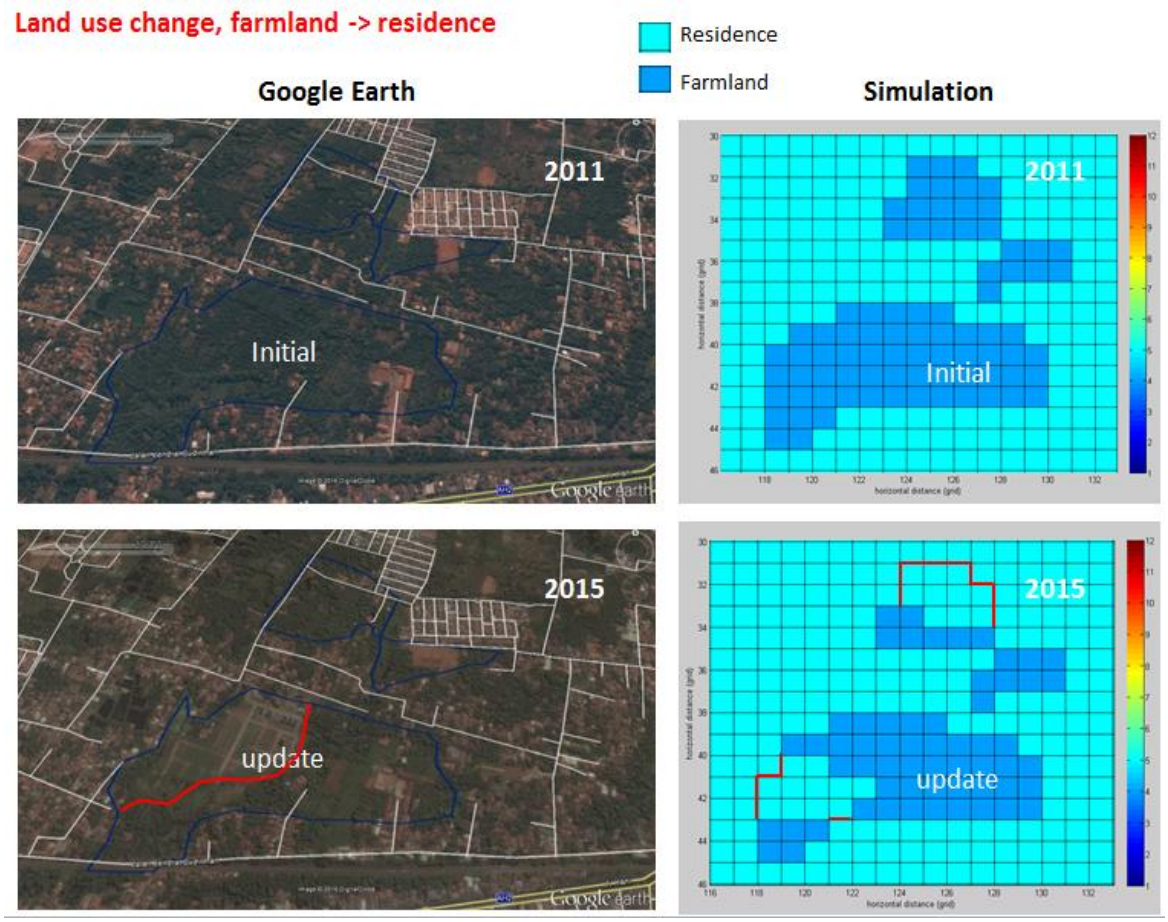


Figure 6. Simulation Result from zoomed part area in the south-eastern of Karawang Region

Land use change between 2011 (initial) and 2015

We did the simulation in the entire area of Karawang Regency. For detail analysis, we zoomed in into small scale view. Figure 6 shows the simulation result in 2015 based on the 2011 land use data. Before we predict the middle and long term, we tried to validate the simulation result using satellite view data in 2015. Analysis of the satellite view between 2011 and 2015 shows that several parts of farmland function changed by the expansion of residential area. If we compare between the aerial photograph and our result, Cellular Automata work well in this research. The red-line areas that exist in our simulation result also appear in the satellite view. It means the CA successfully captured the dynamicity pattern of land use change in Karawang residence.

Land use change between 2015 and 2020

We also perform the prediction result for middle and long term land use modelling in Karawang regency. Figure 7 shows the prediction in 2020 until 2030, we used the same rules that we had applied in 2011-2015. In the time period between 2015 and 2020, there is no significant land use change in Karawang region. However, the number of Residential area cells increase year by year during this period.

Land use change between 2020 and 2025

In this period of time, there is an intensive expansion of industry function (see fig. 7). Based on the system dynamics simulation, the extreme increament of industri function came in the 11^{th}-15^{th} years after the initial years.

Concluding Remarks

This work explores the potential of implementing the Cellular Automata to model the historical urban growth over Karawang City. Cellular Automata are being developed which demonstrate a capacity for modelling real geographical systems with precision and realism. It is not an easy work to predict a complex world with strong uncertainty. However, this Cellular Automata approach begins to capture these phenomena, and it still needs a lot improvement and further scientific analysis.

Acknowledgements

I would like to thank Hardi, Joenil, Prihyono, Suluh, Nisa, Miko, Kus, and other members that involved in spatial dynamics and system dynamics

group of PT. Sarana Primadata for the great discussion and also supporting the development of spatial dynamics and Cellular Automata.

References

Engelen, G., 2002, "Cellular Automata for modelling land use change as driven by socio-economic, enviromental and policy factors", Research Institute for Knowledge System (RIKS).

Irwin, G. E., 2010, "New directions for urban economic models of land use change: incorporating spatial dynamics and heterogeneity", Journal of Regional Science, Vol.50, No.1, pp. 65-91.

Research Institute for Knowledge System (RIKS), 2009, "Metronamica Documentation".

White, R., & Engelen, G., 2000, "High-resolution integrated modelling of the spatial dynamics of urban and regional systems", Computers, Environment and Urban Systems, 24, 383–400.

Beneson , I. and Torren, P., 2004, "Geosimulation: object-based modeling of urban phenomena", Computers, Environment and Urban Systems, 28, 1-8.

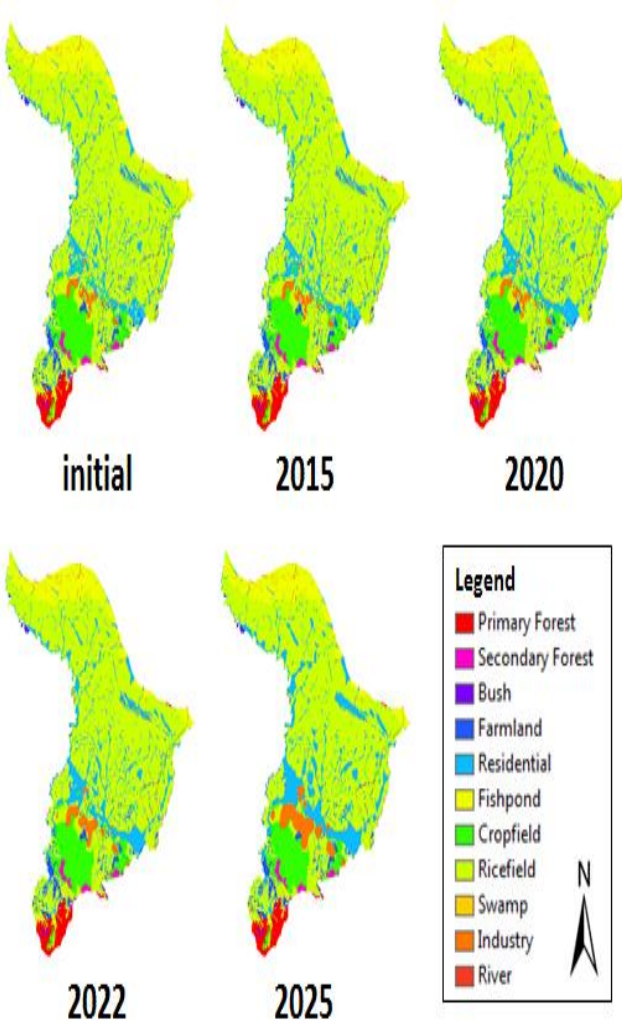


Figure 7. Simulation Result of Karawang Region

Pengembangan Model Konsolidasi Tanah Pertanian dalam Upaya Penanggulangan Bahaya Pencemaran Limbah Industri

(Studi Kasus : Kecamatan Ranca Ekek)

Muhammad Ihsan[a], Bambang Edhi Leksono[b]

[a,] FITB Instutut Teknologi Bandung (muhammad.ihsan.2805@gmail.com)
[b,] FITB Institut Teknologi Bandung (bleksono@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

Rancaekek agricultural areas in the district are affected area industrial wastewater resulting decrease in soil and water quality. The impact of the decline was the decline in crop yields as well as a decline in the quality of rice for each crop. One solution in dealing with industrial waste is screening or biological cleaning by using plants or phytoremediation. One of the requirements of the development of phytoremediation, is the availability of sufficient land. The area of land required for the construction of phytoremediation using Reed is 2426.14 hectares, with three alternative types of plants hiperakumulator, the hyacinth, plant rushes, and vetiver.

Land acquisition for the construction of phytoremediation can be reached through the Land Consolidation. Principles of consolidation is public participation in the form of a donation of land for development. Total area of phytoremediation obtained from the total contribution by the owners of each parcel. In addition to donations of land, do also rearrangement agricultural areas. In this study, three models generated consolidated. Model 1 and 2 produced a model with a donation of the same ground, which is 7% of the total. In model 3 donation of land ranging between 6-8% of the initial parcel, due to the weighting of the distance from the center of remediation. The closer to the center of remediation, the soil will be even greater contribution. Vice versa. This weighting also by the influence of water quality due to agricultural activities.

Phytoremediation development will have a positive impact on the quality of the agricultural environment. Some positive impact on the development of phytoremediation are (1) improvement of water quality characterized by a decrease in this parameter BOD by 59%; (2) an increase in agricultural production by 1000%; and (3) improvement of land rights of indigenous lands (girik) into land property rights.

Keywords: *Phytoremediation, Model, Land Consolidation*

PENDAHULUAN

Pencemaran limbah cair industri di daerah pertanian di Kecamatan Rancaekek menyebabkan kerusakan lingkungan sawah dan kerugian yang sangat besar. Bentuk dari kerugian tersebut antara lain menurunnya jumlah produksi padi setiap tahunnya dan memburuknya kualitas air dan tanah di daerah pertanian. Jumlah kerugian dari setiap tahunnya diperkirakan mencapai 2,43 – 3,65 miliar (Kurnia, 2009).

Dampak dari pencemaran limbah tersebut telah merugikan kehidupan masyarakat di Kecamatan Rancaekek, oleh karena itu dibutuhkan suatu langkah pencegahan dan perbaikan guna meningkatakan kualitas hidup masyarakat. Pada kenyataannya, permasalahan ini tidak ditangani secara menyeluruh oleh pemerintah maupun industri, Intervensi dan upaya yang dilakukan pemerintah tersebut ternyata tidak membuahkan hasil positif, melainkan pencemaran yang terus menerus terjadi dengan tingkat yang lebih buruk. Oleh karena itu dibutuhkan suatu langkah konkrit dan nyata dalam menangani pencemaran ini, salah satunya adalah penjernihan kualitas air untuk irigasi pertanian. (Greenpeace, 2016). Teknologi yang dapat digunakan untuk penjernihan kualitas air adalah dengan pembangunan lahan basah buatan (Constructed Wetland). (Purwani, 2010).

Guna mengimplementasikan pembangunan lahan basah buatan, dibutuhkan peran partisipatif antar pemerintah, industri, dan masyarakat. Peran industri dalam pembangunan ini adalah pihak yang membangun lahan basah buatan, peran pemerintah adalah pembuat regulasi dan pengawas dalam hal penanggulangan air limbah, sedangkan

untuk peran aktif masyarakat dapat berupa pengadaan lahan untuk instalasi dalam bentuk konsolidasi tanah. Gambar 1 menampilkan peran antar elemen guna menanggulangi pencemaran limbah cair industri.

Penelitian ini memfokuskan pada peran aktif

masyarakat melalui konsolidasi tanah. Menurut Huggins (2012), konsolidasi tanah merupakan suatu tahapan dalam meningkatkan kefektifan suatu lahan pertanian dan pengembangan daerah tertinggal. Peran konsolidasi tanah dalam penelitian ini adalah sebagai cara pengadaan lahan untuk pembangunan lahan basah buatan. Penyediaan lahan akan berlokasi di daerah pertanian. Akibat dari pengadaan tanah untuk pembangunan lahan basah buatan adalah berkurangnya luasan persil pertanian.

METODOLOGI

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah Metode Kombinasi Sistem Informasi Geografis dan Sistem Berbasis Pengetahuan yang dikembangkan oleh Buis dkk. (1996), prinsip dari metode ini adalah kegiatan pembagian lahan (land partitioning) merupakan suatu kegiatan yang berbasis pada pengolahan bersifat semi manual yang melibatkan pendakatan keseimbangan, optimisasi, dan penanganan hambatan.

Pendekatan yang dilakukan dalam metode ini adalah melakukan kombnasi antara fungsi pengolahan dan analisis spasial dari Sistem Informasi Geospasial serta Sistem Berbasis Pengetahuan. Pada pemodelan konsolidasi, terdapat beberapa aspek/parameter yang perlu diperhatikan seperti aspek lingkungan, sosial, harga tanah, dan aspek-aspek lainnya. Berbagai macam aspek tersebut menciptakan suatu kompleksitas sehingga dibutuhkan suatu batasan serta pendefinisian parameter, Sistem Berbasis Pengetahuan memiliki andil dalam melakukan pendefinisian parameter tersebut. Dengan mengkombinasikan peran pengetahuan dengan kemampuan pengolahan spasial pada GIS sehingga akan dihasilkan suatu model konsolidasi yang tepat-guna.

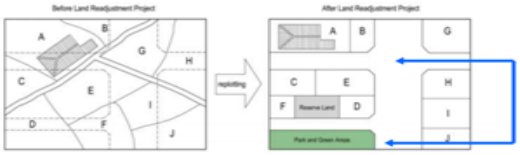
KERANGKA KONSETUAL

termasuk hal-hal yang bisa disampaikan dalam bagian Pengertian dari Konsolidasi Tanah menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 4 Tahun 1991 tentang Konsolidasi Tanah adalah kebijaksanaan pertanahan mengenai penataan kembali penguasaan dan penggunaan tanah serta usaha pengadaan tanah untuk kepentingan pembangunan, untuk mengingkatkan kualitas lingkungan dan pemeliharaan sumber daya alam dengan melibatkan partisipasi aktif masyarakat.

Menurut Yanase (2013), konsep utama dari konsolidasi tanah adalah sebagai berikut:

1. Pengaturan Ulang (Replotting)

Desain pengaturan ulang merupakan suatu perangkat penting dalam kegiatan konsolidasi tanah. Desain ini mencakup bentuk dan luasan daerah yang telah tertata yang didasari atas kondisi awal sebelum konsolidasi, seperti pada gambar 1. Setiap persil yang tercakup dalam kawasan konsolidasi akan ditata ulang, meskipun persil hasil dari penataan tersebut akan memberikan bentuk, luas, dan lokasi yang berbeda dari lahan awal. Hak atas tanah pada persil akan dialihkan pada persil setelah hasil penataan. Secara umum, persil baru akan memiliki nilai yang lebih tinggi meskipun luasan semakin kecil

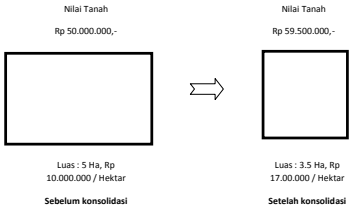


Gambar 1. Prinsip konsolidasi tanah
(sumber : Yanase, 2013)

2. Kontribusi

Teori kontribusi sangat penting dalam konsolidasi tanah, implementasi kontribusi pada kegiatan konsolidasi tanah yaitu keterlibatan pemilik tanah berupa sumbangan tanah untuk pembangunan,

sumbangan tanah tersebut akan dialokasikan untuk pembangunan infrastruktur, fasilitas umum dan sumbangan tanah untuk pembangunan, meskipu n luasan tanah berkurang akibat, nilai tanah akan bertambah, penambahan nilai digambarkan pada gambar 2



Gambar 2. Efek konsolidasi terhadap nilai tanah
(sumber : Yanase, 2013)

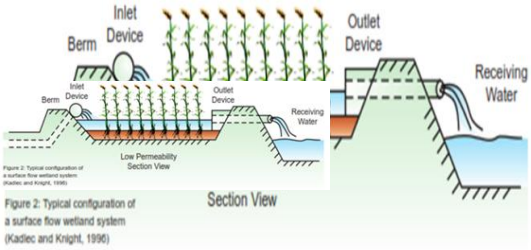
3. Tanah Pengganti Biaya Pembangunan (Financial Land)

Sumber pendanaan dalam kegiatan konsolidasi dibagi ke dalam dua jenis yaitu pendanaan dari kontribusi lahan maupun kontribusi finansial. Pada hakikatnya, setiap kegiatan konsolidasi tanah didanai oleh para pemilik tanah, akan tetapi untuk beberapa pemilik tanah yang tidak mampu,dapat menyumbangkan tanahnya untuk tanah pengganti biaya pembangunan (TPBP), tanah ini akan digunakan untuk kepentingan komersial, sehingga hasil penjualan tanah

digunakan untuk mendanai kegiatan konsolidasi,

Lahan Basah Buatan

Lahan basah buatan adalah sistem pengendalian limbah industri buatan dengan menggunakan sistem pengolahan limbah berbasis lingkungan. Tujuan dari Lahan basah buatan adalah untuk mengolah berbagai macam limbah dengan menggunakan sifat-sifat biologis dari tanaman.



Gambar 3. Penampang memanjang Lahan basah buatan
(Sumber : Wetland International (2003)

Pembangunan lahan basah buatan dapat dibagi kedalam dua kegiatan besar, yaitu pembangunan infrastruktur dan tahap pengembangan vegetasi. Pembangunan infrastruktur termasuk aktivitas pra-konstruksi seperti pembersihan lahan dan persiapan lahan. Dalam pembangunan lahan basah buatan perlu diperhatikan kondisi kontur atau topografi daerah.

Selain posisi, perhitungan luasan Lahan basah buatan harus diperhitungkan dengan matang karena berkaitan dengan kualitas air. Menurut Wetland International (2003) Lahan basah buatan umumnya didesain dengan ukuran dan biaya minimum untuk menghasilkan tingkat pengurangan pencemaran tertentu. Umumnya, sistem pengolahan Lahan basah buatan memiliki rasio panjang per lebar sebesar 3 / 4 : 1 dan berbentuk persegi panjang.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan awal dari penelitian ini adalah penentuan lokasi untuk lahan basah buatan, berdasarkan citra foto UAV, didapatkan tiga alternatif wilayah untuk konsolidasi, berdasarkan tujuh parameter penentuan lokasi remediasi, seperti pada tabel 1, didapatkan lokasi konsolidasi di RW 08 Desa Linggar. Lokasi konsolidasi digambarkan pada gambar 4



Gambar 4. Lokasi konsolidasi

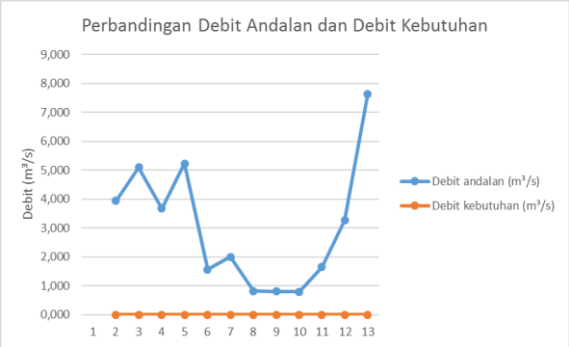
Tabel 6. Tabel analisis paramater lokasi konsolidasi

Parameter	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3
Jarak dengan sumber limbah (sungai)	Dekat	Dekat	Dekat
Ketersediaan lahan	Ada	Ada	Ada
Kondisi Topografi	Datar	Datar	Landai
Jenis tanah	Medium	Medium	Medium
Kondisi daerah banjir	Tidak Banjir	Tidak Banjir	Tidak Banjir
Parameter	Wilayah 1	Wilayah 2	Wilayah 3
Spesies berbahaya/dilindungi	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Situs arkeologi dan bangunan bersejarah	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
Kondisi penggunaan lahan	Pertanian dan lahan kosong	Pertanian	Pertanian
Data Kepemilikan	Tidak ada	Ada	Ada

Setelah lokasi lahan basah buatan ditentukan, tahapan selanjutnya adalah melakukan analisis hidrologi. Tahapan ini dilakukan untuk memeriksa dan memastikan bahwa kegiatan remediasi dengan lahan basah buatan dapat dilaksanakan dan memungkinkan secara aspek hidrologi. Analisa hidrologi dilakukan dengan menghitung dua aspek yaitu aspek kebutuhan air untuk pengairan pertanian serta aspek ketersediaan air dalam bentuk debit.

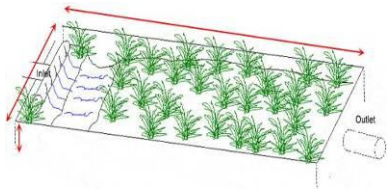
Perhitungan kebutuhan air untuk irigasi dilakukan dengan metode Menpan – Monteith, sedangkan perhitungan debit menggunakan metode F.J. Mock. Dari hasil perhitungan debit andalan selamat 10 tahun, rata-rata debit di sungai Cikijing adalah 3,043 (m^3/s) dengan debit banjir terbesar pada bulan Desember dan debit kemarau pada bulan September. Dengan mengurangi debit kemarau dengan debit kebutuhan tertinggi maka dapat dianalisis ketersediaan dan kemampuan dari sungai Cikijing dalam mengairi daerah konsolidasi.

Debit banjir pada sungai Cikijing sebesar 794 liter/detik sedangkan kebutuhan debit untuk daerah konsolidasi adalah sebesar 6 liter detik. Dengan mengurangi kedua debit tersebut, maka surplus debit sungai Cikijing sebesar 788 liter/detik sehingga dapat dipastikan bahwa debit Sungai Cikijng dapat mengaliri daerah konsolidasi.



Gambar 5. Grafik perbandingan debit andalan dan debit kebutuhan

Perhitungan luasan remediasi menggunakan metode Reed. Perhitungan dengan metode ini berdasarkan pada estimasi kebutuhan area untuk menentukan nilai BOD. Dengan menyertakan parameter BOD, rata-rata debit limbah, rata-rata kandungan BOD dalam limbah, serta kebutuhan BOD yang sesuai dengan standar. Berdasarkan data BOD dari penelitian yang dilakukan oleh Nurhaeni (2011) sebesar 147 mg/L, standar BOD limbah industri yang dihasilkan dari Peraturan Pemerintah Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2014 sebesar 60 mg/L, serta debit limbah menggunakan debit andalan dari sungai cikijing, maka didapatkan perhitungan luasan dan dimensi remediasi sebagai berikut :



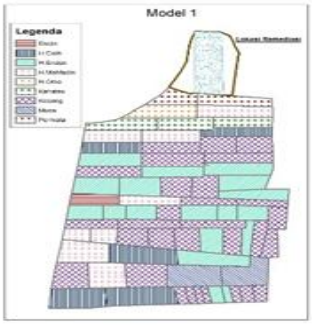
Gambar 6. Dimensi Lahan basah buatan

Setelah dilakukan perhitungan luasan Lahan basah buatan, maka dilanjutkan dengan penempatan Lahan basah buatan pada daerah konsolidasi.

Menurut Jones (1997), Posisi inlet atau pengambilan air harus berdekatan dengan sumber air. Dalam hal ini, maka posisi intake akan diletakkan dibibir sungai Cikijing. Panjang remediasi akan ditarik dari posisi intake sejauh 85,31 m dengan lebar sebesar 28,44 m. Berdasarkan luas total STUP maka dibentuk tiga model dengan pendekatan yang berbeda. Ketiga model tersebut mengikuti syarat atau kriteria konsolidasi yaitu lokasi, luas, kepemilikan (Cay dkk., 2013). Dalam penelitian ini akan dikembangkan suatu model konsolidasi yang juga melibatkan aspek penurunan kualitas air.

Model 1

Model ini mengadaptasi prinsip kesetaraan STUP untuk setiap persil. Adapun pengurangan STUP masing-masing sebesar 7% dari luas persil, selain itu model ini akan mempertahankan jumlah persil sehingga setiap pemilik persil akan tetap memiliki jumlah persil yang sama. Model 1 ditampilkan pada gambar 7

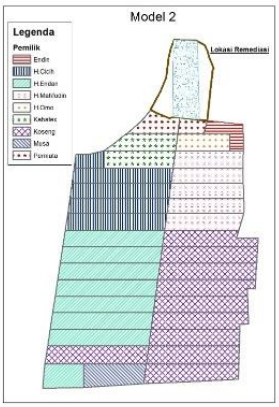


Gambar 7. Model Konsolidasi 1

Penentuan lokasi persil pada model ini adalah dengan membagi lokasi berdasarkan rentang luas. Hal ini dilakukan agar setiap luasan persil yang sama diletakan dalam suatu blok sehingga penataan akan lebih rapi dan mempermudah untuk dilakukan irigasi.

Model 2

Model ini menggunakan prinisip kesetaraan luas, serta penentuan lokasi persil berdasarkan kepemilikan. . Setiap pemilik persil akan memiliki blok-blok dengan luasan hasil pengurangan STUP, setelah dilakukan pembagian blok, maka dilanjutkan dengan pembagian persil. Berdasarkan hasil pemodelan, didapatkan kondisi daerah konsolidasi yang lebih tertata dengan jumlah persil yang lebih sedikit.

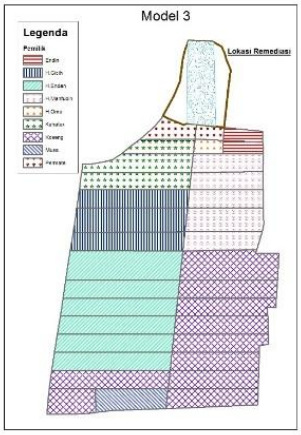


Gambar 8. Model Konsolidasi 2

Model 3

Prinsip dari model ini sama dengan model 2 dengan menggunakan prinsip kesetaraan luas dan pembagian blok berdasarkan kepemilikan, akan tetapi terdapat aspek pembobotan jarak dalam perhitungan STUP. Menurut Jana dkk.(2013), aktivitas pertanian dapat mengurangi kualitas air karena telah tercemar kandungan Nitrat dan Nitrit dari pupuk. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan pembobotan terhadap jarak dari titik

outlet remediasi ke persil awal, semakin dekat dengan remediasi maka kan persil tersebut akan mendapatkan kualitas air yang semakin baik, sehingga diberikan bobot STUP yang lebih besar. Berdasarkan hitungan tersebut maka didapat model 3 dengan pada gambar 9



Gambar 9. Model Konsolidasi 3

ANALISIS

Analisis Perbandingan STUP

Berdasarkan hasil model konsolidasi, maka didapatkan nilai STUP yang berbeda-beda, tabel 2 menampilkan perbandingan luasan STUP untuk setiap kepemilikan

Tabel 2. Perbandingan luas STUP antar model

Nama Pemilik	Luas (m²)	Jumlah Persil	STUP		
			Model 1	Model 2	Model 3
Endin	760,76	1	54,06	54,06	59,52
Musa	1595,85	1	113,39	113,39	104,10
H.Omo	1193,21	1	84,78	84,78	93,35
Permata	1849,90	2	131,44	131,44	152,42
Kahatex	2826,65	3	200,85	200,85	214,48
H Cicih	7001,62	5	497,50	497,50	515,70
H.Mahfudin	7531,66	8	535,16	535,16	555,98
H.Endan	15103,46	20	1073,17	1073,17	1024,52
Koseng	18839,98	29	1338,66	1338,67	1308,93
Total	56703,09	70	4029,01	4029,01	4029,00

Dari tabel 2, didapatkan bahwa luasan STUP untuk model 1 dan model 2 sama dikarenakan prinsip keseragaman luasan STUP senilai 7%, sedangkan nilai STUP pda model 3 cenderung berbeda dan dikarenakan adanya pembobotan terkait jarak dengan titik remediasi. Pada model 3, terdapat beberapa pemilik yang memiliki nilai STUP lebih besar dari model 1 dan 2, seperti Permata Endin, Musa, dan H.Mahfudin. pada keempat pemilik tersebut, total presentasi untuk STUP adalah sebesar 8%, pembobotan dengan mempertimbangkan kualitas air merupakan pembaruan pada penentuan konsolidasi, sehingga dengan pembobotan ini, ada aspek keadilan terkait pemanfaatan air remediasi.

Analisis Perbandingan Luas dan Letak Persil

Perhitungan luas dan letak persil pada pemodelan ini didasari pada luasan remediasi. Untuk setiap model, total luasan seragam dengan luas 5,4 hektar. Berdasarkan hasil perhitungan STUP untuk masing-masing model maka didapatkan luasan yang dimiliki oleh masing-masing pemilik seperti pada tabel 3

Tabel 3. Tabel perbandingan luas akhir antar model

Nama Pemilik	Luas (m²)	Luas Akhir		
		Model 1	Model2	Model 3
Endin	760,76	706,71	706,71	701,24
Musa	1595,85	1482,46	1482,46	1491,75
H.Omo	1193,21	1108,42	1108,42	1099,85
Permata	1849,90	1718,46	1718,46	1697,48
Kahatex	2826,65	2625,81	2625,81	2612,18
H Cicih	7001,62	6504,12	6504,12	6485,92
H.Mahfudin	7531,66	6996,50	6996,50	6975,68
H.Endan	15103,46	14030,29	14030,29	14078,94
Koseng	18839,98	17501,31	17501,31	17531,04
Total	56703,09	52674,09	52674,08	52674,09

Berdasarkan data perbandingan luasan pada tabel 3, untuk model 1 dan model 2 menunjukkan kesamaan luasan persil, sedangkan pada model 3 menunjukkan luasan yang berbeda karena adanya pembobotan terkait jarak. Perbedaan mendasar yang terdapat pada model 1 dan model 2 adalah dalam hal tata letak. Pada model 1, luasan yang memiliki rentang tertentu dikumpulkan dalam suatu blok dan disusun ulang sesuai dengan rentang tersebut. Tabel 3. menampilkan rentang luasan untuk model 1

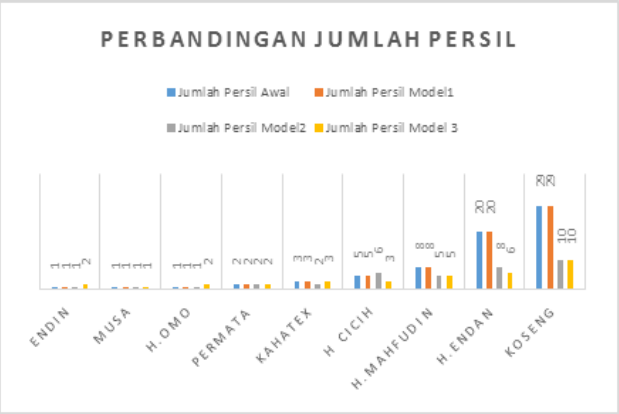
Analisis Perbandingan Jumlah Persil

Hasil perhitungan luas dan STUP juga berdampak terhadap jumlah persil. Model 1 menggunakan prinsip jumlah persil tetap sehingga total jumlah persil pada model 1 akan sama dengan kondisi sebelumnya yaitu 70 persil. Sedangkan pada model 2 dan 3, jumlah persil lebih sedikit dikarenakan adanya penataan ulang luasan sawah. Perbandingan jumlah persil ditampilkan pada tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan jumlah persil per-pemilik antar model

Nama Pemilik	Jumlah Persil Awal	Jumlah Persil		
		Model 1	Model 2	Model 3
Endin	1	1	1	2
Musa	1	1	1	1
H.Omo	1	1	1	2
Permata	2	2	2	2
Kahatex	3	3	2	3
H Cicih	5	5	6	3
H.Mahfudin	8	8	5	5
H.Endan	20	20	8	6
Koseng	29	29	10	10
Total	70	70	36	34

Pengurangan jumlah persil dilakukan sebagai upaya untuk penataan petak pertanian agar irigasi semakin baik. Dalam hal ini perlu dilakukan penataan luasan petak agar lebih besar agar memudahkan dalam hal irigasi serta akses galangan. Jumlah persil pada model 2 dan model 3 ditata lebih sedikit agar manfaat irigasi dan akses tersebut dapat tercapai. Gambar 10 menampilkan perbedaan jumlah persil antar model dibandingkan dengan persil awal.



Gambar 10. Perbandingan jumlah persil antar model

Analisis Kelemahan dan Keunggulan

Dengan mempertimbangkan seluruh analisis terkait jarak, letak, dan jumlah persil maka dapat dirangkum perbandingan antara ketiga model sehingga akan didapatkan gambaran model yang cocok untuk konsolidasi lahan pertanian, tabel 5 menampilkan kelebihan dan kelemahan untuk setiap model.

Tabel 5. Tabel keunggulan dan kelemahan antar model

Model	Kelebihan	Kelemahan
Model 1	Model 1 memiliki kelebihan dalam prinsip keseragaman STUP dan jumlah persil yang tetap, model ini dapat digunakan jika pemilik konsolidasi berkeinginan untuk mempertahankan kondisi dan jumlah persil, selain itu dengan persebaran persil berdasarkan luasan yang seragam akan berdampak pada distribusi air yang merata untuk setiap persil	Model 1 memiliki kelemahan dalam hal bentuk yang tidak terlalu rapi sehingga dapat menyulitkan dalam hal akses ke setap petak pertanian, selain itu persebaran lokasi persil tidak sesuai dengan prinsip konsolidasi dan juga mempersulit dalam hal administrasi
Model 2	Model 2 memiliki kelebihan dalam hal penataan serta pembagian STUP yang seragam, sehingga memudahkan untuk pembuatan jaringan irigasi serta akses ke setiap petak persil. Selain itu, model ini akan memudahkan pemilik dalam mengurus hal terkait administrasi, dikarenakan tidak adanya persil yang tersebar	Kekurangan dalam model ini adalah adanya potensi konflik terkait keinginan pemilik untuk mempertahankan jumlah persil dan penyatuan lokasi persil.
Model 3	Model 3 memiliki kelebihan dalam hal penataan, penentuan lokasi, dan prinsip keadilan terkait pemanfaatan air hasil remediasi. Pembobotan ini dapat menjadi solusi akan potensi konflik terkait pemakian air hasil remediasi	Kekurangan dari model ini adalah perlunya kajian serta penanganan terkait kualitas air, selain it perlu dilakukan sosialisasi yang lebih mendalam kepada pemilik pertanian akan hal pembobotan ini

KESIMPULAN

Pembangunan Lahan basah buatan sebagai upaya penanggulangan limbah cair industri dapat dilakukan karena memenuhi beberapa kriteria pembangunan remediasi seperti lokasi yang sesuai dengan prinsip 8 parameter lokasi remediasi, serta debit andalan yang lebih besar (rata-rata dari debit kebutuhan (rata-rata).Lokasi konsolidasi memiliki luas 5,8 hektar dengan jumlah persil sebanyak 70 persil dan dimiliki oleh 9 orang. Luasan remediasi yang dibutuhkan adalah 0,4 hektar, sehingga sisa luas area yang akan diatur dan dikonsolidasi seluas 5,3 hektar. Berdasarkan hasil pemodelan, didapatkan tiga

model dengan pendekatan yang berbeda. Pada model 1 dan 2 setiap persil memberikan kontribusi sebanyak 7 persen dari total luas awal, sedangkan pada model 3 kontribusi luas berbeda beda (antara 6-8%) dikarenakan adanya pembobotan jarak dari persil ke remediasi.

REKOMENDASI

Diperlukan lagi studi menyeluruh terkait fitoremediasi dan Lahan basah buatan di Rancaekek.. Untuk mendapatkan manfaat maksimal, maka pembangunan fitoremediasi dapat dibangun mencakup keseluruhan daerah pertanian. Oleh karena itu dibutuhkan sumbangan tanah untuk pertanian dengan cakupan yang lebih luas.

DAFTAR PUSTAKA

Sumber Jurnal

Armstrong, Thomas. (2013). *Kecerdasan Multipel di Dalam Kelas, Edisi Ketiga*. Indeks: Jakarta

Buis I.r. (1996). *Support of The Reallotment Process in Land Development Projects in Netherlands*. Delft University of Technology : Belanda

Cay T., dan Uyan M. (2013). *Evaluation of reallocation criteria in land consolidation studies using the Analytic Hierarhy Process (AHP)*. Elsevier : Land Use Policy, Hal. 541 – 548

Jana. I., dkk. (2013). *Pengaruh Aktivitas Pertanian Terhadap Kualitas Air Irigasi di Subak Tegalampit Payangan Gianyar*. Poltekkes Denpasar : Denpasar

Kurnia U. (2009). *Teknologi Pencemaran Lahan Sawah. Balai Penelitian Tanah Kementrian Pertanian*. Balai Besar Pertanian : Bogor

Greenpeace Indonesia. (2016). *Konsekuensi Tersembunyi : Valuasi Kerugian Eknonomi Akibat Pencemaran Industri*. Greenpeace Indonesia: Jakarta

Purwani J., (2010). *Remediasi Tanah dengan Menggunakan Tanaman Akumulator Logam Berat Akar Wangi*. Balai Penelitian Tanah : Bogor

Huggins C. (2012) . *Consolidating Land, Consolidating Control : What Future for Smallholder Farming in Rwand's 'Green Revolution'*. International Conference on Global Land Grabbing II : New York

Yanase N., (2013) . *Understanding Kukaku-Seiri (Land Readjusment). Departement of Civil Engineering*. Ashikaga Institut of Technologi : Jepang

Wetland International. (2003). *The Use of Constructed Wetland fot Wastewater Treatment*. Wetland International-Malaysia Office: Selangor

Kajian Pemetaan Digital Skala Besar Berbasis Teknologi Fotogrametri *UAV* dan *Close Range*

(Studi Kasus: Stasiun Pengumpul Minyak Pertamina Jatibarang)
(Study of Large-Scale Digital Mapping Based on Technology of UAVs and Close Range Photogrammetry (Case Study: Pertamina's Oil Block Station, Jatibarang, West Java))

Dara Fara Dilla Ulfiani, Deni Suwardhi, Dwi Wisayantono

Program Studi Tenik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung
darafaradillaulfiani@gmail.com, denisuwardhi@gmail.com,

ABSTRAK

Stasiun pengumpul atau yang juga dikenal dengan block station merupakan suatu tempat dimana terjadi pemisahan fluida (minyak atau gas bumi) untuk pertama kali setelah fluida diangkat dan dialirkan melalui flowline dari sumur. Di dalam stasiun pengumpul terdapat peralatan peralatan produksi yang berfungsi untuk melakukaan pekerjaan pengarahan, pemisahan, penampungan, pengukuran, dan pengaliran fluida produksi. Untuk mempermudah pengecekan dan perawatan stasiun pengumpul, maka dibutuhkan pemetaan aset dan pemetaan detail situasi di wilayah stasiun pengumpul dan juga visualisasi yang baik dalam penyajian peta tersebut. Pemetaan stasiun pengumpul dapat dilakukan menggunakan teknik fotogrametri. Daerah stasiun pengumpul minyak tergolong sebagai area yang tidak terlalu luas sehingga metode yang lebih efisien adalah menggunakan UAV. Salah satu permasalahan dalam penggunaan foto udara untuk menghasilkan model 3D adalah kurang detilnya objek yang dihasilkan dari rekonstruksi 3D oleh foto udara. Karena alasan itulah dibutuhkan data tambahan yang mencakup bangunan bangunan didalam stasiun pengumpul, data tersebut adalah data foto terrestrial close range. Penelitian ini mencakup proses fotogrametri dari masing masing data, integrasi data foto udara dan foto terrestrial, pembentukan model 3D dan model planimetris dari stasiun pengumpul, dan yang terakhir adalah evaluasi akurasi dan skala yang dapat dihasilkan

Kata Kunci: Fotogrametri UAV, Fotogragrametri Close Range, Stasiun Pengumpul, model 3D

Pendahuluan

Melihat kondisi stasiun pengumpul yang memiliki susunan bangunan, tangki, dan pipa yang cukup rumit, maka peta stasiun pengumpul yang dibutuhkan adalah peta 3D yang dapat menampilkan objek-objek didalamnya secara detil dalam ruang 3 dimensi. Pemetaan atau pemodelan 3D dilakukan dengan menggunakan informasi yang sebenarnya melalui metode fotogrametri. Fotogrametri didefinisikan sebagai seni, ilmu, dan teknologi untuk memperoleh informasi terpercaya tentang objek fisik dan lingkungan melalui proses perekaman, pengukuran, dan interpretasi gambaran fotografik dan pola radiasi tenaga elektromagnetik yang terekam (Wolf, 1993).

Seiring berkembangnya teknologi, dikembangkan wahana udara tanpa awak atau unmanned aerial vehicle (UAV) untuk pemetaan fotogrametri aerial yang bertujuan untuk menghasilkan peta detail situasi berskala besar. Hasil dari survey pemetaan dengan menggunakan metode fotogrametri UAV memiliki beberapa kelebihan diantaranya yaitu citra foto udara yang dihasilkan dengan fotogrametri UAV memiliki tingkat kedetilan visual yang tinggi dan lebih efisien dari segi biaya dan waktu jika dibandingkan dengan pengukuran terestris. Namun, dalam hal pengembangan model 3D yang dibuat oleh fotogrametri udara (UAV), sulit untuk mencapai tingkat kualitas dan kedetilan yang dibutuhkan stasiun pengumpul minyak karena efek dari kurangnya data visualisasi bangunan pada resolusi foto udara. Maka dari itu, untuk menghasilkan tingkat kedetilan yang tinggi, dibutuhkan integrasi antara data fotogrametri aerial menggunakan UAV dan data visualisasi bangunan dengan menggunakan motode fotogrametri terestrial (terrestrial photogrammetry) (Eo, Moon, Lee, & Park, 2012). Di tempat-tempat di mana dibutuhkan visualisasi detil bangunan amun sulit diakses seperti pada stasiun pengumpul ini, maka foto diambil menggunakan kamera beresolusi tinggi dengan berjalan kaki (photographing on foot). Hasil dari fotogrametri terestrial ini adalah pemodelan objek/bangunan dalam bentuk 3 dimensi yang kemudian diintegrasikan dengan hasil dari fotogrametri aerial sehingga menjadi kesatuan bentuk 3D yang utuh.

DATA PENELITIAN

Data foto udara yang didapatkan adalah data foto udara hasil pemotretan dengan unmanned aerial vehicle. Foto udara yang dihasilkan diakuisisi dengan menggunakan kamera digital. Contoh foto data foto udara dapat ditunjukan oleh gambar 1.



Gambar 9. Foto udara pada kawasan stasiun pengumpul minyak

Data yang kedua adalah data foto terestrial rentang dekat yang menggunakan kamera digital (gambar 2.). Fotogrametri adalah teknik untuk memperoleh informasi tentang posisi, ukuran, dan bentuk dari sebuah objek tanpa mengukur secara langsung melainkan dengan mengukur foto dari objek tersebut. Fotogrametri rentang dekat digunakan untuk mendeskripsikan teknik fotogrametri ketika jarak terhadap objek ke kamera sangat dekat yaitu kurang dari 100 meter (Atkinson, 1996)



Gambar 2. Data foto terestrial rentang dekat

Data yang ketiga adalah ada *ground control point*. Data GCP dibutuhkan dalam proses bundle adjustment untuk mendapatkan koordinat tanah. Ground Control Point (GCP) atau titik kontrol tanah merupakan objek di permukaan bumi yang dapat diidentifikasi dan memiliki informasi spasial bereferensi terhadap tanah (X,Y,Z).



Gambar 3. Persebaran GCP

Selain menggunakan data ground control point, penelitian ini juga menggunakan peta 2D dari daerah stasiun pengumpul pertamina jatibarang sebagai referensi pada saat proses analisis hasil peta planimetrik dari ortofoto.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan peta 2 dimensi dan peta 3 dimensi dari stasiun pengumpul minyak jatibarang. Proses yang dilakukan meliputi serangkaian pengolahan data seperti diagram 1 dibawah ini.

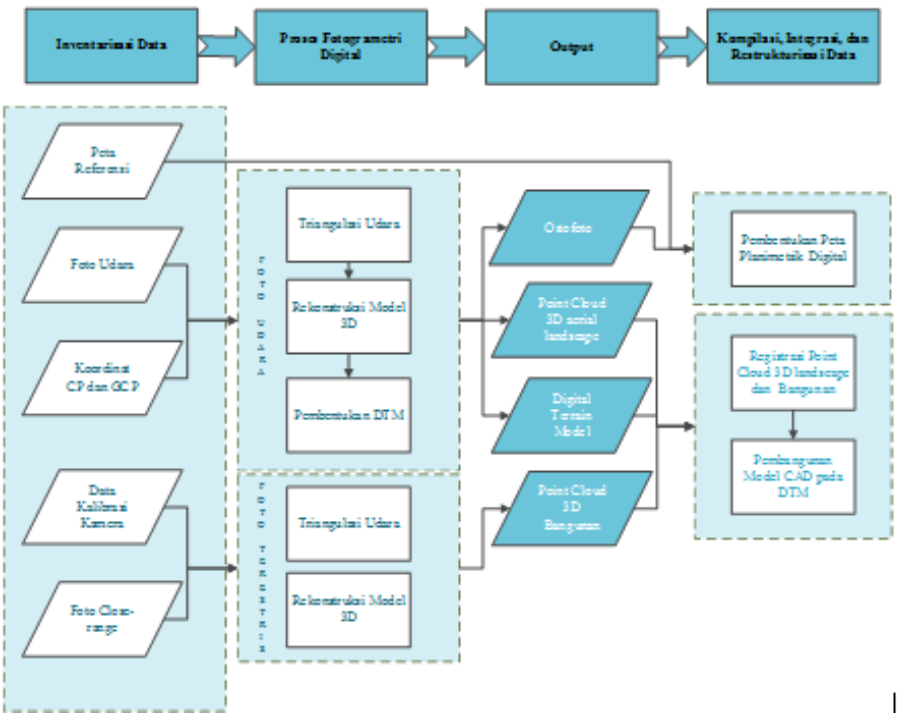


Diagram 1. Bagan alir pemrosesan

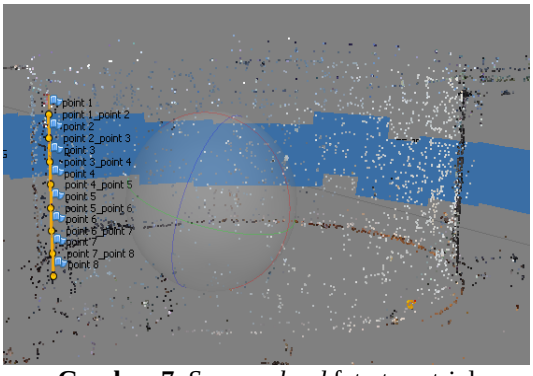
3.1 Proses Fotogrametri

Proses fotogrametri ini terdiri dari Triangulasi udara, rekonstruksi model 3 dimensi, dan pembuatan *digital terrain model*. Triangulasi udara adalah penentuan posisi dengan media foto udara, lebih lanjut lagi dikatakan sebagai proses penentuan koordinat tanah dari titik-titik di lapangan dan di foto berdasarkan pengukuran pada unit dasar fotogrametrik melalui proses transformasi koordinat secara simultan dari sistem koordinat fotografik ke sistem koordinat tanah sehingga titik-titik yang sekawan akan memiliki koordinat yang sama.

Agisoft Photoscan Professional (www.agisoft.ru) adalah software yang digunakan dalam pengolahan fotogrametri. Software ini menggunakan SfM (structure from motion) untuk penggabungan foto (image alignment). Rekonstruksi 3D dari image alignment dilakukan dengan deteksi otomatis karakteristik dari *poin*t atau *feature point* dalam sebuah foto. Kemudian, dilakukan pencocokan *feature point* untuk menghubungkan antara satu point dengan point lain yang sama pada foto yang berbeda (image matching). Panjang fokus lensa dan ukuran foto pada setiap foto disesuaikan selama proses *maximum likelihood adjustment*, hal tersebut memungkinkan iterative bundle adjustment dan estimasi dari *sparse point cloud* (lihat Gambar 5 dan Gambar 6). Pada proses inilah, GCP diberikan pada masing masing foto dan kumpulan foto tersebut akan disatukan ke dalam sebuah sistem koordinat 3D yang absolut. Hasil dari proses ini adalah sebuah rekonstruksi virtual dari sekumpulan foto dan seluruh matched feature points secara akurat terposisikan pada koordinat 3D. (Stal dkk, 2014)



Gambar 5. *Sparse cloud* foto aerial

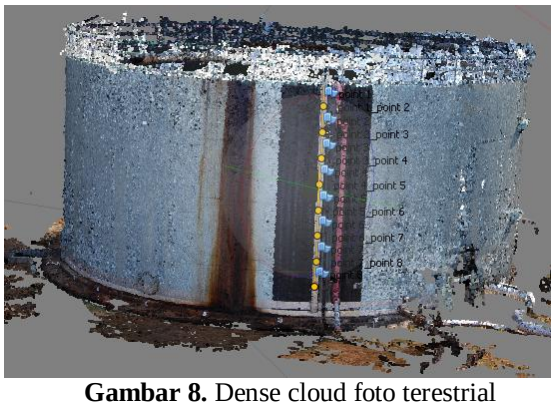


Gambar 7. *Sparse cloud* foto terestrial

Setelah dilakukan metode Strucure for Motion (SfM) pada proses align photos, bentuk geometrik dari objek yang akan dimodelkan dengan merekonstruksi berkas cahaya menggunakan MVS (multi view stereo). Rekonstruksi bentuk geometri sebenarnya dari objek tidak dilakukan berdasarkan feature point yang dihasilkan oleh proses aerotriangulasi, melainkan dengan dense point cloud atau point cloud yang lebih padat. Pembentukan dense point cloud dapat dilakukan dengan memproyeksikan piksel pada setiap foto yang bertampalan ke dalam ruang 3D. Algoritma image matching menjadi sangat penting agar dapat diperoleh dense point cloud (lihat Gambar 7. dan Gambar 8.). Menggunakan posisi, orientasi, dan panjang fokus dari setiap frame foto, depth map, menampilkan interseksi dari sekumpulan perspektif piksel dari foto yang lain (proses perataan berkas).



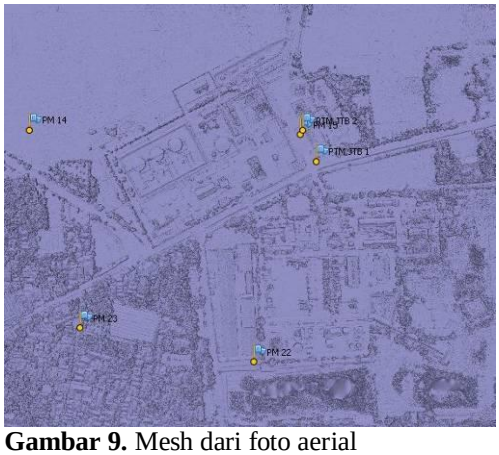
Gambar 6. Dense cloud foto aerial



Gambar 8. Dense cloud foto terestrial

Pembangunan surface model (mesh) dalam Agisoft PhotoScan dilakukan dengan interpolasi menggunakan pendekatan model data *Triangulated Irregular Networks* (TIN) (Remondino, 2011). Interpolasi berfungsi memprediksi dan menghitung area yang tidak mempunyai *point cloud* atau area yang berlubang. Pada kasus ini titik-titik pengamatan yang digunakan adalah *dense point cloud* yang didapatkan dari proses *build dense*

cloud. (Merdekawati, 2014). Tujuan dari pembentukan mesh adalah untuk memperbaiki model 3D suatu objek dengan membuat bidang berdasarkan *dense point cloud*. Tujuan lainnya adalah memperbaiki permukaan yang berlubang karena ada bagian dari foto yang tidak bertampalan ataupun pencahayaan yang kurang ketika pemotretan. Hasil dari build mesh berupa wireframe dari objek yang diproses (lihat Gambar 10.). Hasil dari proses meshing ini merupakan digital surface model.



Gambar 9. Mesh dari foto aerial

Ortofoto sejati merupakan sebuah foto yang diproses melalui rektifikasi diferensial untuk menghilangkan efek pergeseran relief, Building lean effect dan mempunyai proyeksi ortogonal (Amhar dan Ecker 1995). Building lean effect adalah ketidaksamaan titik yang berada di atas dan bawah bangunan yang diproyeksikan pada ortofoto, yang sebenarnya mempunyai posisi horizontal yang sama (Mertotaroeno, 2012). Oleh sebab itu, penggunaan DSM (Digital Surface Model) sangat dibutuhkan karena semua objek di atas tanah dapat dipresentasikan. Pembuatan ortofoto sejati (lihat Gamber 15) dapat dilakukan secara otomatis menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan yang didasarkan pada model 3D yang sudah dibuat sebelumnya. Agar mendapatkan hasil ortofoto sejati yang terbaik, perlu digunakan parameter-parameter yang tepat dalam proses rekonstruksi model 3D sesuai dengan kebutuhan ortofoto sejati yang akan dihasilkan nantinya.

Texturing atau biasa dikenal dengan texture mapping merupakan sebuah metode penambahan detail tekstur atau warna pada permukaan objek 3D dalam desain grafis berbasis komputer. Tujuan dari texture mapping adalah memberikan kesan hidup pada sebuah objek 3D. Texture mapping dilakukan setelah terbentuknya wireframe hasil dari metode TIN. Wireframe tersebut nantinya dijadikan sebagai bidang dasar dari proses texture mapping. Proses ini dilakukan dengan mengimplementasikan tekstur objek riil (Wibirama, 2012). Tiap titik pada wireframe memiliki hubungan pasangan koordinat tekstur, sehingga tugas utama adalah menemukan properti koordinat tekstur untuk tiap titik dari wireframe. Texturing pada model 3D surface tersebutlah yang akan menghasilkan ortofoto.

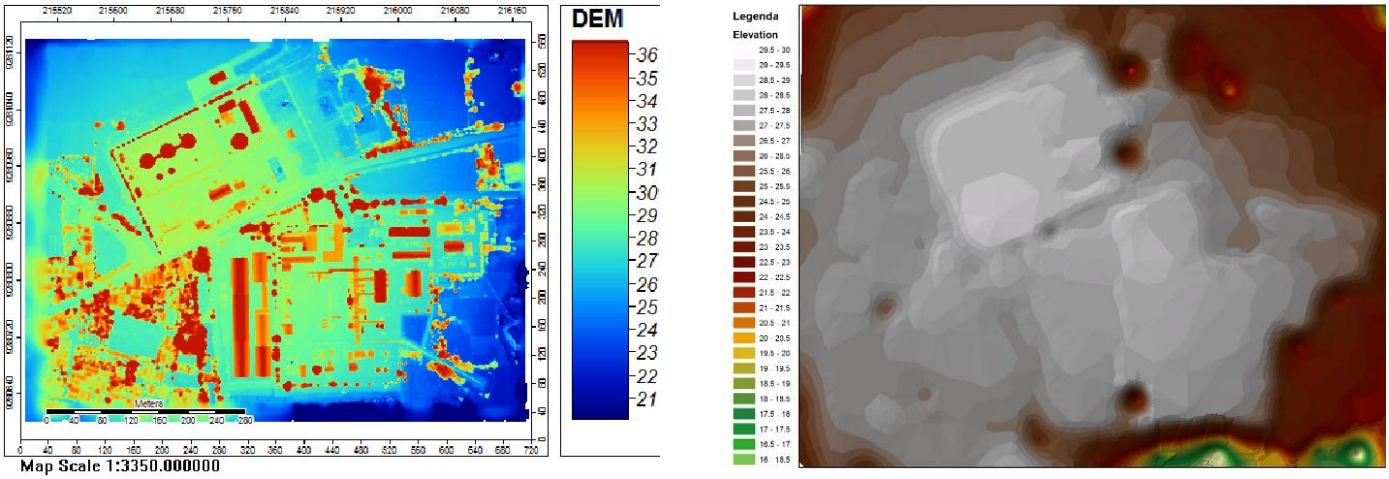


Gambar 10 Ortofoto stasiun pengumpul minyak Jatibarang

Produksi DEM secara otomatis menggunakan perangkat lunak Agisoft PhotoScan masih memiliki objek yang bukan merupakan bentang alam seperti bangunan, pohon, dan lainnya (lihat gambar 12). Untuk menghasilkan representasi tinggi permukaan tanah yang sebenarnya (DTM), perlu dilakukan suatu proses reduksi data atau filtering untuk menghilangkan tinggi objek tersebut. Metode filtering yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode slope based filtering.

Setelah proses filtering tersebut akan terdapat beberapa bagian dari model yang hilang karena objek diatas tanah telah hilang. Perlu dilakukan proses interpolasi untuk menutup bagian bagian yang hilang tersebut. Interpolasi adalah suatu prosedur

untuk memprediksi nilai-nilai yang tidak diketahui dengan menggunakan nilai-nilai yang diketahui dari lokasi-lokasi tetangga yang didapat dari hasil observasi. Pada penelitian ini, interpolasi dilakukan pada software surfer 10 dengan metode interpolasi kriging yang hasilnya bias dilihat pada gambar 12.



Gambar 11. DEM hasil rekonstruksi 3D pada Agisoft (kiri) dan DEM setelah filtering dan interpolasi DTM (Kanan)

3.2 Kompilasi dan Integrasi Data

Proses penggabungan *point cloud* dari beberapa sumber disebut dengan registrasi *point cloud* (point cloud registration). Penggabungan *point cloud* dilakukan dengan metode transformasi dimana *point cloud* yang berasal dari foto aerial (lihat Gambar 13.) akan menjadi referensi dalam penggabungan. Masing masing bangunan seperti tangki, rumah, dan pipa di transformasi satu persatu koordinatnya ke koordinaet aerial dengan cara memilih minimal 3 titik sekutu. Metode ini sangat berguna untuk menyatukan *point cloud* secara presisi dan merupakan satu satunya cara untuk mendapatkan hasil yang baik pada dua *point cloud* yang memiliki luas area yang berbeda. Transformasi yang dilakukan adalah transformasi dengan mempertahankan bentuk dari objek asal, dan untuk beberapa objek yang telah memiliki ukuran sesuai dengan referensi tidak akan dilakukan perubahan skala ukuran benda tersebut. Cloud compare akan menampilkan hasil RMSE dan kontribusi error pada setiap point. Dengan menambahkan jumlah titik sekutu (lebih dari 3), maka akan meningkatkan *reliability* dari hasil penggabungan *point cloud*. Setelah proses registrasi, dibutuhkan proses cleaning dan filtering untuk menghilangkan noise.



Gambar 12. Titik awan model hasil foto aerial (sebelum registrasi)



Gambar 13. Titik awan yang telah teregistrasi

Hasil dari penggabungan *point cloud* biasanya terdiri dari *redundant point clouds* sehingga butuhkan *pre-processing* sebelum melanjutkan ke proses pembuatan surface. Proses ini sangat penting untuk memudahkan proses modelling dengan menghilangkan *point cloud* yang tidak sesuai seperti redundant point dan noise. Proses ini terdiri dari *resample* dan *noise reduction* (*filtering noise*). Selain untuk menghilangkan point yang tidak sesuai, proses ini juga dilakukan untuk menyederhanakan *point cloud* dan menyamakan densitas dari *point cloud* yang merupakan gabungan dari *point cloud* aerial dan *point cloud* terrestris agar proses rekonstruksi surface menjadi lebih cepat.

3.3 Pembuatan Peta Planimetrik Digital

Selain model dalam bentuk 3 dimensi, dibutuhkan pula peta garis yang dibuat dari peta ortofoto untuk evaluasi akurasi dari hasil pengolahan data fotogrametri apakah sesuai dengan standar pembuatan peta skala besar. Peta garis hasil digitasi ortofoto pada perangkat lunak ArcGIS ini (lihat Gamber 19.) kemudian dibandingkan dengan peta planimetrik yang telah ada (seagai referensi).

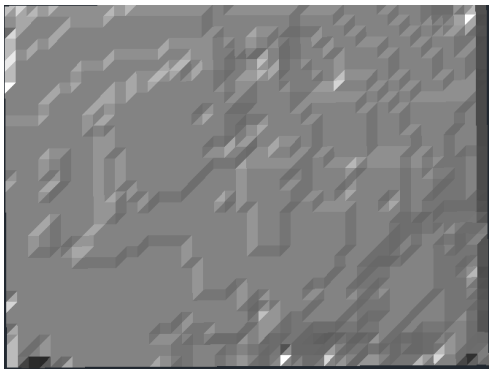


Gambar 14. Peta hasil digitasi ortofoto

3.4 Retsrukturisasi Data

Representasi model dalam bentuk 3 dimensi yang detil dibutuhkan untuk memudahkan pengguna dalam pengambilan keputusan atau hal lain yang berkaitan dengan pengecekan stasiun pengumpul minyak. Hasil dari proses pemodelan secara fotogrametri seperti yang telah dijelaskan sebelumnya adalah berupa *point cloud* dan mesh. Pada dasarnya *point cloud* dan mesh telah dapat merepresentasikan posisi 3 dimensi objek secara detil, namun membutuhkan memory storage yang sangat besar. Computer aided-design adalah bentuk representasi 3D yang paling umum digunakan karena selain dapat merepresentasikan objek dalam ruang 3D secara detil, format CAD juga lebih mudah dalam proses update data dan membutuhkan memory storage yang cukup sedikit. Dengan alasan itulah maka dilakukan proses restrukturisasi data untuk membangun model CAD dari *point cloud* yang dihasilkan pada proses penggabungan *point cloud* terestris dan aerial.

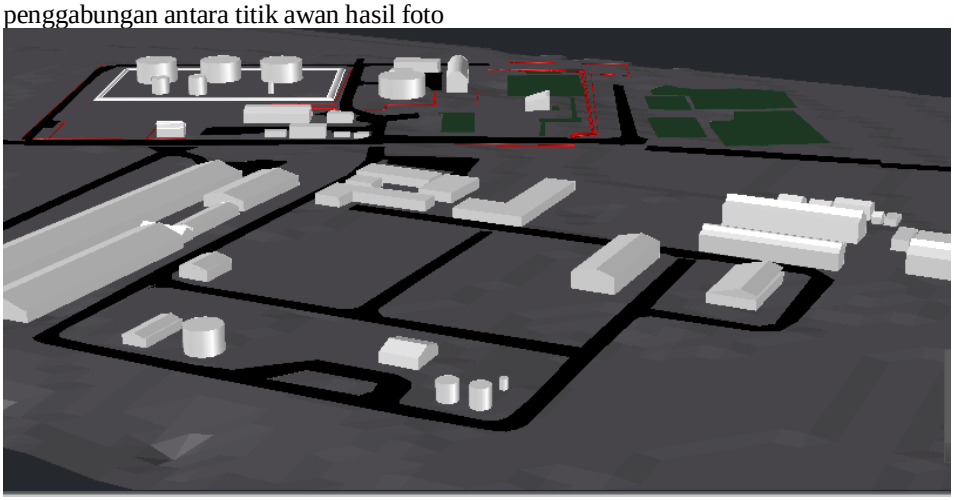
Model 3 dimensi ini dibuat dalam bentuk CAD (computer-aided design) solid. Model tiga dimensi objek tersebut akan dibangun diatas sebuah model terrain. Model terrain yang digunakan dalam pembentukan model 3 dimensi ini adala model surface TRN (lihat Gambar 16.) yang diperoleh dari digital terrain model yang telah dibuat pada proses sebelumnya



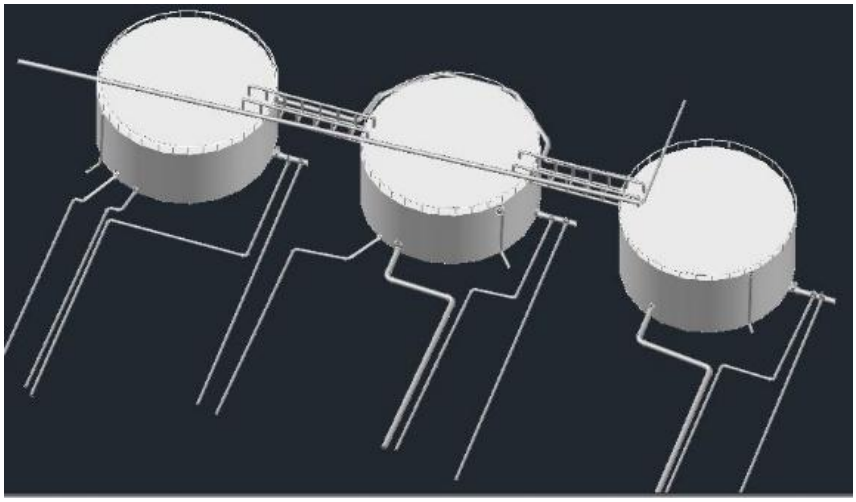
Gambar 15. Terrain model dalam bentuk TRN surface

Pada penelitian ini saya membuat dua jenis model 3 dimensi. Model yang pertama adalah model komplek stasiun pengumpul yang dibuat dari titik awan penggabungan aerial dan terestrial dan model yang kedua adalah model tiga dimensi dari bangunan atau tangki yang ada pada stasiun pengumpul menggunakan segmentasi dari titik awan penggabungan aerial dan terrestrial. Pembuatan model 3D dari komplek stasiun pengumpul (Gambar 17) dibuat menggunakan titik awan (*Pointcloud*) gabungan dari aerial rentang dekat dan terestrial rentang dekat yang telah disatukan pada proses registrasi titik awan. Sedangkan model 3 dimensi bangunan (Gambar 18) dibuat dari hasil segmentasi bangunan pada titik awan gabungan. Titik awan hasil pengolahan foto terrestrial rentang dekat menghasilkan model tiga dimensi dengan tingkat yang lebih detil dimana seluruh bagian dari tangki dapat tergambarkan dengan baik. Namun begitu, hasil pengolahan foto terrestrial rentang dekat saja tidak dapat merepresentasikan bagian atap atau atas bangunan dan tidak

dapat merepresentasikan hubungan antar bangunan (contoh: pipa antar tangki) dengan baik. Atas alasan itulah, pada penelitian ini saya tidak hanya menggunakan foto terrestrial rentang dekat saja untuk menghasilkan model tiga dimensi dengan LOD 3 namun juga menggunakan hasil dari foto udara. Titik titik awan hasil penggabungan antara titik awan hasil foto udara dan titik awan hasil foto terrestrial pada proses registrasi point cloud merupakan titik awan dari seluruh komplek stasiun pengumpul, maka dari itu saya melakukan segmentasi pada bangunan bangunan yang akan dibuat model 3 dimensinya.



Gambar 16 Model 3 dimensi komplek stasiun pengumpul LOD 2



Gambar 17 Model 3 dimensi bangunan LOD

ANALISIS dan Pembahasan

Proses Fotogrametri

Tabel 1 Nilai residual error dari GCP yang digunakan

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projection	Error (pix)
PM 15	0.021748	-0.021678	0.008658	0.031904	34	0.657519
PM 22	-0.008510	0.001362	-0.000839	0.008659	22	0.410012
PTM JTB2	-0.062863	-0.005411	-0.010572	0.063975	32	0.330600
PTM JTB1	0.049061	0.025583	0.002129	0.055371	40	0.552472
Rata Rata	0.041545	0.016997	0.006928	0.045419	128	0.516178

Tabel 2 Nilai RMSE dari CP yang digunakan

Label	X error (m)	Y error (m)	Z error (m)	Error (m)	Projection	Error (pix)
PM 14	0.209967	-0.417137	-0.633158	0.733370	20	0.744196
PM 23	0.300756	0.414446	0.186763	0.545069	27	0.360623
RMSE	0.259365	0.363746	0.466781	0.646116	47	0.557118

Nilai RMSE horizontal yang didapatkan pada proses aerotriangulasi yaitu sebesar X = 0.192 meter, Y = 0.404 meter, dan Z=0.369 meter. Berdasarkan ASPRS, jika RMSEMIN/RMSEMAX bernilai antara 0,6 dan 1 maka ketelitian horizontal dengan selang kepercayaan sebesar 95% adalah 2,4477 x 0,5 x (RMSEX + RMSEY) = 0,729 meter. Sedangkan untuk selang kepercayaan 90%, akurasi horizontal adalah = 0,678 meter. Akurasi vertikal (95%) = 1.96 x RMSEz = 0,723 meter; Akurasi vertikal (90%) = 1,6449 x RMSEz = 0,608 meter. Berdasarkan standar dari ASPRS, nilai akurasi horizontal di atas memenuhi skala peta 1:2000 sampai 1:4000 dan nilai akurasi vertikal dapat memenuhi skala 1:2500 sampai 1:3000.

Selain itu, salah satu faktor terbesar dari nilai ketelitian ini adalah penentuan posisi dari control point dan check point. Ketika penandaan titik kontrol dan titik cek terdapat pergeseran atau ketidaksesuaian titik maka hal tersebut akan memperbesar kesalahan yang dihasilkan pada proses adjustment.

Selain nilai akurasi pada proses fotogrametri aerial juga terdapat proses fotogrametri untuk data terestrial menggunakan *scale bar*.

Tabel 3 Hasil error pada penyekalaan tangki A1

Scale Bars	Distance Error (m)
Point 1-*point* 2	0.000784
Point 2-*point* 3	-0.004548
Point 3-*point* 4	-0.001468
Point 4-*point* 5	-0.000601
Point 5- *Point* 6	0.003924
Point 6-*Point* 7	0.005112
Point 7-*Point* 8	-0.003309
Total	0.0033011

Tabel 4 Hasil error pada penyekalaan tangki A6

Scale Bars	Distance Error (m)
Point 1-*point* 2	-0.000131
Point 2-*point* 3	-0.003476
Point 3-*point* 4	0.010056
Point 4-*point* 5	-0.005628
Total	0.006019

Total error pada tangki A1 adalah sebesar 0.003 meter sedangkan untuk tangki A6 adalah 0.006 meter. Nilai 3 mm dan 6 mm merupakan error yang cukup besar dan dianggap tidak terlalu baik karena resolusi dari foto terestris adalah kurang lebih sebesar 1 mm. Besarnya nilai error tersebut disebabkan oleh penandaan titik *scalebar* secara manual sehingga memungkinkan terjadinya ketidakkonsistenan. Bentuk skala pada scale bar adalah garis sehingga sulit untuk menentukan titik/pixel yang sama secara konsisten.

Kompilasi dan Integrasi Data

Tabel 5. Nilai error dan RMS error pada proses registrasi

Bangunan	RMSE (m)	Bangunan	RMSE (m)
Tangki A1	0.190	Reservoir	0.398
Tangki A2	0.101	Gedung 2	0.182
Tangki A0	0.105	Gedung 3	0.264
Tangki A4	0.331	Gedung 4	0.276
Tangki A5	0.121	Gedung 6	0.181
Tangki A6	0.350	Gedung 5	0.348
Tangki A8	0.162	Gedung 7	0.225

Nilai RMS yang ditunjukkan pada proses registrasi titik awan sangat besar yaitu antara 10 cm sampai dengan 40 cm. Besarnya error ini disebabkan oleh sulitnya mencari titik yang sama antara *point cloud* bangunan dan *point cloud* aerial. Perbedaan densitas *point cloud* dan ketidakdetilan bentuk bangunan pada point cloud aerial merupakan penyebab dari sulitnya mencari titik sekutu diantara kedua data.

Hasil dari penggabungan titik awan membuat representasi dari tiap bangunan menjadi lebih jelas. Pada titik awan hasil foto udara saja dinding dari bangunan tidak terlihat jelas, memiliki jumlah titik awan yang jauh lebih sedikit dari pada bagian atap, dan bentuknya tidak sesuai dengan bentuk aslinya (terkadang miring dan sebagainya). Setelah dilakukan penggabungan titik awan terdapat banyak duplikat atau redundan titik awan (dari foto terestris dan foto udara) maka dari itu redundan poin tersebut harus dibuang karena akan mempengaruhi hasil dari proses mesh setelahnya (bersifat seperti noise). Secara kasat mata, hasil resampling cukup memuaskan sehingga tidak ada lagi titik ganda dan titik awan pun densitasnya telah seragam Dalam pembuatan model 3 dimensi, noise tidak terlalu berpengaruh namun proses resampling disini berguna untuk menyederhanakan titik awan dan memudahkan dalam proses import data di software pemodelan. Hal ini juga berkaitan dengan kemampuan software pemodelan untuk menampilkan titik awan.

Restrukturisasi Data

Perbandingan antara peta garis hasil digitasi dengan peta planimetrik referensi menunjukkan hasil yang tidak memuaskan karena memiliki RMSE yang cukup besar yaitu sebesar 0.460 meter sehingga memiliki nilai akurasi pada selang kepercayaan 95% sebesar 0.79 meter dan pada selang kepercayaan 90% sebesar 0.698 meter. Nilai tersebut tidak berbeda jauh dengan RMSE cek poin pada pengolahan foto udara sehingga nilai tersebut cukup masuk akal. Hal lain yang mempengaruhi nilai RMSE ini adalah perbedaan kenampakan antara pada peta planimetrik dan pada peta ortofoto sehingga sulit untuk mencari titik titik sekawan. Perbedaan itu dapat disebabkan oleh salah interpretasi atau karena peta planimetrik tersebut tidak sesuai dengan kenampakan di lapangan. Hal ini dibutuhkan analisis lebih lanjut karena jika peta planimetrik tidak sesuai dengan kenampakan asli daerah tersebut maka peta tersebut tidak dapat menjadi acuan atau referensi. Hal ini juga dapat membuktikan bahwa peta hasil dari foto udara memiliki kelebihan yaitu reality based atau sesuai dengan kenampakan asli di lapangan.

Pembuatan model 3D dari komplek stasiun pengumpul dibuat menggunakan titik awan gabungan dari aerial rentang dekat dan terestrial rentang dekat yang telah disatukan pada proses registrasi titik awan. Ketelitian titik awan dari foto aerial yang sebesar 0.73 meter dan RMSE dari penggabungan titik awan sebesar 0.249 meter, maka berdasarkan standar pada bagian standar akurasi, model tiga dimensi yang dapat dibangun dari titik titik awan ini adalah model dengan LOD 2. Sedangkan nilai error dari titik awan tangki yang dapat diasumsikan sebagai standar error dari titik awan tersebut mencapai nilai error maksimal sebesar 6 milimeter, maka berdasarkan standar, model tiga dimensi yang dapat dibangun dari titik awan tersebut adalah model dengan LOD 3. Atas dasar itulah, pada penelitian ini saya membuat dua jenis model 3 dimensi. Model yang pertama adalah model komplek stasiun pengumpul yang dibuat dari titik awan penggabungan aerial dan terestrial dan model yang kedua adalah model tiga dimensi dari bangunan atau tangki yang ada pada stasiun pengumpul menggunakan segmentasi dari titik awan penggabungan aerial dan terrestrial.

4. KESIMPULAN

Mengacu pada Bab 3 hasil dan pembahasan dapat ditarik kesimpulan bahwa menurut standar dari ASPRS, hasil peta garis pada hasil akhir dapat dibuat peta dengan skala antara 1:2500 hingga 1:4000. Hal tersebut membuktikan bahwa proses fotogrametri digital menggunakan foto aerial UAV dapat menghasilkan peta berskala besar.

Hasil model 3 dimensi dari stasiun pengumpul cukup memuaskan. Model 3 dimensi yang dihasilkan secara manual menggunakan point cloud gabungan antara point cloud aerial dan terrestrial menghasilkan model 3D landscape komplek stasiun pengumpul dengan LOD (Level of Detail) 2. Model 3 dimensi komplek stasiun pengumpul cukup merepresentasikan keadaan dari stasiun pengumpul meskipun tidak dapat dibuat terlalu detil akibat dari kemampuan software dalam menampilkan titik awan cukup terbatas. Selain bangunan, pipa pipa yang terdapat diatas tanah juga dapat ditampilkan pada model 3 dimensi.

Sedangkan model 3 dimensi yang dihasilkan secara manual menggunakan data gabungan point cloud terrestrial dan aerial yang disegmentasi menghasilkan objek dan bangunan dengan LOD 3, lebih tinggi dari 3D landscape komplek stasiun pengumpul. Gambar 17 menunjukkan bahwa model individu dari setiap bangunan juga dapat dimodelkan dengan detil termasuk pipa pipa yang saling berhubungan antar tangki, namun model tersebut juga memiliki keterbatasan dari segi ukuran pipa, yang tidak terepresentasi dengan baik akibat tidak adanya data ukuran diameter, dan kurangnya visualisasi pada aksesoris pipa seperti jenis jenis fitting, flange, valve¸ dan lain lain akibat kurangnya data mengenai jenis jenis aksesoris pada pipa tersebut sehingga aksesoris pipa hanya ditampilkan dengan sederhana (sesuai dengan jenis aksesoris yang ada pada software autocad civil 3D).

Hal hal yang memengaruhi pembuatan model 3 dimensi adalah ketelitian dari proses fotogrametri pada data foto udara dan foto terestris, proses penggabungan dari titik awan, dan proses digitasi model secara manual pada software pemodelan.

DAFTAR PUSTAKA

Atkinson, K. (1996). Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Scotland: Whittles Publishing Service.

Eo, Y.-D., Moon, S.-J., Lee, B.-K., & Park, B.-W. (2012). Analysis of 3D City Image Updating Techniques Using Terrestrial Photogrammetry. International Journal of Digital Content Technology and its Applications (JDCTA), 520-531.

Li, Z., Zhu, Q., & Christopher, G. (2005). Digital Terrain Modelling : Principles and Methodology. New York: CRC Press.

Mertotaroeno, S. H. (2012). Materi Kuliah GDGD4103 Fotogrametri II, Semester II-2012/2013. Bandung.

Mikhail, E. M., & Bethel, J. S. (2001). Introduction to Modern Photogrammetry. New York: John Wiley Sons, Inc.

Remondino. (2011). Heritage Recording and 3D Modeling with Photogrammetry and 3D Scanning. Trento.

Sensing, A. S. (2015). ASPRS Positional Accuracy Standards. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing (pp. A1–A26). ASPRS

Stal, C., Lonneville, B., Nuttens, T., Maeyer, P. D., & Wulf, A. D. (2014). Highly Detailed 3D Modelling of Mayan Cultural Heritage Using an UAV. FIG Congress, 1-14.

Udin, W., Hassan, A., Ahmad, A., & Tahar, K. (2012). Digital Terrain Model Extraction Using Digital Aerial Imagery Of Unmanned Aerial Vehicle. IEEE 8th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications (CSPA). Malacca, Malaysia.

Warner, W., Graham, R. W., & Read, R. (1996). Small Format Aerial Photography. Scotland: Whittles Publishing.

Wibirama, S. (2012). Rekonstruksi dan Visualisasi Objek 3-D Berbasis Algoritma Direct Linear Transformation. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Wolf, P. R., & Dewitt, B. A. (2000). Elements of Photogrammetry with Applications in GIS. United States: McGraw-Hill

Verifikasi Data Tinggi Gelombang Signifikan Hasil dari Metode Pemodelan Numerik SWAN di Laut Jawa Menggunakan Data Satelit Altimetri Jason-1 dan Jason-2

Dianlisa Ekaputri[a], Kosasih Prijatna[b], Wiwin Windupranata[c], Fanani Hendy Khusuma[d]

[a,] Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganeca No. 10, Bandung 40132, Indonesia (dianlisa.ekaputri@gmail.com)

[b,] Kelompok Keahlian Geodesi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganeca No. 10, Bandung 40132, Indonesia (prijatna@gd.itb.ac.id)

[c,] Kelompok Keahlian Sains dan Sistem Kerekayasaan Wilayah Pesisir dan Laut, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Jalan Ganeca No. 10, Bandung 40132, Indonesia (w.windupranata@gd.itb.ac.id)

[d,] PT. Geosains Enjiniring Nusantara, Jalan Akuntansi No. 1, Bandung 40191, Indonesia (fanani.hendy@gmail.com)

ABSTRACT

The reliable information about Significant Wave Height (SWH) could be obtained by conducting *in-situ* observation or through satellite observation. However, the availability of long-term *in-situ* data is scarce and cost prohibitive, thus a numerical model such as SWAN is utilized as an approach to obtain SWH data, in this study at Java Sea, from 2005 – 2014. The model built by using bathymetry data from GEBCO, wind data from NCEP, and digitized coastline data from BIG-LPI map. The model was calculated using single computational grid of $0.1^{\circ}\times0.1^{\circ}$ resolution, 6-hourly time step, and physical condition of Komen. To examine the accuracy of long-term modelled data to observed data from satellite altimetry of Jason-1 and Jason-2, several statistical parameters which are Mean Error (ME), Root Mean Square Error (RMSE), Standard Deviation of Error (SD), Scatter Index (SI), Correlation Coefficient (*r*), and Relative Mean Absolute Error (RMAE) are calculated at four observation points as verification process. The results shows: ME value 0.05 – 0.20 m, RMSE 0.22 – 0.44 m, SD 0.22 – 0.40, SI 0.25 – 0.62, *r* 0.33 – 0.67, and RMAE 0.08 – 0.41 m. According to this process, the input data for modelling SWH generates the underestimation of SWH at Java Sea compared to long term observed data.

Keywords Wave Modelling, Modelled SWH Verification, Jason-1, Jason-2, SWAN

Pendahuluan

Gelombang laut di Indonesia sendiri bervariasi secara musiman bergantung pada pola musim anginnya, yaitu angin muson barat dan angin muson timur (Kurniawan dkk). Informasi gelombang laut ini penting untuk banyak aspek, diantaranya adalah untuk perencanaan struktur daerah pesisir dan penentuan jalur pelayaran. Sebagai negara kepulauan, studi mengenai karakteristik gelombang laut sangat penting untuk mendukung kebutuhan-kebutuhan tersebut, misalnya pada Laut Jawa yang merupakan salah satu dari beberapa laut utama di Indonesia. Banyak pelabuhan besar yang berlokasi di sepanjang pesisir Laut Jawa sehingga informasi gelombang laut sangat dibutuhkan.

Informasi gelombang laut yang terpercaya diperoleh dari pengamatan *in-situ* atau teknik penginderaan jauh melalui satelit altimetri. Menurut Fu dan Cazenave (2001), data yang diperoleh dari satelit altimetri lebih akurat dari pengamatan visual serta lebih efisien dari teknik lainnya. Untuk studi jangka panjang, pendekatan melalui satelit altimetri dapat diterapkan dalam menyediakan data yang kontinyu.

Informasi karakteristik gelombang laut dapat juga diperoleh dari pendekatan melalui model numerik, baik secara regional maupun global. Di Indonesia sendiri, metode ini sudah banyak diterapkan, contohnya dari model *the Simulating Waves Nearshore* (SWAN), mengingat ketersediaan data pengamatan *in-situ* jangka panjang jarang tersedia. Model SWAN yang dikembangkan oleh TU Delft oleh Booij dkk (1999) berdasar pada model gelombang spektral. Tidak hanya untuk perairan dangkal, SWAN dapat juga digunakan untuk lautan luas (samudera) namun pada skala ini SWAN tidak dapat mengikuti perubahan tinggi gelombang laut yang drastis akibat naiknya kecepatan angin secara tiba-tiba (Ortiz-Royero dan Mercado-Irizarry, 2008).

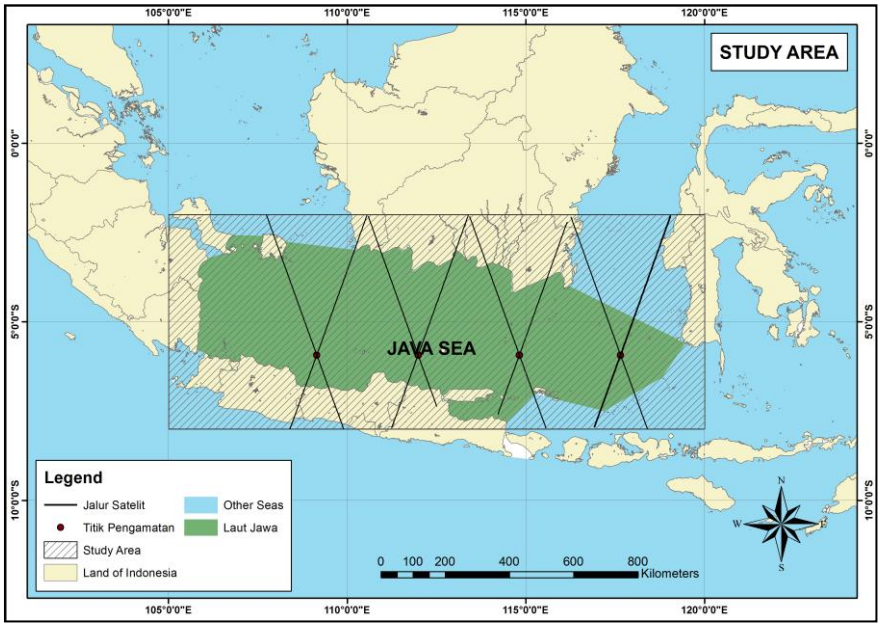
Penelitian mengenai pemodelan gelombang di Laut Jawa telah dilakukan oleh Windupranata (2011) yang membandingkan tinggi gelombang signifikan (Hsig) dari SWAN menggunakan grid terstruktur dan tidak terstruktur. Proses verifikasi model dilakukan dengan membandingkannya terhadap data *in-situ* selama lima hari pengamatan. Namun, pemodelan karakteristik gelombang laut jangka panjang membutuhkan data

observasi yang juga kontinyu untuk proses verifikasinya, misalnya dari data pengamatan satelit altimetri seperti yang dilakukan Rusu dan Onea (2012) yang mensimulasikan model SWAN untuk mendeteksi energi angin dan gelombang di Laut Kaspia.

Pada penelitian ini, model SWAN digunakan untuk memodelkan tinggi gelombang signifikan di Laut Jawa dari tahun 2005 – 2014 dengan menggunakan data inputan kecepatan angin, batimetri, dan garis pantai. Hasil pemodelan kemudian diverifikasi terhadap data satelit altimetri, yaitu dari misi Jason-1 dan Jason-2 untuk menguji seberapa akurat hasil pemodelan tinggi gelombang signifikan di Laut Jawa dari tahun 2005 – 2014 yang dibangun dari SWAN.

Metodologi

Wilayah kajian pada penelitian ini yaitu di Laut Jawa dengan batas geografis 105° BT, 120° BT, 8° LS, dan 2° LS. Parameter gelombang laut yang menjadi fokus pada penelitian ini adalah tinggi gelombang yang dinyatakan sebagai tinggi gelombang signifikan (Hsig). Data Hs diperoleh dari dua metode, yaitu melalui pemodelan numerik gelombang laut menggunakan SWAN dan pengamatan satelit altimetri Jason-1 dan Jason-2. Data yang diperoleh dari kedua metode kemudian dinyatakan dalam rata-rata bulanan Hsig yang diasumsikan dapat mewakili kondisi riil Hsig selama 2005 – 2014. Data rata-rata bulanan Hsig dari kedua metode di empat titik pengamatan yang tersebar di wilayah Laut Jawa kemudian dibandingkan sebagai proses verifikasi, yaitu dengan menghitung beberapa parameter statistiknya. Adapun titik pengamatan didefinisikan dari titik *crossover* jalur satelit yang melintas di Laut Jawa. Wilayah kajian serta lokasi titik pengamatan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 10. Wilayah Kajian Penelitian dan Lokasi Titik Pengamatan

Pemodelan Tinggi Gelombang Signifikan (Hsig)

Karena gelombang laut merambat menyebrangi lautan hingga ke pesisir, maka gelombang laut tidak dapat diamati dan dimodelkan secara detail. Solusinya adalah dengan menghitung karakter statistik dari gelombang tersebut yang digambarkan dengan spektrum gelombang yang kemudian dinyatakan sebagai tinggi gelombang signifikan (Holthuijsen, 2007). Hsig adalah rata-rata dari sepertiga gelombang laut tertinggi.

Pemodelan gelombang menggunakan SWAN merupakan pemodelan gelombang spektral dimana interaksi nonliniernya telah diparameterisasi secara eksplisit untuk mendapatkan estimasi parameter gelombang yang realistis, terutama di area pesisir dan perairan dalam (The SWAN Team B, 2015).

Model SWAN menggunakan spektrum densitas energi $E(\sigma,\theta)$ yang kemudian dapat menentukan aksi densitas (N) dengan membagi spektrum densitas energi terhadap frekuensinya, yang secara matematis dinyatakan dengan $N = E/\sigma$. Secara singkat, perhitungan yang dilakukan pada model SWAN menggunakan persamaan (1) dan (2) (The SWAN Team B, 2015), yaitu:

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial c_{g,\lambda} N}{\partial \lambda} + (\cos\varphi)^{-1} \frac{\partial c_{g,\lambda} N}{\partial \varphi} + \frac{\partial c_{\theta} N}{\partial \theta} + \frac{\partial c_{\sigma} N}{\partial \sigma} = \frac{S_{tot}}{\sigma} \quad (1)$$

Dimana

$\partial N/\partial t$: laju perubahan energi terhadap waktu

$\partial c_{g,\lambda} N/\partial \lambda$: perambatan energi dan kecepatan gelombang dalam bidang meridian

$(cos\varphi)^{-1}\ \partial\ c_{g,\lambda}N/\ \partial\ \varphi$: perambatan energi dan kecepatan gelombang dalam arah lintang

$\partial c_0 N/\partial \theta$: perambatan energi dan kecepatan gelombang berdasarkan perbedaan arah dalam refraksi karena kedalaman dan arus

$\partial c_\sigma N/\ \partial\ \sigma$: perambatan energi dan keepatan gelombang berdasarkan perbedaan frekuensi dalam variasi kedalaman dan arus

S_{tot}/σ : total perambatan energi tiap perbedaan frekuensi

S_{tot} didefinisikan sebagai:

$$S_{tot} = S_{in} + S_{nl3} + S_{nl4} + S_{ds,w} + S_{ds,b} + S_{ds,br} \quad (2)$$

Dimana:

S_{tot} : masukan angin

S_{nl3} : interaksi gelombang triad, yaitu interaksi ketika tiga gelombang bertemu

S_{nl4} : interaksi gelombang quadruplet, yaitu interaksi ketika empat gelombang bertemu

$S_{ds,w}$:penghamburan karena white-capping, yaitu hilangnya energi karena buih gelombang

$S_{ds,b}$: penghamburan karena kekasaran dasar laut

$S_{ds,br}$: penghamburan karena gelombang pecah oleh kedalaman

Pada penelitian ini, pemodelan Hsig pada SWAN dibangun menggunakan grid terstruktur berbentuk persegi panjang (*rectangular structured grid*) pada sistem koordinat ellipsoid. Data masukan yang digunakan antara lain:

- Data arah dan kecepatan angin setiap 6 jam pada ketinggian 10 m dari NCEP dengan batas wilayah 14˚17'7.8" LS – 6˚39'59.76" LU dan 95˚37'30" BT – 135˚ BT. Jumlah grid pada arah sumbu-x dan sumbu-y adalah 22 × 12 dengan resolusi grid sebesar 1.875° × 1.90473° yaitu 208.725 × 212.034 m.
- Data batimetri dari GEBCO dengan batas 10˚ LS – 6˚ LU dan 100˚ BT – 130˚ BT. Jumlah grid adalah 3600 × 1920 dengan resolusi grid sebesar 0.5' × 0.5'. Pada proses pemodelan, nilai batimetri dianggap konstan.
- Data digitasi garis pantai dari peta LPI skala 1:50.000 keluaran BIG. Pada proses pemodelan, garis pantai juga dianggap konstan selama 2005 – 2014.

Pertama-tama, model dibangun dengan mendefinisikan beberapa parameter umum seperti arah utara, percepatan gravitasi, densitas air, dll serta dianggap mendekati garis pantai dalam kondisi dinamik 2-D (nonstasioner) yang akan mempengaruhi proses perhitungan. Proses pemodelan pada penelitian ini hanya menggunakan satu grid komputasi yang berdomain pada 10˚ LS - 6˚ LU dan 100˚ - 130˚ BT. Perkembangan linier gelombang pada penelitian ini mengikuti konsep Cavaleri dan Malanotte-Rizzoli (1981) sedangkan perkembangan eksponensialnya mengikuti konsep Komen dkk (1984). Berdasarkan hasil uji sensitivitas, langkah waktu 6 jam dan resolusi grid 300 × 160 memberikan hasil yang optimal dibandingkan yang lainnya. Oleh karena itu, pemodelan dilakukan dengan ukuran grid sebesar 0.1° × 0.1° sehingga memiliki jumlah grid 300 × 160. Data keluaran dari proses pemodelan adalah nilai Hsig dalam satuan meter.

Akusisi Data Hsig dari Jason-1 dan Jason-2

Berbeda dengan prinsip menghitung tinggi permukaan laut, melalui metode ini Hsig diukur dari *waveform* satelit altimetri. Pada laut tenang, amplitudo *waveform* akan cenderung tajam sedangkan pada kondisi laut cenderung kasar, amplitudo akan naik perlahan. Total Hsig yang diperoleh dari satelit altimetri adalah yang paling relevan dan yang paling sering dipakai untuk memonitor dan memverifikasi model-model gelombang (Levèvre, J. M. dan Cotton, P.D., 2001).

Penelitian ini menggunakan data jangka panjang yang diperoleh dari dua misi satelit yang memiliki karakteristik yang serupa, yaitu Jason-1 dan Jason-2, dari Januari 2005 – Desember 2014. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Ray dan Beckley (2012), disimpulkan bahwa data Hsig yang diperoleh dari Jason-1 dan Jason-2 memberikan kesesuaian yang baik dan hampir berkorelasi sempurna dengan data *in-situ* dari 29 *buoy* milik NDBC. Data satelit altimetri didapat melalui situs RADS pada wilayah kajian penelitian, yaitu 105˚ BT – 120˚ BT dan 2˚ LS – 8˚ LS. Proses koreksi dilakukan secara otomatis pada web RADS. Data Hsig yang digunakan pada penelitian ini adalah data dari frekuensi Ku-band yang umum digunakan misi Topex/Poseidon, Jason-1, Jason-2, Envisat, dan ERS selain karena data dari *band* ini memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan data dari S-band (Dimitrova dkk, 2013).

Data satelit yang telah dikoreksi error dan biasnya secara otomatis di RADS kemudian dilakukan koreksi waktu. Data Hsig yang digunakan untuk proses verifikasi data hasil pemodelan adalah yang terdapat di titik *crossover* satelit. Karena jalur satelit bersifat diskrit sehingga tidak akan persis sama pada setiap *cycle*, maka diperlukan satu jalur acuan untuk

setiap *pass* yaitu *cycle* dari misi Jason-1 yang paling awal di Januari 2005. Pada Laut Jawa sendiri terdapat empat titik *crossover* yang layak untuk menjadi titik pengamatan (Tabel 1). Oleh karena itu, dilakukan proses *filter threshold* dengan batas sejauh 4 km dari koordinat titik pengamatan. Titik kolokasi yang terdapat pada rentang tersebut dapat berjumlah 3 – 4 titik dari masing-masing *pass* dalam setiap *cycle*. Data Hsig pada setiap titik pengamatan kemudian dirata-ratakan secara bulanan agar didapat data time-series. Terakhir, untuk menghilangkan *noise* yang tidak diharapkan, data Hsig difilter menggunakan metode *Fourier Series* dan *low pass filtering*.

Tabel 7. Koordinat Titik Pengamatan serta Kedalaman Laut

Titik	Lat	Long	Kedalaman (m)
1	-5.930432	109.144683	52.19
2	-5.930261	111.980489	60.33
3	-5.929695	114.816577	60.04
4	-5.929952	117.648406	218.59

Untuk memverifikasi data hasil pemodelan, digunakan beberapa parameter statistik yang dihitung dari data rata-rata bulanan Hsig antara hasil pemodelan dan data dari satelit. Parameter statistik tersebut antara lain Mean Error (ME), Root Mean Square Error (RMSE), Relative Mean Absolute Error (RMAE), Standard Deviation of Error (SD), Scatter Index (SI), dan Correlation of Coefficient (r) (Dimitrova dkk, 2013; Rusu dan Onea, 2013; van Rijn dkk, 2003), yang secara matematis dinyatakan sebagai:

Mean Error (ME)

$$ME = \sum_{i=1}^{N} (Xi - Yi)^2 / N \quad (3)$$

Root Mean Square Error (RMSE)

$$RMSE = \left(\sum_{i=1}^{N} (Xi - Yi)^2 / N \right)^{1/2} \quad (4)$$

Standard Deviation of Error (SD)

$$SD = \left(RMSE^2 - ME^2 \right)^{1/2} \quad (5)$$

Scatter Index (SI)

$$SI = RMSE / \overline{Y} \quad (6)$$

Correlation Coefficient (*r*)

$$r = \left[\sum_{i=1}^{N} \left(Xi - \overline{Xi} \right) \left(Yi - \overline{Yi} \right) \right] \Big/ \left[\sum_{i=1}^{N} \left(Xi - \overline{Xi} \right)^2 \left(Yi - \overline{Yi} \right)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

Relative Mean Absolute Error (RMAE)

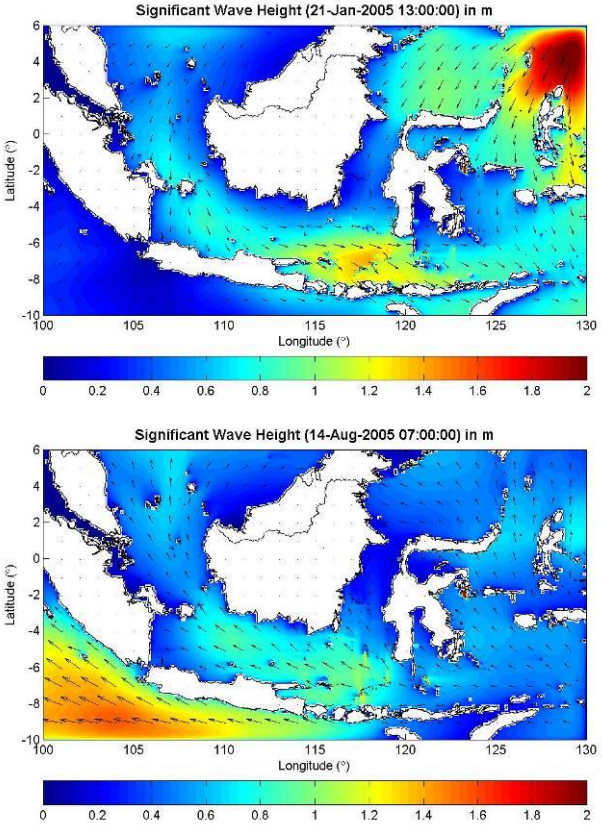
$$RMAE = \left(\left| Xi - Yi \right| - \Delta Yi \right) / \left(Yi \right) \quad (8)$$

Dengan *Xi* dan *Yi* (i=1,2,…N) masing-masing menyatakan rata-rata bulanan Hsig dari data model dan pengamatan, $\bar{X}$ dan $\bar{Y}$ adalah nilai rata-rata masing-masing, N jumlah dataset, dan nilai parameter statistik tinggi gelombang ΔY_i dari van Rijn dkk (2003) adalah 0.1 m.

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik Hsig Hasil Simulasi Model

Hasil pemodelan karakteristik Hsig dari gelombang yang dibangkitkan angin di Laut Jawa terlihat mengikuti pola angin musiman yang ada di Indonesia, yaitu pola angin muson barat dan angin muson timur. Gambar 2 memperlihatkan karakteristik Hsig di Laut Jawa hasil pemodelan dari SWAN pada puncak musim barat dan musim timur.

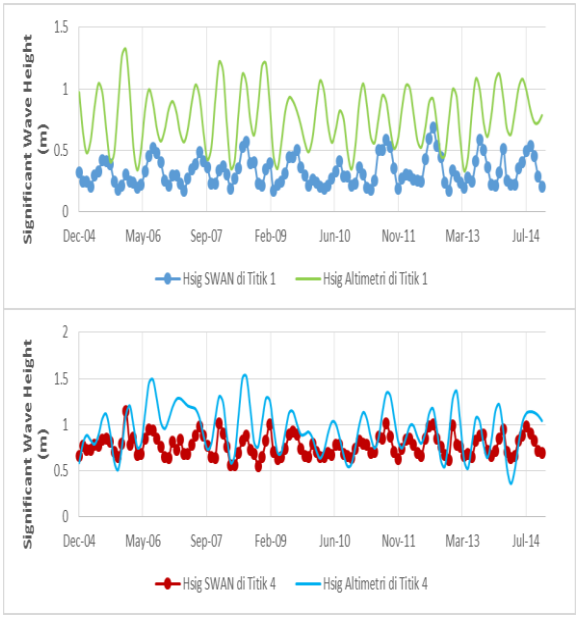


Gambar 2. Karakteristik Hsig pada Musim Muson Barat (atas) dan Musin Muson Timur (bawah)

Periode Muson Barat yang terjadi Oktober – April dengan puncak di bulan Januari. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa Hsig di Laut Jawa relatif kecil dengan rata-rata antara 0.7 – 0.9 m. Karakter Hsig di pesisir utara Jawa bagian barat dan selatan Kalimantan hanya 0.5 m sedangkan di timur Jawa mencapai 1.2 m. Energi gelombang bergerak dari Laut Cina Selatan menuju Laut Flores dan Laut Timor melalui Laut Jawa. Arah energi gelombang berubah pada April saat perubahan ke periode Muson timur.

Periode Muson Timur di Indonesia yang terjadi April – Oktober menyebabkan perubahan arah angin. Gambar 2 menunjukkan Hsig maksimum pada musim ini, yaitu pada bulan Agustus. Hsig lumayan tinggi, dengan rata-rata antara 0.8 – 1.1 m. Hsig di pesisir selatan Kalimantan dan utara Jawa Barat tetap berada di ketinggian 0.5 m sedangkan Hsig di tengah Laut Jawa hingga ke bagian timurnya mencapai 1.2 m. Hal ini dapat disebabkan kondisi batimetri di barat Laut Jawa yang relatif dangkal dengan adanya pulau-pulau kecil yang dapat menyebabkan adanya proses disipasi gelombang. Energi gelombang laut terlihat bergerak dari Laut Flores menuju ke Laut Cina Selatan.

Gambar 3 merupakan grafik *time series* dari Hsig hasil pemodelan dengan SWAN pada Titik 1 dan 4, mengambil hasil Hsig yang paling rendah dan paling tinggi. Rata-rata bulanan Hsig di Titik 1 cenderung kecil dibanding di Titik 4. Kedalaman laut di Titik 1 jauh lebih dangkal jika dibandingkan dengan di Titik 4. Pada kedalaman yang dangkal, proses berkembangnya gelombang terpengaruh oleh proses fisis yang dipengaruhi oleh kondisi dasar laut. Selain itu, proses perkembangan gelombang oleh angin dapat juga terhalang oleh adanya Pulau Bangka dan Pulau Belitung serta Kepulauan Seribu.



Gambar 3. Grafik Time Series Data Hsig Hasil Pemodelan SWAN dan Satelit Altimetri di Titik 1 (atas) dan Titik 4 (bawah)

Proses Verifikasi dan Analisis

Estimasi parameter statistik digunakan untuk menguji seberapa akurat data rata-rata bulanan Hsig yang diperoleh dari pemodelan SWAN terhadap data pengamatan satelit altimetri. Hasil perhitungan seluruh parameter statistik di setiap titik pengamatan diperlihatkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan Nilai Parameter Statistik Data Rata-rata Bulanan Hsig dari Hasil Pemodelan SWAN dan Satelit Altimetri

Titik	Rata-rata Hsig SWAN	Rata-rata Hsig Altimetri	ME (m)	RMSE (m)	SD (m)	SI	r	RMAE (m)
1	0.32	0.72	0.20	0.44	0.40	0.62	0.33	0.41
2	0.44	0.72	0.11	0.33	0.31	0.46	0.65	0.26
3	0.52	0.86	0.16	0.40	0.37	0.47	0.67	0.29
4	0.77	0.90	0.05	0.22	0.22	0.25	0.61	0.08

Pada Tabel 2 terlihat bahwa Titik 1 memiliki nilai ME, RMSE, SD, SI, dan RMAE yang paling besar, namun nilai *r*-nya yang paling kecil. Pada Gambar 3 terlihat bahwa magnitudo rata-rata bulanan Hsig di Titik 1 kecil dan selisih antara data hasil pemodelan dan pengamatan cukup besar. Oleh karena itu, nilai error di Titik 1 menjadi besar. Nilai parameter error yang paling kecil yaitu di Titik 4 dimana magnitudo rata-rata bulanan Hsig-nya cenderung serupa antara hasil model dan pengamatan. Namun, nilai *r* di Titik 4 bukan merupakan yang paling besar melainkan di Titik 3, dengan nilai 0.67. Nilai *r* ini sangat dipengaruhi oleh rerata dari rata-rata bulanan Hsig dari hasil pemodelan dan pengamatan. Nilai *r* yang kecil disebabkan oleh perata-rataan Hsig yang sebelumnya sudah dirata-ratakan secara bulanan sehingga nilai variasi setiap dataset akan bertambah maka korelasi antara kedua data menjadi kecil. Berdasarkan van Rijn dkk (2003), SWAN memberikan performa yang baik dalam memodelkan Hsig di Titik 4, peforma rendah pada Titik 2 dan Titik 3, dan performa yang buruk pada Titik 1. Rendahnya magnitudo Hsig dari SWAN terhadap data altimetri dapat disebabkan oleh rendahnya resolusi data masukan pada model, yaitu data arah dan kecepatan angina NCEP. Hal ini dapat menyebabkan model mengestimasi nilai Hsig menjadi lebih rendah dibandingkan dengan data pengamatan.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil proses verifikasi dengan menghitung beberapa parameter statistik di empat titik pengamatan, data masukan pada SWAN, terutama data arah dan kecepatan angin dari NCEP yang memiliki resolusi spasial dan temporal yang kecil, telah menghasilkan model Hsig yang cenderung mengestimasi Hsig lebih rendah dari data pengamatan melalui satelit altimetri Jason-1 dan Jason-2, terutama pada Titik Pengamatan 1 di Laut Jawa yang terletak di sebelah utara dari pesisir Jawa Tengah. Hasil pemodelan Hsig dari SWAN yang cukup baik terdapat di sebelah timur Laut Jawa, yaitu di barat daya Pulau Sulawesi. Secara keseluruhan, hasil pemodelan Hsig pada SWAN dapat mensimulasikan karakter Hsig Laut Jawa mengikuti pola angin Muson Barat dan Muson Timur.

Saran

Untuk penelitian serupa selanjutnya disarankan untuk menggunakan data arah dan kecepatan angin yang memiliki resolusi spasial dan temporal yang lebih baik sebagai data masukan pemodelan Hsig dengan SWAN, jika tersedia. Resolusi spasial dan temporal model angin global dari NCEP terlalu kasar sedangkan karakter angin sangat dinamis dimana badai dan *freak wave* dapat terjadi sewaktu-waktu di antara area dan periode waktu tersebut. Resolusi spasial yang kecil dapat juga menghasilkan pola interpolasi yang tidak diharapkan pada data angin tersebut.

Metode grid bersarang (*nesting*) pada area yang lebih spesifik dibutuhkan untuk memberikan nilai pendekatan batas yang lebih baik dalam mengestimasi Hsig pada SWAN. Karena model yang dibangun pada penelitian ini hanya menggunakan satu grid komputasi, kondisi awal pemodelan mengasumsikan nilai angin sebesar 0. Dengan menggunakan metode *nesting*, kondisi awal di domain tersebut dapat menggunakan nilai yang dihasilkan dari grid komputasi sebelumnya.

Daftar Pustaka

Booij, N., Ris, R. C., and Holthuijsen, L. H., 1999, "A Third-generation Wave Model for Coastal Regions, Part I, Model Description and Validation", *Geophysical Research*, 104 (C4), hal. 7649 – 7666.

Cavaleri, L., and Malanotte-Rizzoli, P., 1981, "Wind Wave Prediction in Shallow Water: Theory and Applications", *Geophysics*, Vol. 86, No. C11, hal. 10,961 – 10,973.

Dimitrova, M., Kortcheva, A., and Galabov, V., 2013, "Validation of the Operational Wave Model WAVEWATCH III against Altimetry Data from JASON-2 Satellite", *Bulgarian Journal of Meteorology and Hydrology*, Vol. 18, No. 1 – 2, hal. 4 – 17.

Fu, L. L., and Cazenave, A., 2001, *Satellite Altimetry and Earth Science*, Academic Press, California.

Holthuijsen, L. H., 2007, *Waves in Oceanic and Coastal Waters*, University Press, New York.

Komen, G. J., Hasselmann, S., and Hasselmann, K., 1984, "On thee Existence of a Fully Developed Wind-sea Spectrum. *Physical Oceanography*. Vol. 14, hal. 1271 – 1285.

Kurniawan, R., Habibie, M. N., dan Suratno, 2011, "Variasi Bulanan Gelombang Laut di Indonesia", *Meteorologi dan Geofisika*, Vol. 12, No. 13, Desember 2011, hal. 221 – 232.

Levèvre, J. M., and Cotton, P.D., 2001, *Ocean Surface Waves. Satellite Altimetry and Earth Science*, Academic Press, California.

Ortiz-Royero, J. C., and Mercado-Irizarry, A., 2008, "An Intercomparison of SWAN and WAVEWATCH III Models with Data from NDBC-NOAA Buoys at Oceanic Scales", *Coastal Engineering*, Vol. 50, No. 1, hal. 47 – 73.

Ray, R. D., and Beckley, B. D., 2012, "Calibration of Ocean Wave Measurements by the TOPEX, Jason-1, and Jason-2 Satellites. *Marine Geodesy*, Vol. 35, hal. 238 – 257.

Rusu, E., and Onea, F., 2013, "Evaluation of the Wind and Wave Energy along the Caspian Sea", *Energy*, Vol. 50, hal. 1 – 14.

The SWAN Team, 2015, *SWAN User Manual. SWAN Cycle III version 41.01A*. TU Delft, Delft.

Van Rijn, L. C., Walstra, D. J. R., Grasmeijer, B., Sutherland, J., Pan, S., and Sierra, J. P., 2003, "The Predictability of Cross-shore Bed Evolution of Sandy Beaches at the Time Scale of Storms and Seasons Using Process-based Profile Models. *Coastal Engineering*, Vol. 47, hal. 295 – 327.

Windupranata, W., Rojali, A., Wadman, W., and Groesen, E. V., 2011, "Spectral Wave Modelling of Java Sea on Structured and Unstructured Grid", International Conference on Natural Sciences.

3D Modeling of C-130 Hercules A-1315 Airplane (Indonesia) Using Terrestrial Laser Scanner

Irwan Gumilar, Fadel Muhammad, Hasanuddin Z. Abidin, Marlonroi Lumbantobing

Geodesy Research Group, Institut Teknologi Bandung (igumilar@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

Archiving and documentation of a national asset are necessary and need to be done for the sake of preservation and documentation. In this study, we created the 3D model of "C-130 Hercules A-1315 Airplane" as Indonesia national asset using Terrestrial Laser Scanner (TLS) technology. The 3D model can be later used for its maintenance and preservation. TLS survey has been conducted on 12 and 13 July 2015. The data processing, which includes target-to-target registration, filtering, georeferencing, meshing point clouds, surface generation, plotting, and 3D model video, were done using Cyclone 7.1 software, while 3D modeling itself is done using Geomagic Studio 2013 software. The 3D registration model has standard deviation of 0.002 m. The 3D model generated is diifferent in size with the airplane factory design data. The significant differences are found in wingspan and horizontal stabilizer sizes. They are about 4 cm. These are categorized as high differences if these are compared to 2 mm of average registration error. The differences may be caused by deformation happened on both of these aircraft parts that the size of them are no longer the same as they are produced at the first time. On the other hand, the area and volume of the 3D model are also measured. The area is 1.135.42 m^2 and the volume is 540.45 m^3.

Keywords Terrestrial Laser Scanner, volume, registration error, deformation

Introduction

3D modelling of archaeological sites, monuments, finds, paintings, and other important objects has been done with several purposes such as for archiving, documentation, preservation, and education. Beside that, the 3D modelling offer a powerful tool for conducting in-depth analyses, testing different hypotheses, and creating databases regarding object 3D model (Menna et al, 2009). Nowadays, 3D data are important component used to produce a documentation of an object and important sites permanently that they are inheritable to next generation (Remondino, 2011).

One of important and interesting object to be modeled using 3D modelling is an airplane owned by Indonesian Air Force, namely Hercules (**Figure 1**). This airplane has served for over 50 years to protect Indonesian territory (Sibero, 2004). It has became an important part of Indonesian history. Therefore, 3D documentation of this object will be very important regarding its historical journey.

The aim of this research is to create a 3D model of C-130 Hercules A-1315 airplane using TLS. Beside for archiving purpose, the documentation of this airplane can also be a reference for reconstruction of the airplane if one day it is damaged.



Figure 1. C-130 Hercules A-1315 Airplane (Source: jetphotos.net)

Methodology

Terrestrial Laser Scanner

Terrestrial Laser Scanner (TLS) is a method to capture objects on the earth's surface using laser. The surface data can be visualized into 2 dimensional (2D) or 3 dimensional (3D) models, and can be used for various applications. The advantage of this method is that it is able to obtain the position of the object points (point clouds) in a huge amount and high precision in a relatively short time [Reshetyuk, 2009]. However, the TLS has limited range, up to 1 km for long range TLS. Therefore, to obtain the data of a large and complicated object, the placement of the device must be considered and planned well [Quintero et al. 2008].

The measurement system of the TLS consists of distance measurement and angle measurement systems. For distance measurement, the TLS is

divided into two types, namely pulse based and phase based. In this research, a pulse based TLS was used and the distance measurement utilized the pulsed time of flight (TOF) method. Pulsed time of flight is a distance measurement based on the round-trip travel time when the pulse is emitted until it is received by the receiver of the device. The travel time is then used to calculate the distance between the object and the laser scanner .

According to [Reshetyuk, 2009], distance measurement using pulse based TLS follows the equation 1:

$$R = \frac{c.t}{2} \qquad (1)$$

where:

R : the distance between the TLS and the object;

c : the speed of light on air ($\approx 3 \cdot 10^8$ m/s);

t : the time travel of the laser when it is emitted and received

Angle Measurement System

Apart from distance measurement, the TLS also has an angle measurement system which can be used to obtain the coordinates of the objects. This system consists of angular ecoders that measures the horizontal direction and vertical angle of the TLS laser beam to the objects.

Coordinates Calculation

To obtain the coordinates of the objects using TLS, there are several parameters that have to be measured for every object, namely:

- Distance (*R*);
- Horizontal direction (φ);
- Vertical angle (θ).

The TLS also measures the intensity of the reflected laser beam from every point cloud. The principle of the TLS measurement is illustrated in **Figure 2**.

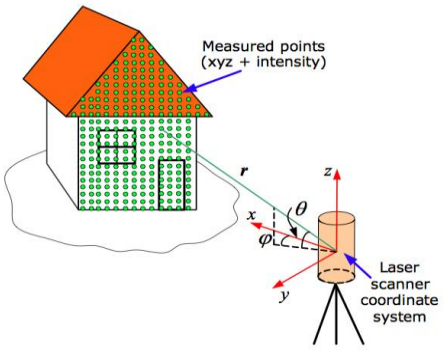


Figure 2. The principle of TLS measurement (adapted from [Reshetyuk, 2009])

The relation between measurement data (r, ψ, ϑ) and coordinates (*n, e, u*) can be written in equation 2 [Reshetyuk, 2009]:

$$X_i = \begin{bmatrix} e_j \\ n_j \\ u_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_j & \cos\varphi_j & \cos\theta_j \\ r_j & \sin\varphi_j & \cos\theta_j \\ & r_j \sin\theta_j & \end{bmatrix} \qquad (2)$$

(1)

where:

r_j : distance from the time travel of the laser to the object;

φ_j : horizontal angle between the aim of the laser and the e-axis of the device;

θ_j : vertical angle between the horizontal plane and the aim of the laser to the object;

e_j : coordinate *e* of point clouds in the device coordinate system;

n_j : coordinate *n* of point clouds in the device coordinate system;

u_j : coordinate *u* of point clouds in the device coordinate system;.

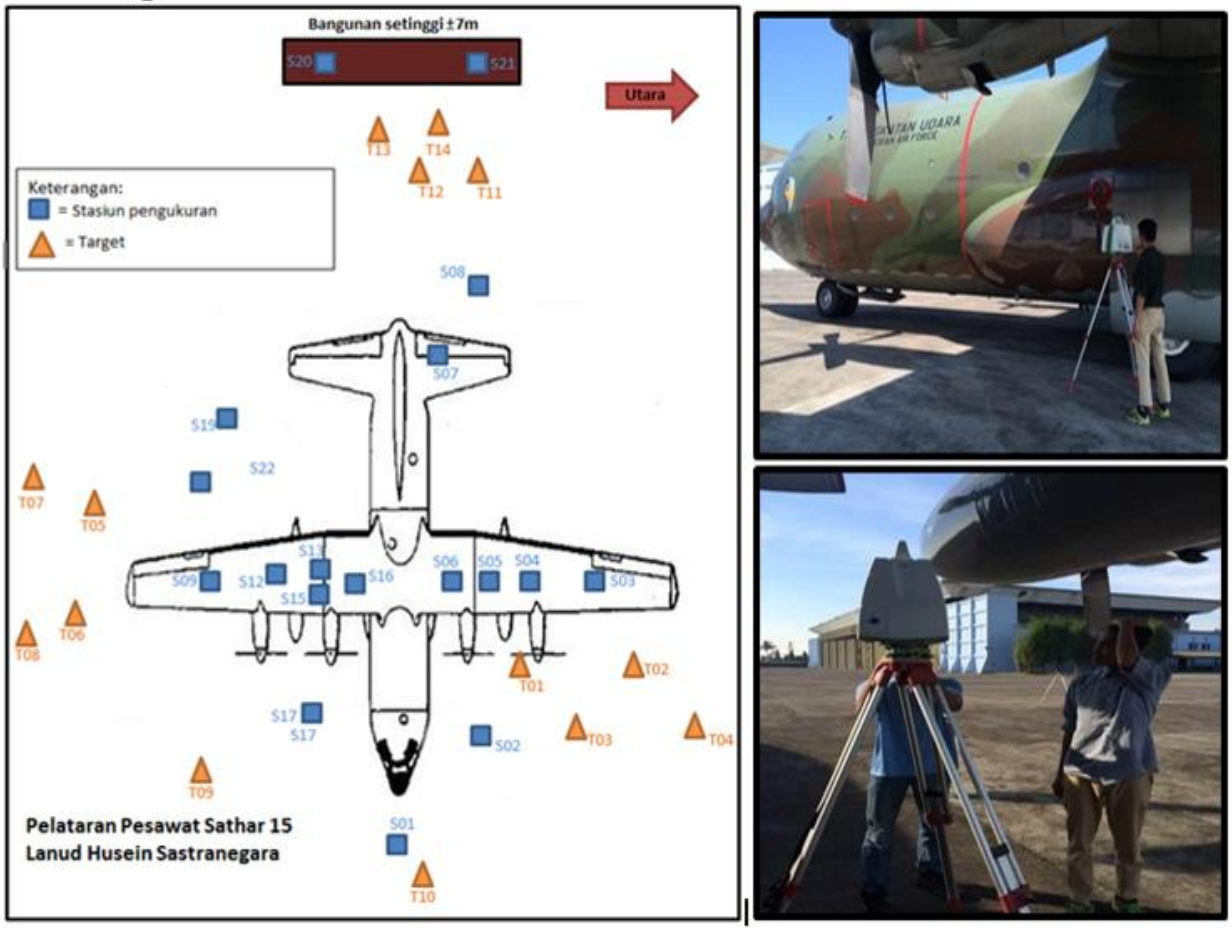
The methodology of this research consists of several steps, namely: preparation and TLS data acquisition, registration process, filterization, georeferencing process, 3D modelling, video making, and analysis and discussion. These steps will be described in the following sections to answer the conclusion of the research.

Preparation and Data Acquisition

The most important step in surveying using the TLS is the preparation step. In this step, the placements of the TLS Equipment and targets are planned, so all the necessary data can be obtained. The placement of the TLS Equipment and targets was done more than once, considering the size and the complicated shape of the monument. This research used the Leica C-10 TLS device with the maximum range of 300 mm and the

precision of positions of 6 mm and the precision of distance of 4 mm in a distance of 50 m. The Coordinates system in this research using local coordinate. The sketch of data acquisition and its documentation can be seen in **Figure 3**.

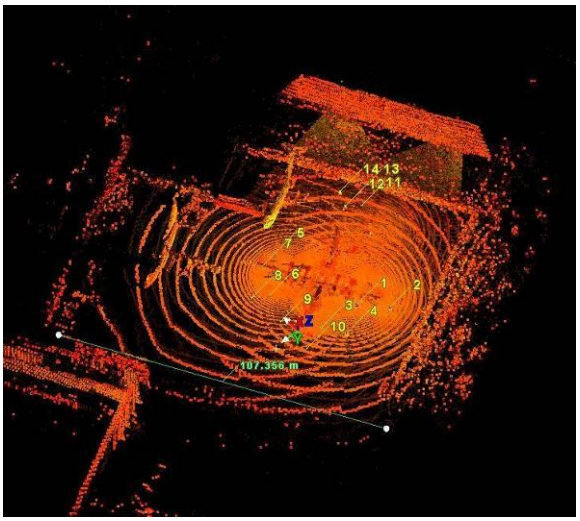
Figure 3. The schema of placements of device and ta[illegible]ntation building TLS data acquisition (right)



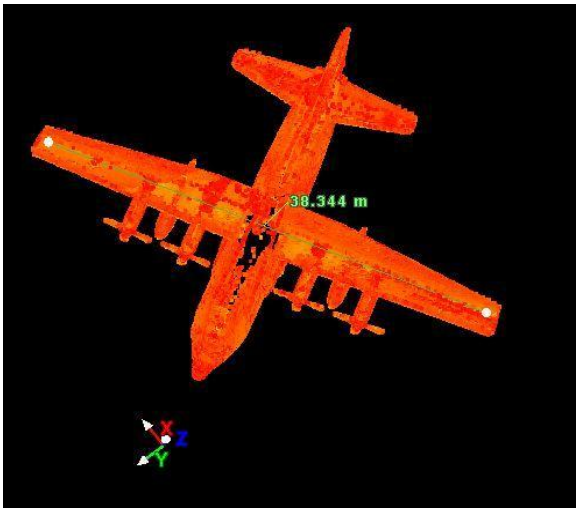
Registration, Filtering, and Georeferencing

Registration is the process of combining the scanning data. The registration technique used in this research is target based registration. This technique uses a minimum of 3 target points. The registration process also yields the error values. The error values of the registration are obtained from the target scanning process which is used as reference points. In this research, the average value of the registration error is 0.002 m. The largest registration error value is 0.006. During the TLS data acquisition, all objects were scanned, both the necessary and unnecessary ones. The result of the registration can be seen in **Figure 4(a)**. Point clouds data filtering produces 482.508.100 point clouds that make an airplane shape. Filtering result is shown in **Figure 4(b)**.

In Cyclone 7.1 software, there are two techniques which are able to be used for filtering. Both of them are fencing and smooth surface. In this research, the technique applied is fencing. This technique works by making boundary between data needed and data that are not needed. the boundary form can be polygon, square, and circle.



(a)



(b)

Figure 4. Model space of registration (a) and filtering result (b)

Result and Discussion

3D Modelling

After registration, unifying, and filtering processes have already done, point clouds data are ready to be modeled. 3D modelling is a step where point clouds data are combined into a solid shape. Its processes use some sofwares that are Geomagic Studio 2013 and Autodesk Recap 2015. There are three processes of the airplane 3D modelling that are:

1. Separation of point clouds data using Autodesk Recap 2015 into six parts in order to make it easy to be processed.
2. Mesh of the six parts of point clouds data into solid object using Geomagic Studio 2013.
3. Combination of the six parts of point clouds data mesh result that are separated previously using Geomagic Studio 2013.

Mesh result combination of six separated parts of point clouds data is shown in **Figure 5**. Meanwhile, visualization between airplane photo and its 3D model is shown in **Figure 6**.

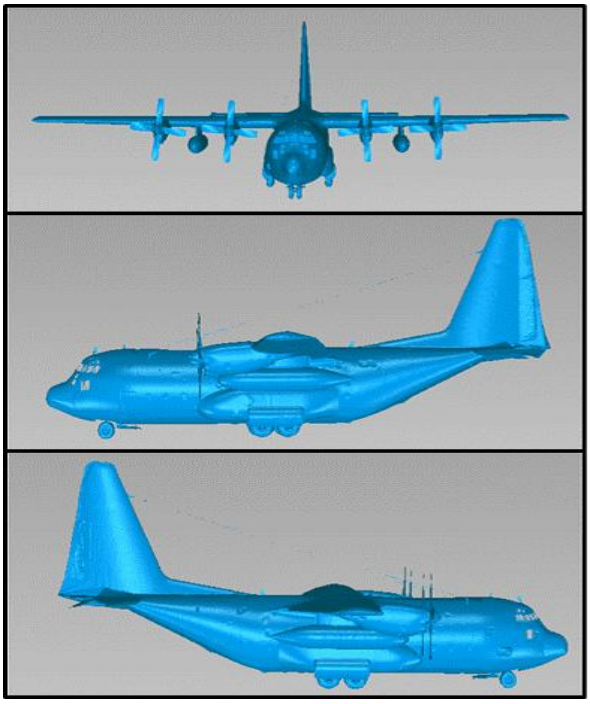


Figure 5. Meshing result from different points of view



Figure 6. Visualization between airplane photo (above) and its 3D model (below)

Geometry dimensions which will be measured from 3D model of C-130 Hercules A-1315 are angle and distance. Software used to measure them are Geomagic Studio 2013 and AutoCAD 2013. Distance measurement in Geomagic Studio 2013 is done by using measure distance feature on analysis menu. Meanwhile, distance and angle measurement in AutoCAD 2013 is done by using aligned and angular feature on dimension menu. Distance and angle measurements data obtained from airplane 3D model are shown in **Figure 7**.

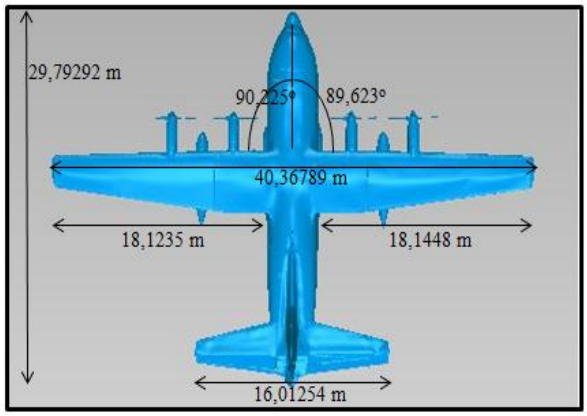


Figure 7. Distance and angle measures

Airplane 3D model dimensions can be compared to airplane dimensions based on its factory design data. Comparison executed covers three aspects that are airplane, wingspan, and horizontal stabilizer length. The comparison aspects is shown in Figure 8. Meanwhile dimensions comparison from each of the aspects is shown in **Table 1**.

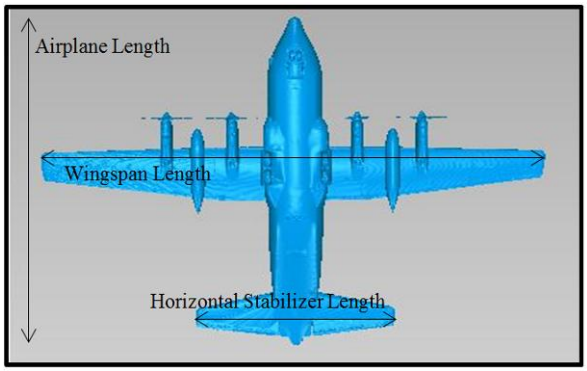


Figure 8. Comparison aspects between airplane 3D model and its factory design data

From **Table 1**, we can get significant differences on wingspan and horizontal stabilizer lengths, that are around 4 cm. These are categorized as high differences if these are compared to 2 mm of average registration error produced in early data processing. Meanwhile, the difference in airplane length is considered to be fair because it is smaller than the average registration error.

Measurement of airplane 3D model surface area is carried out by using Geomagic Studio 2013 software. Feature used to compute the surface area is compute area in analysis menu. Surface area obtained is 1,135.420987 m^2.

Measurement of airplane 3D model volume is executed using Geomagic Studio 2013 software. Feature used to gain the volume value is compute volume and compute volume to plane in analysis menu. The volume measurement is done by using two methods. First method is by computing each volume of six parts of the airplane 3D model that are separated previously. Total volume of the six parts of the airplane 3D model obtained is 540.45 m^3 which represents the volume of the airplane 3D model . The second method is by measuring volume of the airplane 3D model that has been combined after they are separated before. The airplane 3D model volume obtained is 207,567962 m^3.

Tabel 1. Dimensions comparison between airplane factory design data and its 3D model

No.	Aspect of Airplane	Factory Design Data (m)	3D Model Dimension (m)	Dimension Difference between 3D Model and Factory Design Data (m)
1	Airplane Length	40,41140	40,36789	0,04351
2	Wingspan Length	29,79420	29,79292	0,00128
3	Horizontal Stabilizer Length	16,05280	16,01254	0,04026

Conclusions

Conclusion that can be gained from this research are as follow:

1. 3D model production of C-130 Hercules A-1315 airplane can be executed by applying series of data acquisition and processing with average registration error resulted is 2 mm.
2. Geometry parameter, surface area, and volume of the airplane 3D model can be measured. From geometry parameter analysis is found significant differences on wingspan and horizontal stabilizer lengths if they are compared to factory design data of the airplane. The differences is probably caused by deformation happened on the wingspan and horizontal stabilizer causing dimension of both of them are not in the same size anymore with the airplane initial size when it was produced at the first time.

References

1. Menna, B., Nocerino, E. & Scamardella, A. 2011. Reverse Engineering and 3D Modelling for Digital Documentation of Maritime Heritage. International Archieves of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science, Volume XXXVIII-5/W16, 245-252.
2. Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M, and Barnes, S. 2008. Theory and practice on terrestrial laser scanning. The Learning Tools for Advanced Three Dimensional Surveying in Risk Awareness Project (3DRiskMapping).
3. Remondino, F., El-Hakim, S., Girardi, S., Rizzi, A., Benedetti, S., Gonzo, L. (2009). 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures-The "3D-Arch" Project. International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Volume XXXVIII-5/W1.
4. Reshetyuk, Y. 2009. Terrestrial laser scanning, error source, self-calibration, and direct georeferencing. Saarbrucken, Germany: VDM Verlag Dr. Muller.
5. Sibero, T. T. 2004. 50 Tahun Hercules. Jakarta: dinas Penerangan Angkatan Udara.

Land Valuation with Geographically Weighted Regression (GWR) around the Land and Air Transportation Facilities

Levana Apriani[a], Bambang Edhi Leksono[b]

[a,] Geodesy and Geomatics Engineering, Bandung Institute of Technology (ITB) (aprianilevana@gmail.com)
[b,] Geodesy and Geomatics Engineering, Bandung Institute of Technology (ITB) (bleksono2013@gmail.com)

ABSTRACT

Land valuation is obtained by involving various aspects, but the main aspect is location. Location of land usually associated with the proximity of the land to certain facilities. From many researches, land and air transportation facilities could lead to positive or negative impact on land value. This research objective is to know land value that affected by the existence of land and air transportation facilities with Geographically Weighted Regression (GWR). GWR itself is one of regression method that its weighing is based on distance between given land value and unknown land value that will be calculated. GWR models were used for this research using a gaussian kernel fixed with optimum bandwidth search using the Akaike Information Criterion (AIC). For comparing, land valuation is done by linear regression. Analysis of the model is done by calculating root mean square error (RMSE) with dependent variable, which is, mean indication value (NIR). Analysis is also done by interpreting condition of land parcels that directly adjacent to airport, railway, and highway. The result shows that land valuation with GWR gives smaller RMSE and reliable land parcels condition than land valuation with linear regression.

Keywords *GWR, land valuation, transportation*

1. INTRODUCTION

1.1. Backgrounds

Land is both physical and abstract object. Physical. because the land merges with the earth's surface and attached either at the top or bottom. Land is also an abstract object because the land has the right to use and the value to be traded (Dale & McLaughlin, 1999). The value of land can be defined as the quality of the soil. Meaning. the value of land depends on its physical qualities such as type of soil, the surrounding landscape. precipitation, and location. but the physical qualities are not enough to describe what it was the value of the land. In terms of the market, the value of land can mean land prices are negotiated and agreed upon by the seller and the buyer. The price of land is not only judged by the quality of the soil. but also the legal obstacles faced and their future use (Dale & McLaughlin, 1999).

Von Thünen (1826), an economist from Germany, known as the father of location theory, states that the value of land is determined by the ground distance to the downtown. The downtown can be either the market or the Central Business District (Central Business District - CBD) (Hermit, 2009). In this study, the location of the land valuation is around Husein Sastranegara International Airport. thus that the value of land is determined by the presence of the airport.

In line with the development of Husein Sastranegara International Airport, Stangel (2011) explains in his research that the net transport can be the center of economic growth and development. Husein Sastranegara International Airport is located in a favorable location (close to several CBDs in Bandung) (Stangel, 2011). Suksmith & Nitivattananon in 2014 already doing research on the value of land that is affected by the flight. Conclusions of their research activity is low down the value of land up to 15%. The parameters used are the negative influence of low activity, such as noise, congestion, air pollution, security and visual. Their research also do zoning in the area outside the airport based on the intensity of the disturbance (Suksmith & Nitivattananon, 2014). It is contrary to previous statements is that the proximity to the airport may provide a decrease in the value of land.

Besides adjacent to Husein Sastranegara International Airport, the location of this research is also adjacent to railway. In a study conducted by Debrezion et al in 2004, the proximity of the property to the railway and the station does not give effect linear manner. Mentioned that there are some properties are getting close to the train tracks and stations, then the higher value. This is due to the needs of the community will be public transportation. On the other hand, the proximity to the railway and the station can have a negative effect on the value of the property, this is due to the noise that occurs every train passing and security. In the end, the proximity to rail transport facilities provide different influences and tend to give positive results, because the type of commuter rail and metro transportation is commonly used in European countries (Debrezion, et al, 2004).

In Indonesia, according to research conducted by Susanto in 2011, that the proximity of the land to the railway bring a positive influence, while proximity to the station mebawa significant negative influence. Susanto doing research in Surakarta with variable search using multiple linear regression log-log (Susanto, 2011). Study the influence of the railway on the value of the property done by Muttaqim in 2012 and took place in Yogyakarta. Research shows that the closer to the train tracks, the higher the value of the property, this is caused by economic region adjacent to the railway (Muttaqim, 2012). In research Winoto 2003, showed that the value of homes around Bekasi reduced when getting close to the train tracks (Winoto, 2003). Thus the option of railways as parameters that affect the value of the land is an interesting thing, because there are many differences between studies.

1.2. Problem Statement

Land valuation is generally calculated based on proximity to highway that can be passed by cars. Land valuation is associated by the proximity of the road carried out by the National Land Agency (BPN), and also a real estate agent. The proximity of the road had a positive influence on land values in almost all locations. In addition to the road, a lot of factors that affect the value of the land if it is linked to transportation facilities, such as airport facilities and railway. Relations with the value of the land where the airport and railway provides a unique effect in each location. This makes the influence of the airport and the railway on land values worth researched and modeled. The proximity of a positive effect, which is easy access to transport facilities and can be used as a business opportunity, on the other hand have a negative effect for the inconvenience due to noise and safety.

1.3. Objectives and Scope of Research

The main objective of this research is to develop a mathematical model that best suits each parcel to calculate the value of the land around Husein Sastranegara International Airport and the railway. The results of the model development is expected to have a parameter related to the characteristics of the airport and the railway. Furthermore, the method of determining the mathematical model of each land parcel can be used as a reference for the land valuation in the area adjacent to transportation facilities airplanes and trains.

The scope of research on the development of land valuation at Husein Sastranegara International Airport and the railway are:

a. Development of land valuation method using linear regression and geographically weighted regression (GWR) with the addition of transport parameters.
b. In order to be included in the modeling of land is settlement and trade.
c. The dependent variable was entered Indicative Value Average (NIR).
d. The parameters are entered radius plot against the airport, radius plot against railways, road width, plot against the station, the bus station plot, plot to stop, plots against the market, and the plot to the city center, and spacious plot.
e. The value of land taken is at Campaka Subdistrict, Andir District, Bandung City.

2. METHODOLOGY

The research method is divided into five phases. Five phases are implemented to the procedures and data used below:

a. The literature review ranges from about land valuation method along with the modeling, correlation land use and land value.
b. Identify the surrounding environment Husein Sastranegara International Airport and railway tracks obtained from the map parcels overlaid with the image Geoview.
c. The mathematical model will be created using Geographically Weighted Regression (GWR), which uses data weighted value of the land is already known and considered to affect the value of the land is not yet known. The value of land taken from the existing average value Indication (NIR) and the Land Value Zone (ZNT) or used as the dependent variable. Independent variables is the radius of the airport, the radius of the railroad, the road width, the distance to the station, the distance to the bus station, the distance to stop, the distance to the market, and the distance to the city center, spacious. The resulting mathematical model will be different in each parcel.
d. Analysis of the model is done by looking at the residue and the condition of the land value in the model's selected. Validation of mathematical models can be determined by comparing the price of the new land, the calculation results with the new mathematical model as well, with NIR and field surveys.
e. Summing up the overall research to answer research questions that have been mentioned before and make recommendations to the next research.

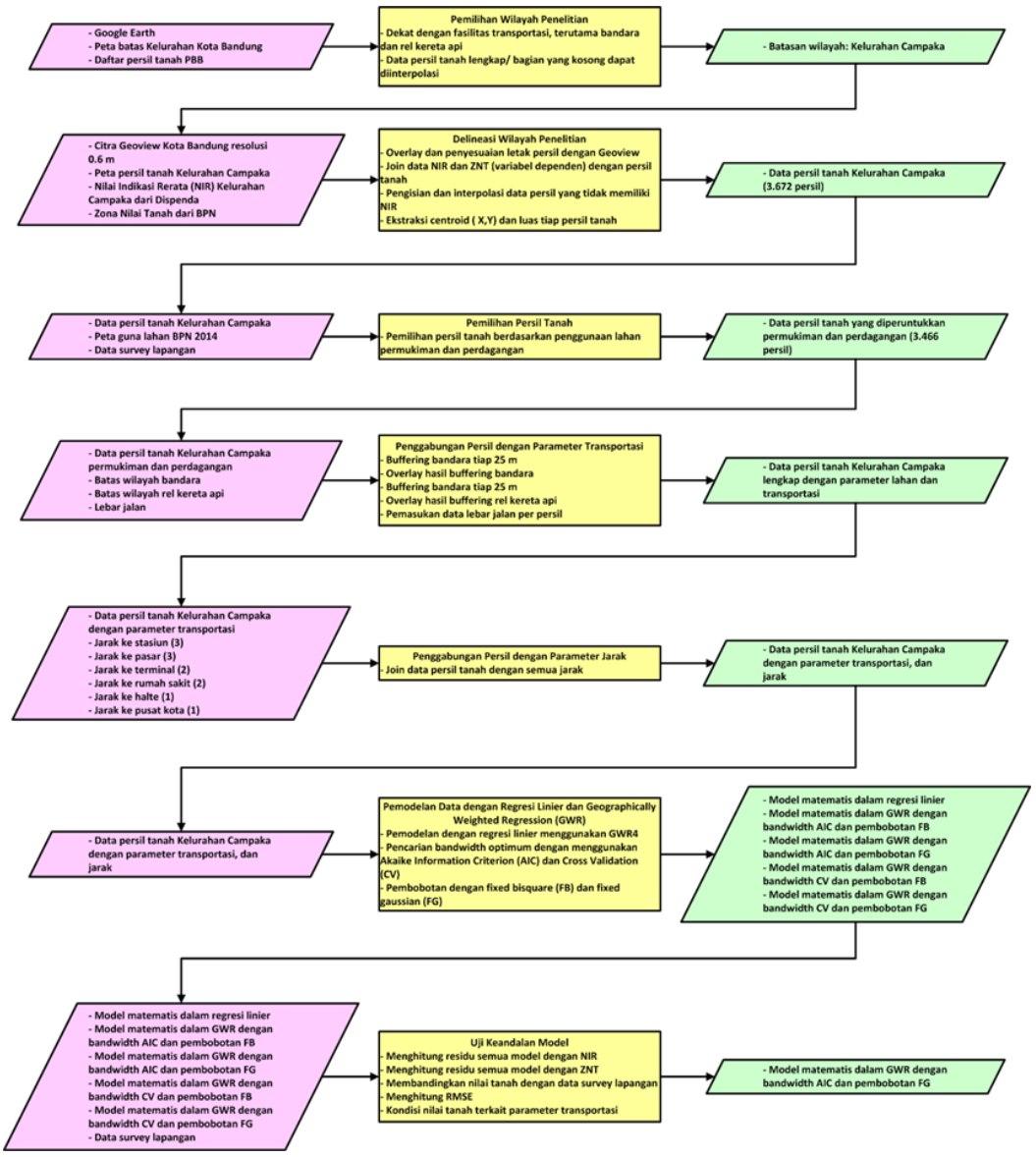


Figure 1. Flowchart (Pink: Input Data/ Information, Yellow: Process, Green: Output Data/ Information)

Modeling is done with the help of ArcGIS 10.1 and GWR4. GWR4 a special software to process data to be modeled by GWR. Inclusion of variables using GWR4 shown in Figure 2.

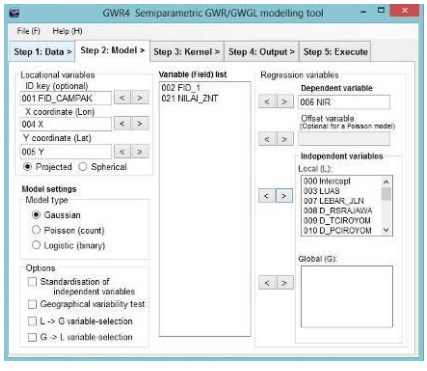
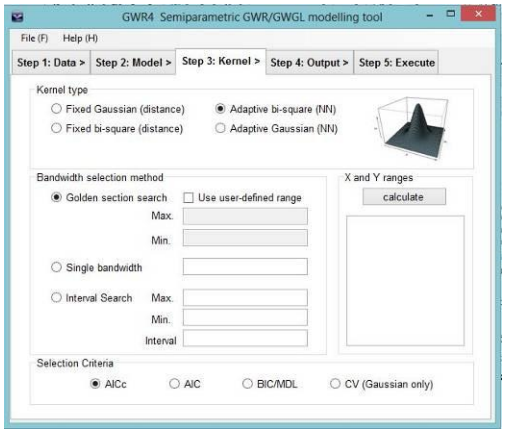


Figure 2. Entry of Variables in GWR4

The input data consists of ID that represents the name for each land parcel, then the X and Y coordinates in UTM projection. Then put the dependent variable data, which in this study NIR. After that put the dependent variables listed in Table 2.3. There are three models to choose from, namely Gaussian, Poisson, and Logistic. In this study were selected Gaussian, so you can select two methods of finding the optimum bandwidth.

Weighting is used with a fixed radius means land parcels are put into the same processing for each environment. In this study been fixed bisquare and gaussian fixed. Then the selection of bandwidth by using a golden section search, meaning GWR4 will iterate using the Akaike Information Criterion (AIC) in determining the optimum bandwidth, up to didapetkan difference iteration value to zero. The result is a linear regression parameters and

parameters of each parcel. This is due to the GWR produce a model for the parcels of land. Also



produced optimum bandwidth. Search bandwidth and weighting shown in Figure 2.19.

Figure 3. Step Weighting and Selection of Optimum Bandwidth

In this study yielded linear regression modeand model with fixed gaussian kernel bandwidth and AIC with NIR as dependent variable.

3. RESULT AND DISCUSSION

3.1. Land Valuation Modelling with Linear Regression

Results of linear regression performed using NIR dependent variable is as follows,

$$-3160772577{,}324 + 111{,}633x_1 + 127900{,}16x_2 - 9213{,}964x_3 - 93549180{,}385x_4 + 63933839{,}747x_5 + 56296312{,}034x_6 + 4660{,}756x_7 + 60458367{,}073x_8 - 16848153{,}44x_9 + 38472721{,}883x_{10} - 51108116{,}676x_{11} - 64517108{,}419x_{12} + 6863466{,}014x_{13} + 3049{,}815x_{14} - 3149{,}955x_{15} - 180{,}612x_{16} \quad (1)$$

From a linear regression formula shown that there are some parameters that adds the value of land in the village and there Campaka that reduce the value of the land. The parameters are directly proportional to the increase in the value of land is the land area, wide roads, the distance to Rajawali Hospital, distance to Ciroyom Bus Station, distance to the Andir Market, distance to Kebon Kalapa Bus Station, distance to the Santosa Hospital, the radius of the airport, and distance to bus stop. The parameters are inversely proportional to the value of the land, among others, is the distance to the Ciroyom Market, distance to the Hall Station, the distance to the Cimindi Station, distance to Ciroyom Station, the distance to the Pasar Baru, distance to the square, and the radius of the railway.

Figure 4. Linear Regression Modelling Map

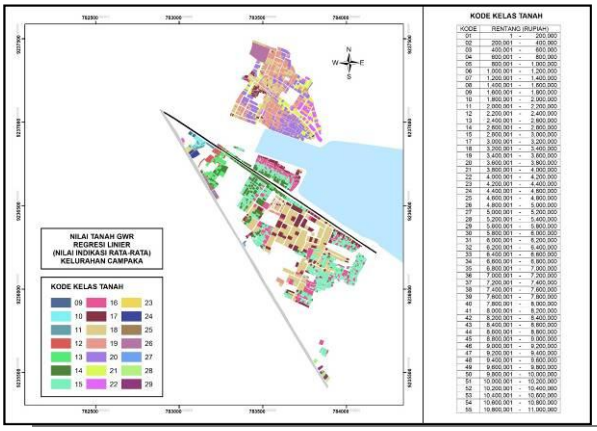
In Figure 4 shows that the value of land by linear regression modeling results show that the results do not differ much with NIR. This is reflected in the resulting range is around Rp 1.000.000, - up to Rp 6.000.000, -. No doubt also results from modeling have suffered deterioration, as there are land prices below Rp 2.000.000, -, which is the minimum value of NIR. The linear regression modeling with most in the range of Rp 3.000.000, - up to Rp 4.000.000, -.

3.2. Land Valuation Modelling with Geographically Weighted Regression (GWR)

GWR modeling results with the use of fixed weighting gaussian and AIC in finding the optimum bandwidth produces 56.150 m value as the optimum bandwidth, while for the parameter is generated as shown in Table 1 and the results are shown in Figure 5.

Table 1. Parameters of GWR Modelling

Parameter	*Mean*	*Std*	*Min*	*Max*	*Range*
Intercept	-6.239639E+08	6.025900E+09	-3.110145E+11	2.071832E+10	3.317329E+11
LUAS	3.716822E+02	8.793232E+02	-2.579020E+03	3.267750E+03	5.846771E+03
LEBAR_JLN	4.415875E+04	1.380347E+05	-3.355215E+05	9.987790E+05	1.334300E+06



D_RSRAJAWA	2.129132E+04	2.681078E+05	-5.835326E+06	1.130076E+06	6.965402E+06
D_TCIROYOM	-5.117173E+06	1.827156E+08	-7.554286E+09	1.825851E+09	9.380137E+09
D_PCIROYOM	3.282815E+06	1.222159E+08	-1.108709E+09	5.138406E+09	6.247116E+09
D_SBANDUNG	8.119737E+06	1.106527E+09	-1.581702E+10	2.189522E+10	3.771224E+10
D_SCIMINDI	2.392453E+03	1.909594E+04	-1.392424E+04	3.859298E+05	3.998541E+05
D_SCIROYOM	4.540913E+06	1.173155E+08	-1.152296E+09	4.694870E+09	5.847166E+09
D_PANDIR	-1.582004E+06	3.058382E+07	-1.247374E+09	1.815550E+08	1.428929E+09
D_PBARU	8.071301E+06	1.403433E+09	-2.355600E+10	2.734133E+10	5.089733E+10
D_TKEBONKA	-1.082957E+07	2.063971E+09	-4.065752E+10	3.339958E+10	7.405710E+10
D_RSSANTOS	-6.838456E+06	2.238891E+08	-4.021472E+09	9.834168E+08	5.004889E+09
D_ALUNALUN	3.283667E+05	2.257249E+08	-4.239421E+09	4.921273E+09	9.160694E+09
D_REL	-3.153015E+03	5.128343E+03	-1.576572E+04	2.618445E+04	4.195017E+04
D_BANDARA	1.035910E+03	4.466777E+03	-1.505932E+04	1.531247E+04	3.037178E+04
D_HALTE	1.044623E+03	5.515123E+03	-1.435220E+04	2.069344E+04	3.504563E+04

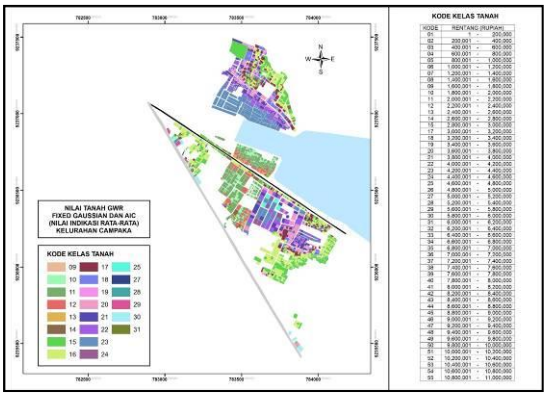


Figure 5. Map of GWR Modelling

In Figure 5 shows that the land value modeling results GWR with gaussian fixed and AIC decreased and increased land value. This is evident from the range resulting from Rp 1.000.000, - up to Rp 7.000.000, -.

3.3. Discussion

Land value that has been calculated with the parameters obtained, the residue is calculated by comparing the value of the land with NIR modeling Visualization of the residuals shown in figure 6 (linear regression) and figure 7 (GWR). After this, it is needed calculated Root Mean Square Error (RMSE) for analysis. RMSE is shown in table 2.

RMSE is calculated to validate model the dependent variable is used. The smaller the RMSE, then the model is increasingly represents the dependent variable, in this case the NIR. Calculations with two dependent variables was done to see how the modeling by linear regression and GWR to answer the needs in terms of taxation, namely the NIR. In addition to the NIR, obtained also the value of land with field surveys. Field surveys conducted .with came to the house and ask the public about the sale and purchase in Campaka Subdistrict community.

Obstacles encountered when the field survey is difficult to determine the market price of land, especially when asked to the surrounding community. Basically, when people are asked about the price of land can not distinguish the property prices. Many people who are less aware of the price of land in the Village Campaka, because basically Campaka Village is a village with densely populated areas and there is rarely empty land. On the ground contained in a small street price is very cheap at only Rp 107.143, -. These round numbers that are not caused by Campaka Village community still adheres *tumbak* measuring system, which is the term size of the land in Sundanese culture equal to 14 m2.

Table 2. RMSE

Modelling	RMSE (Rp.)	
Linear Regression	NIR	862180,0516
	Field Survey	1924391,072
GWR (Fixed Gaussian – AIC)	NIR	364767,8327
	Field Survey	2004369,716

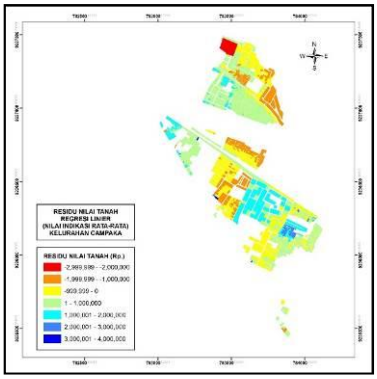


Figure 6. Residual of LR Modelling

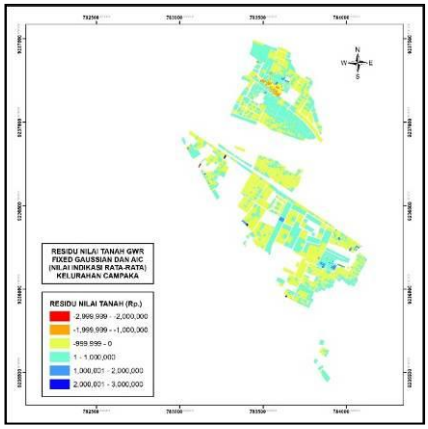


Figure 7. Residual of GWR Modelling

From RMSE, it is shown that GWR modelling gives smaller RMSE than Linear Regression, if comparing with NIR. Comparing with field survey, GWR modelling gives higher RMSE. But, field survey, from previous statement has higher error potential than NIR, because nearly impossible that land value in urban area only Rp 100.000,-. Thus, NIR is represented land value in relation to taxataion and assessment of value of NIR is clearly reliable.

From figure 6 and figure 7, land value can be classified in matter of value increasing and decreasing related to transport facilities. Seen that the linear regression model with the dependent variable NIR show that the value of land tends to rise if near airport and highway. The same thing happened to railway, where the dependent variables NIR modeling with experience decreasing. GWR Modelling, in proximity to the airport, most land value is increased, while the proximity to the railway provide a decrease in the value of land. This uniformity can be caused by the optimum bandwidth which tend to be small, resulting in a uniform data entry and the possibility of bias is very small. It can be concluded that the GWR model with gaussian fixed is the right choice.

4. CONCLUSION AND RECCOMENDATION

If the condition of the land value, the airport has a diverse role in influencing the value of the land, namely the dominant raising and lowering. The same thing happened on the railway, in the section adjacent to the railway, then reduce the value of land, close to the station while increasing land values. The width of the road in this study actually reduces the value of land. This occurs because the data and trafficking in settlements located on a side street very little and less represented real circumstances.

The model is suitable to represent the state at the top is a land valuation models using GWR, which fixed a gaussian weighted using the optimum bandwidth using the Akaike information criterion, where the value of root mean square error (RMSE) the smallest and conditions of the land value is relatively constant. Reccomendation for next research is adding fare as parameter in land valuation. Fastest way also can be added as parameter.

ACKNOWLEDGMENTS

I would like to acknowledge Mrs. Widyastuti and Mrs. Imas for providing data. Also Mrs. Vera Sadarviana and Mr. Budhy Soeksmantono for review, critic, and sugesstions.

BIBLIOGRAPHY

Dale. P. F. & McLaughlin, J. D. (1999). *Land Administration.* New York: Oxford University Press.

Debrezion, G. Pels. E. A. J. H. & Rietveld. P. (2004). *The Effects of Railway Investments in a Polycentric City*. Tinbergen Institute Discussion Paper No. TI 04-089/3.

Hermit, H. (2009). *Teknik Penaksiran Harga Tanah Perkotaan: Teori dan Praktek Penilaian Tanah.* Bandung: CV. Mandar Maju.

Kasarda, J. D. (2010). *Airport Cities and the Aerotropolis: The Way Forward in Global Airport Cities.* London: Insight Media.

Muttaqim, H. (2012). *Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Nilai Rumah Tinggal Sederhana Di Sekitar Jalur Rel Kereta Api (Studi di Kecamatan Gondokusuman-kota Yogyakarta).* Tesis. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada

Stangel, M. (2011). *Airport-Related Spatial Development - Global Tendencies and Katowice Airport Area Perspectives*. ACEE Journal - Silesian University of Technology(1). 15-24.

Susanto, J. (2011). *Pengaruh Jalur Rel Kereta Api pada Nilai Tanah di Sekitarnya (Studi Kasus pada Jalur Rel Kereta Api di Kota Surakarta).* Tesis. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada

Suksmith, P. L. & Nitivattananon, V. (2014). *Aviation Impacts on Property Values and Management: The Case of Suvarnabhumi International Airport.* International Association of Traffic and Safety Sciences.

Winoto, Y.S. (2003). *Analisis Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Nilai Jual Rumah Tinggal Yang Dilewati Jalur Rel Kereta Api (Studi Kasus Kecamatan Bekasi Timur-kota Bekasi).* Tesis. Yogyakarta: Universitas Gajah Mada

Studi Kinerja CHC Geomatics Office 1.0.1 untuk Pengolahan Data GPS di Berbagai Panjang *Baseline*

Odie Syahrozi, Irwan Gumilar, Hasanuddin Z. Abidin, Teguh P. Sidiq, Dhota Pradipta, Brian Bramanto

Kelompok Keilmuan Geodesi, Institut Teknologi Bandung (syahroziodie@gmail.com)

ABSTRACT

An empirical investigation of Global Positioning System (GPS) processing is needed to assess the performance of GPS commercial software. Performance of the GPS processing can be determined by analyzing the software algorithm and error elimination strategy. CHC Geomatics Office (CGO) is a new commercial software produced by one of GPS manufacture from China named CHC. To obtain the CGO performance, various baselines were introduced and processed. The aim of this research is to analyze the performance of CGO. Investigated parameter on this research are accuracy (in respect with Bernese estimated position) and precision (based on its standar deviation). The used data are GPS data observations in short baseline (1-13 km) dan medium baseline (16-47 km). The results indicates that the accuracy for short and medium baseline respectively are 1-5 cm and 3-5 cm. While the precision for short, and medium baseline respectively are 0.07-0.2 cm and 0.1-0.5 cm.

Keywords: GPS, baseline, accuracy, precision

Pendahuluan

Global Positioning System atau yang lebih dikenal dengan sebutan GPS adalah salah satu *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang paling banyak digunakan dan memiliki performa yang sangat baik sampai saat ini dibandingkan dengan sistem GNSS lainnya. Penggunaan GPS telah digunakan dalam berbagai keperluan terutama untuk navigasi, survei pemetaan, survei konstruksi, dan pengamatan geodinamika (Abidin, 2000).

Salah satu tahapan penting dari survei GPS adalah tahap pengolahan data GPS. Umumnya terdapat dua jenis perangkat lunak pengolah data GPS, yaitu perangkat lunak komersial yang dikeluarkan oleh perusahaan-perusahaan *receiver* GPS dan perangkat lunak ilmiah yang dikeluarkan oleh lembaga-lembaga penelitian atau universitas. Beberapa karakteristik dari perangkat lunak komersial antara lain: cenderung memberikan kenyamanan kepada pengguna dengan sedikit parameter masukan untuk analisis dan dirancang secara optimal untuk akurasi pengamatan yang tidak sangat tinggi (tidak seperti halnya perangkat lunak ilmiah) (Mageed, 2015). Pada survei GPS untuk keperluan survei pemetaan, perangkat lunak komersial lebih banyak digunakan. Namun, adakalanya perangkat lunak ini tidak memberikan informasi yang cukup tentang model matematis dari proses pengukuran GPS pada data-data tertentu. Setiap dari perangkat lunak komersil memiliki keunikan dalam beberapa fungsi dan algoritma yang diterapkan. Pada umumnya, perusahaan komersial tidak memberikan informasi tentang algoritma yang diterapkan oleh perangkat lunak tersebut (Delcev, 2015). Oleh karena itu, dibutuhkan penelitian untuk mengetahui bagaimana kinerja perangkat lunak komersial untuk mengolah data GPS.

Terdapat beberapa perangkat lunak komersial yang beredar di pasaran. CHC, salah satu perusahaan manufaktur China yang bergerak di bidang pengembangan *receiver* GPS mengeluarkan sebuah perangkat lunak komersil bernama *CHC Geomatic Office* (CGO). Perangkat lunak ini dapat mendukung data GPS, Glonass dan Beidou. CGO dirilis pada tahun 2013 (CHC, 2013). Sebagai perangkat lunak komersial yang relatif baru, maka dibutuhkan penelitian tentang kinerja CGO untuk mengolah baseline baik pada baseline pendek dan menengah.

Metodologi

Data pengamatan GPS yang digunakan dalam studi kinerja perangkat lunak CGO ini adalah data pengamatan secara differensial dengan moda radial. Metode differensial berarti pengamatan menggunakan sebuah stasiun referensi dan beberapa stasiun *rover*. Moda radial menandakan bahwa pengamatan stasiun rover bereferensi pada satu stasiun referensi dan tidak saling terikat satu sama lain. Data yang digunakan merupakan data pengamatan GPS dengan baseline pendek dan menengah. Tabel 1 menunjukkan karakteristik dari data pengamatan.

Tabel 1. Kriteria data yang digunakan

Kriteria	Pendek	Menengah
Waktu Pengamatan	14 Juni 2012 – 18 Juni 2012	19 Mei 2010 – 22 Mei 2010
Lokasi Pengamatan	Semarang	Jakarta
Model Baseline	Radial	Radial
Jarak Baseline Terpanjang	14,834 km	47,036 km
Jarak Baseline Terpendek	1,813 km	15,828 km
Durasi Pengamatan Rata-rata	8 jam 28 menit	8 jam 47 menit

Ketiga jenis data tersebut diambil dengan tipe receiver yang berbeda. Namun dalam penelitian ini, seluruh data dikonversikan dalam format yang seragam, yaitu RINEX.

Parameter yang dijadikan landasan untuk mengetahui kinerja perangkat lunak CGO dapat dilihat dari keakuratan dan kepresisian perangkat lunak tersebut untuk baseline pendek dan menengah. Tingkat keakuratan akan dinilai dari perbandingan hasil pengolahan baseline dari ketiga perangkat lunak dengan hasil pengolahan baseline dengan perangkat lunak pengolah data GPS ilmiah, yaitu Bernese 5.0. Hasil pengolahan dengan Bernesse dianggap sebagai nilai yang benar. Dengan demikian, keakuratan perangkat lunak akan semakin tinggi jika residu (selisih) koordinat dengan Bernesse semakin rendah. Sebaliknya, apabila residu antara koordinat perangkat lunak dengan koordinat Bernese tinggi, maka keakuratan seakin rendah. Kepresisian dari ketiga perangkat lunak dinilai dari standar deviasi untuk setiap koordinat. Standar deviasi yang rendah mengindikasikan tingkat presisi yang tinggi, sedangkan standar deviasi yang tinggi menunjukkan tingkat presisi yang rendah. Parameter pengolahan yang digunakan untuk mengolah baseline ditunjukkan oleh Tabel 2.

Tabel 2. Parameter yang digunakan untuk pengolahan

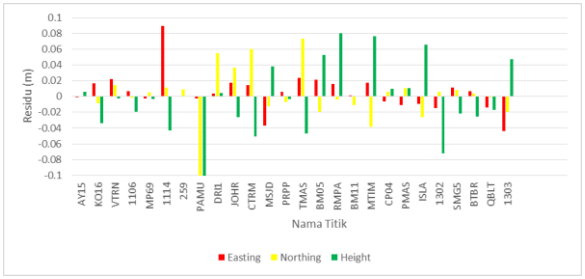
Parameter	**CGO**
Model ionosfer	Auto (Klobuchar)
Model troposfer	Saastamoinen
Solusi ambiguitas fase	LAMBDA
Elevation Mask	15^0
Sampling Interval	30s
Tipe GNSS	GPS
Frekuensi	L1+L2

Hasil dan Pembahasan

Hasil yang akan ditampilkan akan dibagi berdasarkan panjang baseline, yaitu baseline pendek, menengah, dan panjang. Masing-masing panjang baseline akan diolah dengan CGO dengan informasi orbit *broadcast ephemeris* dan *precise ephemeris*.

Baseline Pendek

Pengolahan hasil koordinat CGO pada baseline pendek dengan data orbit *broadcast ephemeris* akan menghasilkan selisih dengan hasil pengolahan Bernese dan ditunjukkan pada Gambar 1.



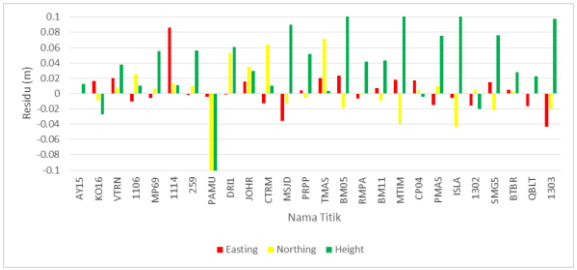
Gambar 1. Residu CGO dengan data orbit *broadcast ephemeris* pada baseline pendek

Terdapat 2 nilai residu yang berada di luar rentang sumbu vertikal pada baseline pendek dengan data orbit *broadcast ephemeris* pada CGO. Nilai residu tertinggi berada pada sumbu *Northing* dengan nilai 0.2456 m pada titik PAMU. Berdasarkan Gambar 1, ditentukan nilai statistik sebagaimana ditunjukkan oleh Tabel 3.

Tabel 3. Statistik residu CGO pada baseline pendek dengan data *broadcast ephemeris*

	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
Residu Tertinggi	0.0894	0.2456	0.1874
Residu Terendah	0.0001	0.0000	0.0000
Rata-Rata	0.0159	0.0267	0.0362

Dengan menggunakan data orbit *precise ephemeris*, hasil residu CGO dengan Bernese pada baseline pendek ditunjukkan oleh Gambar 2.



Gambar 2. Residu CGO dengan data orbit *precise ephemeris* pada baseline pendek

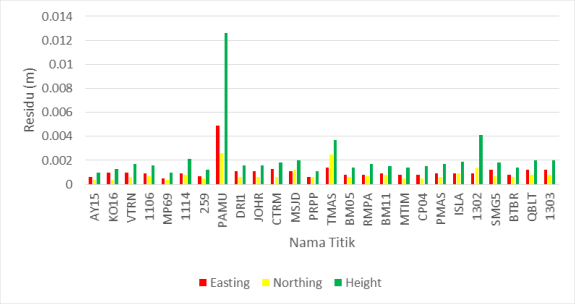
Pada Gambar 2 di atas, diketahui bahwa terdapat 5 nilai koordinat yang berada di luar rentang sumbu vertikal. Residu terbesar terdapat pada sumbu Easting dengan nilai 0.2471 m di titik PAMU. Tabel 4 menunjukkan statistik dari Gambar 2.

Tabel 4. Statistik residu CGO pada baseline pendek dengan data *precise ephemeris*

	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
Residu Tertinggi	0.0859	0.2471	0.1576
Residu Terendah	0.0004	0.0001	0.0038
Rata-Rata	0.0162	0.0284	0.0536

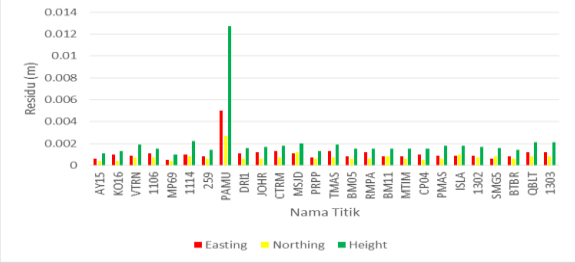
Hasil koordinat dengan CGO dengan data orbit *broadcast ephemeris* menghasilkan nilai residu rata-rata 1 cm sampai 3 cm. Nilai residu tertinggi adalah sebesar 24 cm dan residu terendah adalah 0 cm. Untuk pengolahan dengan data orbit *precise ephemeris*, nilai residu rata-rata berkisar antara 1-5 cm. Residu tertinggi adalah 24 cm dan terendah adalah 0.01 cm. Hasil ini menandakan adanya perbedaan yang besar antara pengolahan dengan kedua data orbit dengan hasil yang lebih baik pada *broadcast ephemeris.*

Standar deviasi untuk baseline pendek dengan *broadcast ephemeris* ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Standar deviasi CGO dengan data orbit *broadcast ephemeris* pada baseline pendek

Dari data standar deviasi di atas, diketahui bahwa standar deviasi rata-rata tertinggi pada CGO adalah 2.1 mm dengan nilai rata-rata terkecil 0.8 mm. Sedangkan untuk data orbit *precise ephemeris*, standar deviasi ditunjukkan oleh Gambar 4.

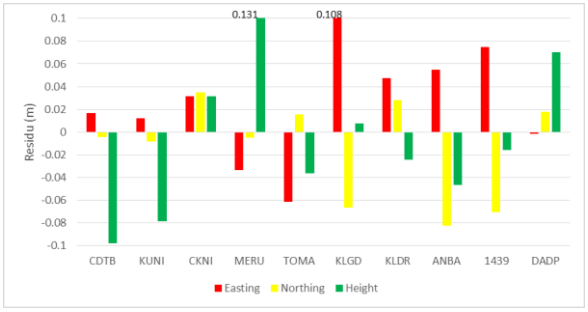


Gambar 4. Standar deviasi CGO dengan data orbit *precise ephemeris* pada baseline pendek

Dari grafik di atas, diketahui bahwa nilai rata-rata terbesar pada CGO adalah 2 mm dan nilai rata-rata terkecil dari CGO sebesar 0.7 mm.

Baseline Menengah

Pengolahan baseline menengah dengan CGO menggunakan data orbit *broadcast ephemeris* akan menghasilkan perbedaan dengan hasil olahan Bernese sebagaimana yang ditunjukkan pada Gambar 5.



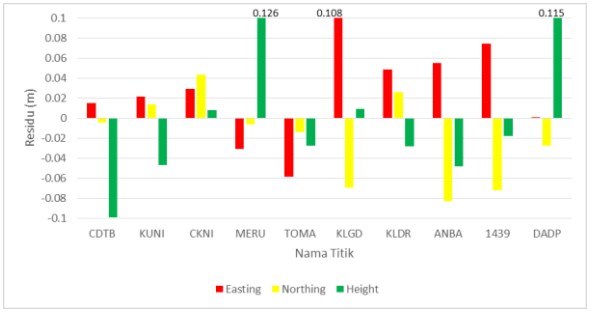
Gambar 5. Residu CGO dengan data orbit *broadcast ephemeris* pada baseline menengah

Nilai-nilai statistik pada Gambar 5 ditunjukkan oleh Tabel 5.

Tabel 5. Statistik residu CGO pada baseline menengah dengan data *broadcast ephemeris*

	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
Residu Tertinggi	0.1088	0.0828	0.1310
Residu Terendah	0.0014	0.0046	0.0075
Rata-Rata	0.0442	0.0333	0.0540

Sedangkan untuk data orbit *precise ephemeris*, residual dengan hasil olahan Bernese ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Residu CGO dengan data orbit *precise ephemeris* pada baseline menengah

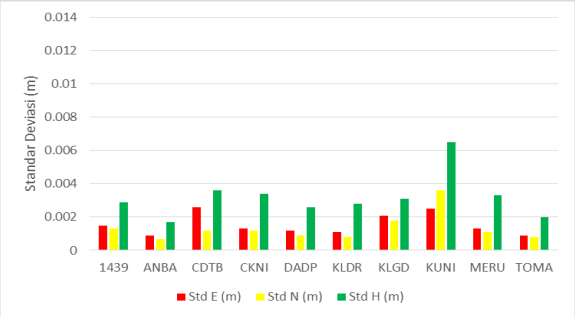
Statistik dari Gambar 6 di atas ditunjukkan pada Tabel 6. Pada Tabel 6 diketahui bahwa tidak terdapat perubahan yang signifikan antara pengolahan dengan data *broadcast ephemeris* dengan data *precise ephemeris.*

Tabel 6. Statistik residu CGO pada baseline menengah dengan data *precise ephemeris*

	Easting (m)	Northing (m)	Height (m)
Residu Tertinggi	0.1083	0.0832	0.1267
Residu Terendah	0.0008	0.0043	0.0078
Rata-Rata	0.0443	0.0361	0.0527

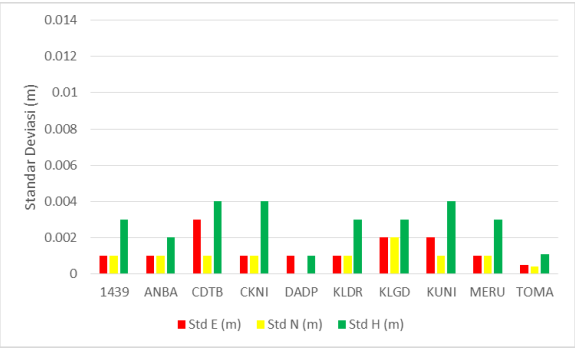
Didapat nilai residu rata-rata sebesar 3 – 5 cm baik di data orbit *broadcast ephemeris* maupun *precise ephemeris.* Nilai residu tertinggi dari kedua orbit menunjukkan nilai 8 – 13 cm untuk *broadcast ephemeris* dan 8 – 12 cm untuk *precise ephemeris*.

Standar deviasi untuk CGO di baseline menengah dengan data orbit *broadcast ephemeris* ditunjukkan oleh Gambar 7.



Gambar 7. Standar deviasi CGO dengan data orbit *broadcast ephemeris* pada baseline menengah

Dari grafik di atas, diketahui bahwa rata-rata nilai residu terkecil pada CGO sebesar 1.7 mm. Sedangkan dengan data orbit *precise ephemeris* standar deviasi ditunjukkan oleh Gambar 8.



Gambar 8. Standar deviasi CGO dengan data orbit *precise ephemeris* pada baseline menengah.

Berdasarkan grafik tersebut, diketahui bahwa nilai residu rata-rata terkecil pada CGO sebesar 1.5 mm. Sumbu yang memiliki nilai standar deviasi tertinggi adalah sumbu *Height.*

Dari hasil tersebut, dapat diketahui bahwa di baseline pendek dan menengah, CGO memberikan keakuratan sebesar 1 - 5 cm dan 3 – 5 cm. Berdasarkan hasil standar deviasi, diketahui bahwa CGO memberikan nilai yang cukup baik (presisi), berada di bawah 3 mm.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil dan pembahasan, diketahui bahwa CGO memberikan nilai keakuratan dalam orde dibawah 6 cm. Tingkat kepresisian cukup baik dengan nilai di bawah 3 mm. Untuk menguji studi kinerja dengan lebih teliti, diperlukan data yang lebih banyak dan dalam panjang yang bervariasi, sehingga informasi yang didapatkan lebih dalam dan menyeluruh.

Ucapan terima kasih

Dalam menyelesaikan penelitian ini, tentu terdapat banyak pihak yang telah kontribusi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada orang-orang yang membantu penelitian, khususnya dosen-dosen di Kelompok Keilmuan Geodesi ITB atas berbagai masukan dan penelaahan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. (2000). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Pradnya Paramita, Jakarta.

Mageed, KHA. (2015). Comparison of Commercial Software Package to Processing Static Baseline Up To 30 Km. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. ISSN 1819-6608. Vol. 10, No. 22, Desember 2015.

Delcev, S., Gucevic, J., Ogrizovic V. (2015). Comparison of Different Software for GPS Network Adjustment. Federation Internationale des Geometres (FIG) Working Week 2015, Bulgaria.

CHC, (2013). CGO1.0.1 User Manual.

Pengaruh Pre-Calibration *dan* Self-Calibration *Kamera Digital* Non-Metrik terhadap Ketelitian Hasil Fotogrametri UAV

Ribka Cahyaning Siwi[a], Deni Suwardhi[b]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung (ribkacahyaning@gmail.com)
[b,] Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung (deni@gd.itb.ac.id)

ABSTRAK

Kalibrasi kamera adalah salah satu proses dalam fotogrametri, khususnya dalam studi fotogrametri dengan unmanned aerial vehicle (UAV) atau fotogrametri dengan pesawat tanpa awak. Tujuan dari kalibrasi kamera adalah untuk menentukan parameter-parameter orientasi dalam dari suatu kamera. Untuk kamera non-metrik, penting untuk melakukan kalibrasi agar nilai parameter orientasi dalam diketahui. Selain itu dengan karaketeristik ketidakstabilan geometrik yang dimiliki oleh lensa kamera terebut, maka hal ini dapat memengaruhi kualitas suatu produk fotogrametri secara geometri. Kalibrasi dibagi menjadi beberapa jenis, namun yang menjadi konsentrasi pada penelitian ini yaitu pre-calibration atau pra kalibrasi dan self-calibration atau kalibrasi diri yang dilakukan di laboratorium serta lapangan. Pra kalibrasi merupakan proses kalibrasi yang dilakukan sebelum proses triangulasi udara pada suatu proyek fotogrametri, sedangkan kalibrasi diri merupakan proses kalibrasi yang dilakukan saat proses triangulasi udara. Parameter yang didapatkan dari pra kalibrasi dan kalibrasi diri pada laboratorium dan lapangan kemudian diimplementasikan pada proyek fotogrametri. Dari hasil percobaan, didapatkan bahwa kalibrasi diri pada laboratorium menghasilkan hasil pengolahan data proyek fotogrametri yang lebih teliti. Hal tersebut dapat disebabkan oleh karena proses perataan berkas parameter kalibrasi yang bersamaan dengan proses triangulasi udara pada saat kalibrasi diri, dan hasil kalibrasi laboratorium merupakan parameter yang didapatkan dari kamera dengan kondisi yang dianggap ideal karena tidak terpengaruh oleh atmosfer. Sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam melakukan proyek fotogrametri, cukup dilakukan kalibrasi laboratorium dengan proses kalibrasi diri untuk mendapatkan ketelitian produk terbaik.

Kata kunci: kalibrasi, kamera non-metrik, fotogrametri, pra kalibrasi, kalibrasi diri

1. PENDAHULUAN

Pemetaaan suatu objek dapat dilakukan dengan berbagai metode. Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka semakin banyak metode-metode yang efisien dalam mengaplikasikannya, baik dari segi waktu, biaya, sampai kualitas produk yang diinginkan. Salah satu metode pemetaan yang digunakan fotogrametri dengan menggunakan pesawat tanpa awak. Proses pengambilan data fotogrametri dilakukan dari udara, yaitu dengan menggunakan suatu wahana yang dapat melayang di udara seperti pesawat yang dipasangi kamera. Teknik fotogrametri dengan wahana pesawat tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) menjadi satu tantangan karena ketelitiannya akan dibandingkan dengan metode lainnya seperti terestris dan ekstra-terestris.

Dibandingkan dengan metode terestris, fotogrametri UAV memiliki kelebihan yaitu dapat menjangkau wilayah yang luas dalam kurun waktu yang lebih cepat. Selain itu fotogrametri UAV dapat digunakan pada wilayah berisiko tinggi dengan tidak membahayakan nyawa manusia karena dikendalikan secara jarak jauh, serta berkemampuan terbang pada ketinggian rendah serta foto yang dihasilkan terbebas dari awan. Sedangkan dibandingkan dengan metode ekstra-terestris, fotogrametri UAV memiliki kelebihan yaitu mampu merekam informasi semantik yang lebih lengkap, seperti warna dan bentuk objek yang direkam. Di balik kelebihan fotogrametri UAV, tentu metode ini memiliki kekurangan. Fotogrametri UAV memiliki kelemahan dari segi kemampuan wahana yang dipakai, karena wahana tersebut memiliki keterbatasan dalam beban dan besarnya muatan yang diangkut. Sehingga dibutuhkan biaya yang mahal untuk menghasilkan produk fotogrametri yang baik dalam menggunakan fotogrametri UAV (Remondino, 2011).

Untuk mendapatkan produk fotogrametri yang

memenuhi ketelititian yang diharapkan, maka ada beberapa tahapan yang harus dilakukan dalam suatu proses fotogrametri. Kalibrasi kamera adalah salah satu hal yang penting dilakukan dalam proses fotogrametri. Kalibrasi kamera dilakukan untuk meminimalisir kesalahan (*error*) yang dihasilkan akibat pengaruh ketidakstabilan lensa, antara lain panjang fokus, pergeseran titik utama (*principal point*), dan distorsi lensa (Pérez, 2011). Proses kalibrasi kamera akan menghasilkan beberapa parameter berupa koefisien yang mewakili ketiga parameter tersebut. Nilai parameter yang dihasilkan dapat dimasukan ke dalam proses fotogrametri dalam proses pengolahan data fotogrametri, yaitu triangulasi udara. Triangulasi udara adalah penentuan posisi dengan media foto udara. Lebih lanjut lagi dikatakan sebagai proses penentuan koordinat tanah dari titik-titik di lapangan dan di foto berdasarkan pengukuran pada unit dasar fotogrametrik melalui proses transformasi koordinat secara simultan dari sistem koordinat fotografik ke sistem koordinat tanah sehingga titik-titik yang sekawan akan memiliki koordinat yang sama. Unit dasar fotogrametrik yang digunakan dalam triangulasi udara adalah berkas, model, dan strip (Mertotaroeno, 2013).

Banyak metode yang dapat dilakukan dalam melakukan kalibrasi kamera. Kalibrasi pun dapat dilakukan baik di lapangan ataupun dengan menggunakan plat kalibrasi (Pérez, 2011). Berdasarkan prosesnya, proses kalibrasi yang dilakukan terdiri atas *pre-calibration* arau pra kalibrasi serta *self-calibration* atau kalibrasi diri. Dengan kedua proses kalibrasi yang berbeda tersebut, akan dilihat pengaruhnya terhadap ketelitian hasil triangulasi udara suatu proyek fotogrametri sebelum dijadikan suatu produk.

2. DATA DAN METODE

2.1 Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan datakalibrasi lapangan dengan kalibrasi laboratorium yang diambil dari dua buah kamera non-metrik yang berbeda. Kamera non-metrik yang digunakan dalam penelitian ini adalah kamera Sony Nex 7 yang merupakan kamera *Digital Single Reflex Lense*s serta kamera Canon Powershot S110 yang merupakan kamera *pocket* yang dapat dilihat pada (Gambar 1). Spesifikasi kamera pun dapat dilihat pada (Tabel 1)



(a) (b)

Gambar 1. Kamera yang digunakan dalam penelitian (a) Canon Powershot S110 dengan (b) Sony Nex 7

Nilai Parameter	Canon Powershot S110	Sony Nex 7
Focal length	5 mm	20 mm
Pixel size x	1.86 mikron	3.9 mikron
Pixel size y	1.86 mikron	3.9 mikron
Column	4000 piksel	6000 piksel
Row	3000 piksel	4000 piksel
CMOS width	7.44 mm	23.4 mm
CMOS height	5.58 mm	15.6 mm

Tabel 1. Spesifikasi kamera yang digunakan

Data kalibasi lapangan dan laboratorium yang sudah diolah merupakan untuk mendapatkan parameter orientasi dalam merupakan data *pre-calibration.*

Kalibrasi Lapangan

Kalibrasi lapangan dilakukan di lapangan Kota Baru Parahyangan, Padalarang, Jawa Barat, dengan luas lapangan sebesar 135 x 135 m. Wilayah yang digunakan relati datar. Sedangkan wahana yang digunakan merupakan pesawat tanpa awak atau *unmanned aerial vehicle* (UAV) *fixed wings autopilot.* Lokasi dan UAV yang digunakan dapat dilihat pada (Gambar 2a) dan (Gambar 2b).



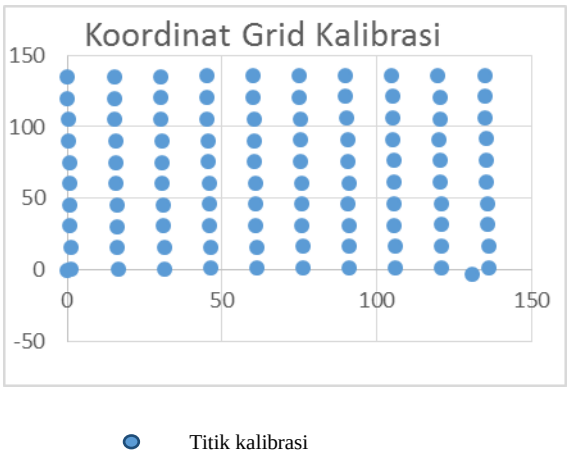
(a)



(b)

Gambar 2. (a) Lokasi kalibrasi lapangan (b) UAV yang digunakan dalam penelitian

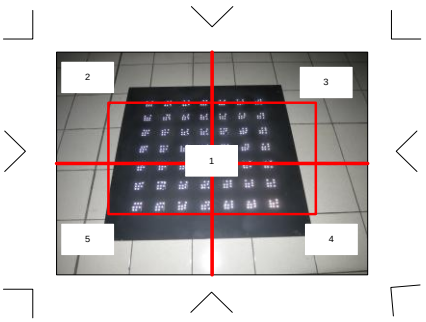
Kalibrasi lapangan dengan menyebar target kalibrasi yang berupa *premark* berbentuk lingkaran berdiameter 40 cm pada lapangan tersebut. Penyebaran dilakukan dengan 100 titik yang disusun dalam bentuk persebaran grid 10 x 10 titik dengan interval per titik 15 meter. Persebaran target dapat dilihat pada (Gambar 3)



Gambar 3. Persebaran koordinat kalibrasi lapangan

Kalibrasi Laboratorium

Kalibrasi juga dilakukan pada sebuah plat kalibrasi yang merupakan target berkode yang dibuat berdasarkan target berkode yang dikeluarkan oleh perangkat lunak Australis. Pengambilan data dilakukan secara konvergen sebanyak 80 foto dengan pengambilan foto sebanyak 5 kali dari 8 sisi plat tersebut, dengan format foto yang dihasilkan yaitu portrait dan landscape. Pengambilan foto sebanyak 5 kali ini dimaksudkan agar plat tercakup pada setiap sisi frame dari kamera tersebut.



Gambar 4. Pengambilan data kalibrasi laboratorium pada plat kalibrasi

Pengambilan data kalibrasi laboratorium menggunakan plat kalibrasi dapat dilihat pada (Gambar 4), bagian 1, 2, 3, 4, dan 5 menunjukkan kuadran area pengambilan data. Pada kuadran 1, pengambilan foto difokuskan pada frame kamera bagian tengah, kuadran 2 difokuskan pada frame kamera bagian kiri atas, kuadran 3 pada bagian kanan atas frame kamera, kuadran 4 pada bagian kanan bawah frame kamera, dan kuadran 5 pada bagian kiri bawah frame kamera. Pada saat pengambilan data kalibrasi ini, kedua kamera diatur secara manual. Pengaturan secara manual ini mencakup pengaturaan fokus kamera secara manual agar foto yang dihasilkan dapat menghasilkan parameter orientasi dalam yang mewakili karakter lensa tersebut.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh *pre-calibration* dan *self-calibration* pada suatu proyek fotogrametri. Perbedaan antara *pre-calibration* dengan *self-calibration* ditunjukkan dalam proses perataan berkas dalam mendapatkan parameter kalibrasi kamera. *Pre-calibration* merupakan proses kalibrasi yang dilakukan sebelum proses triangulasi udara pada suatu proyek fotogrametri (Mertotaroeno, 2013). *Self-calibration* merupakan proses kalibrasi yang dilakukan saat proses triangulasi udara (Mertotaroeno, 2013).

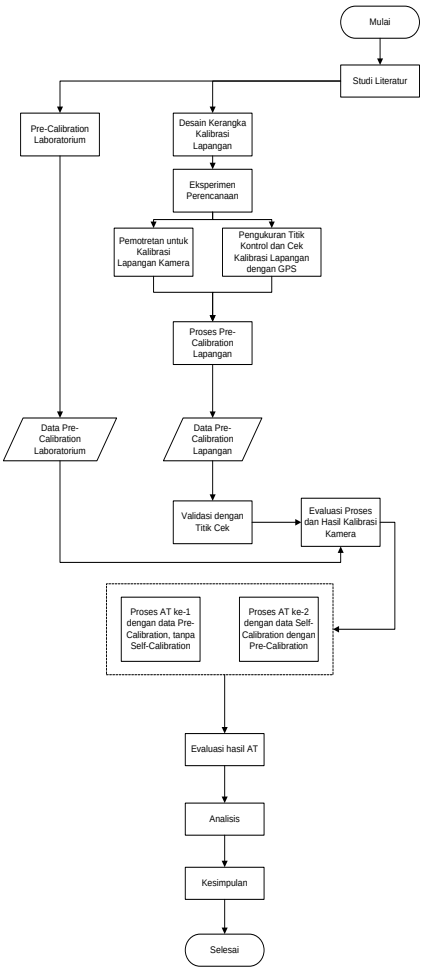
Pada penelitian ini, untuk menganalisis pengaruh *pre-calibration* dan *self-calibration*, dilakukan implementasi parameter kalibrasi kamera pada suatu produk fotogrametri. Untuk itu dilakukan beberapa skenario dalam mengimplementasikan parameter kalibrasi kamera dalam proses triangulasi udara, yaitu:

Implementasi parameter kalibrasi kamera dengan *pre-calibration* tanpa *self-calibration*

Implementasi parameter kalibrasi kamera dengan *pre-calibration* dan *self-calibration*

Produk fotogrametri yang akan diuji kualitasnya dengan menggunakan kalibrasi kamera adalah proyek fotogrametri pada Nusa Dua, Bali serta Lombok, Nusa Tenggara Barat (NTB).

Hasil yang didapat dari triangulasi udara tersebutlah yang akan dianalisis untuk kemudian disimpulkan. Selengkapnya, metodologi penelitian ini dapat dilihat pada (Gambar 6).



Gambar 6. Metodologi penelitian

3. HASIL DAN ANALISIS

Analisis Hasil Data Pre-Calibration Laboratorium dan Lapangan

Hasil yang didapatkan dari proses kalibrasi lapangan dan laboratorium merupakan hasil pra kalibrasi. Nilai yang didapatkan pun sangat kecil untuk parameter distorsi lensa yang dihasilkan. Standar deviasi yang dihasilkan memiliki nominal yang lebih kecil dibandingkan yang dihasilkan oleh parameter pra kalibrasi laboratorium. Sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pra kalibrasi lapangan lebih tidak teliti dibandingkan dengan pra kalibrasi laboratorium.

Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi saat pengambilan data. Saat dilakukan pra kalibrasi laboratorium, kondisi kamera dapat dikatakan ideal karena dilakukan di dalam ruangan dan tidak terpengaruh oleh atmosfer yang dapat menyebabkan berpendarnya cahaya. Sedangkan saat dilakukan pra kalibrasi lapangan, atmosfer sangat berpengaruh karena data diambil dalam kondisi di luar ruangan dengan jarak antara objek dengan kamera yang cukup jauh. Selain pengaruh atmosfer, pergerakan wahana juga dapat memengaruhi ketelitian dari parameter yang dihasilkan. Saat kalibrasi laboratorium, kamera tidak bergerak saat pengambilan gambar. Tidak seperti kalibrasi lapangan yang wahananya terus bergerak saat pengambilan gambar, sehingga kkamera pun ikut bergerak. Hal inilah yang menyebabkan pra kalibrasi lapangan tidak seteliti pra kalibrasi laboratorium.

Secara statistik, nilai pra kalibrasi laboratorium dengan pra kalibrasi lapangan pun secara signifikan berbeda. Hal ini dibuktikan dengan pengujian T-student dalam selang kepercayaan

Nilai Rata-rata *Residual Error* di Titik Kontrol Tanah Pra Kalibrasi		
Data EXIF	Data Kalibrasi Lapangan	Data Kalibrasi Laboratorium
2.04 meter	0.038 meter	0.044 meter
Nilai Rata-rata *Residual Error* di Titik Kontrol Tanah Kalibrasi Diri		
Data EXIF	Data Kalibrasi Lapangan	Data Kalibrasi Laboratorium
0.044 meter	0.042 meter	0.044 meter

95% pada saat membandingkan antara nilai pra kalibrasi laboratorium dengan pra kalibrasi lapangan, yang menghasilkan penolakan untuk semua parameter kalibrasi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa nilai parameter kalibrasi kamera yang merupakan parameter orientasi dalam kamera non-metrik tidak stabil.

Pra Kalibrasi	Ketelitian Horizontal (m)	Ketelitian Vertikal (m)
Lapangan	0.16	0.66
Laboratorium	0.12	0.65
EXIF	2.6	2.92
Kalibrasi Diri	Ketelitian Horizontal (m)	Ketelitian Vertikal (m)
Lapangan	0.14	0.61
Laboratorium	0.14	0.25
EXIF	0.12	0.62

Analisis Skenario Pre-Calibration dan Self-Calibration

Sebelum skenario dilakukan, ketelitian dari proyek Nusa Dua, Bali adalah 0.075 meter dan untuk proyek Lombok, NTB, ketelitian adalah 0.17 meter. Ketelitian tersebut merupakan ketelitian berdasarkan titik kontrol tanah. Dalam melakukan skenario, terdapat tiga data yang menjadi masukan, yaitu data EXIF atau metadata spesifikasi kamera yang sudah terdapat dalam foto, data kalibrasi lapangan, dan data kalibrasi laboratorium. Ketiga masukan data ini akan diuji dalam skenario pra kalibrasi dan kalibrasi diri.

Pra Kalibrasi	Ketelitian Horizontal (m)	Ketelitian Vertikal (m)
Lapangan	0.081	0.337
Laboratorium	0.064	0.325
EXIF	1.353	1.468
Kalibrasi Diri	Ketelitian Horizontal (m)	Ketelitian Vertikal (m)
Lapangan	0.07	0.308
Laboratorium	0.061	0.138
EXIF	0.071	0.314

Dengan tiga data masukan yang berbeda, maka hal tersebut menghasilkan 6 keluaran hasil triangulasi udara yang berbeda. Nilai kesalahan yang dihasilkan pada setiap skenario berbeda-beda. Hasil rata-rata *error* setelah proses triangulasi udara pada proyek fotogrametri dapat dilihat para (Tabel 2) untuk hasil proyek Nusa Dua, Bali dan (Tabel 3) untuk hasil proyek Lombok, NTB. Sedangkan RMSE yang merupakan akumulasi kesalahan yang dihasilkan dari titik cek masing-masing proyek.

Tabel 2. Hasil pengolahan hasil triangulasi udara data skenario proyek Nusa Dua, Bali

Tabel 3. Hasil pengolahan hasil triangulasi udara data proyek Lombok, NTB

Untuk validasi ketelitian berdasarkan nilai RMSE, dilakukan pengujian sesuai dengan standar *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) edisi November 2014. Standar ini mencakup penentuan posisi berdasarkan nilai RMSE (ASPRS, 2015). Proyek Nusa Dua, Bali, diuji ketelitiannya berdasarkan standar ASPRS karena jumlah titik ceknya berjumlah lebih dari 20 titik, yang mana memenuhi minimal standar selang kepercayaan 95%.

Tabel 4. Hasil penghitungan ketelitian RMSE hasil triangulasi udara proyek Nusa Dua, Bali, berdasarkan standar ASPRS

Berdasarkan hasil ketelitian proses triangulasi udara, berdasarkan standar ASPRS, maka ketelitian horizontal peta digital planimetri yang dapat dihasilkan memiliki akurasi horizontal 2 kali dari ketelitian horizontal dan 4 kali dari ketelitian vertikal dari proses triangulasi udara. (Tabel 5) menunjukkan ketelitian yang direkomendasikan oleh ASPRS berdasarkan ketelitian hasil triangulasi udara.

Tabel 5. Hasil penghitungan ketelitian RMSE peta planimetri proyek Nusa Dua, Bali, berdasarkan standar ASPRS

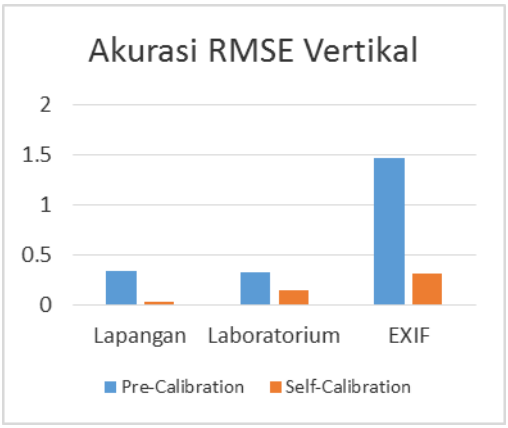
Nilai Rata-rata *Residual Error* di Titik Kontrol Tanah Pra Kalibrasi		
Data EXIF	Data Kalibrasi Lapangan	Data Kalibrasi Laboratorium
0.242 meter	0.003 meter	0.001 meter
Nilai Rata-rata *Residual Error* di Titik Kontrol Tanah Kalibrasi Diri		
Data EXIF	Data Kalibrasi Lapangan	Data Kalibrasi Laboratorium
0.001 meter	0.005 meter	0.001 meter

Hasil penghitungan ketelitian ini akan menjadi rekomendasi bagi skala produk fotogrametri yang dihasilkan. Berdasarkan penghitungan

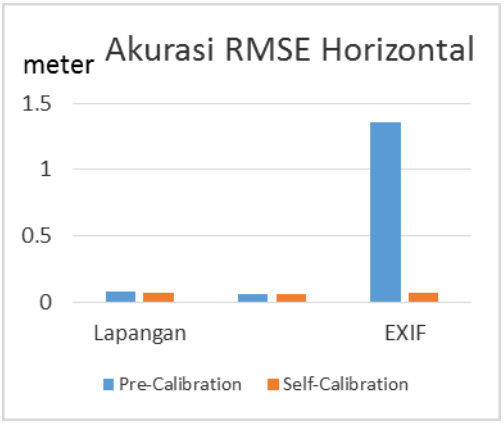
ketelitian, ASPRS memberikan rekomendasi pada salah satu produk fotogrametri, yaitu peta planimetri skala 1:500 sampai 1:700 pada proyek Nusa Dua, Bali, berdasarkan standar ASPRS 1990 *Class* I. Sedangkan untuk pengujian ketelitian pada proyek Lombok, NTB, tidak dilakukan karena tidak adanya data titik cek yang memadai jumlahnya. Sehingga hasil ketelitian hanya dapat dilihat dari nilai rata-rata *error* pada proyek tersebut.

Skenario pra kalibrasi dengan kalibrasi diri yang diimplementasikan pada proyek fotogrametri memeperlihatkan hasil yang berbeda namun tidak terlalu signifikan. Baik proyek Nusa Dua, Bali, ataupun proyek Lombok, NTB, angka *residual error* dan ketelitian RMSE secara vertikal dan horizontal menunjukkan hasil yang beragam seperti pada (Gambar 7). Secara keseluruhan, angka yang ditunjukkan pada hasil kalibrasi diri menunjukkan hasil yang lebih baik, khususnya pada hasil ketelitian vertikal, walau di beberapa skenario pada proyek Lombok NTB, hasil ketelitian yang didapat adalah sebaliknya.

(a)



(b)



Gambar 7. Perbandingan antara akurasi (a) horizontal dan (b) vertikal pada proyek Nusa Dua, Bali

Hal ini disebabkan oleh proses perataan berkas pada saat triangulasi udara dari 2 metode kalibrasi yang berbeda. Seperti telah dijelaskan pada bab sebelumnya, bahwa pra kalibrasi melakukan proses perataan berkas sebelum triangulasi udara, sehingga nilai parameter orientasi dalam dianggap konstan. Hal ini menyebabkan nilai parameter orientasi dalam yang tidak menyesuaikan dengan proses triangulasi udara pada suatu proyek fotogrametri. Sedangkan metode kalibrasi diri yang melakukan proses perataan berkas saat triangulasi udara menyebabkan nilai parameter orientasi dalam dianggap sebagai nilai pendekatan. Sehingga saat proses triangulasi udara, nilai parameter orientasi dalam akan menyesuaikan pada proses triangulasi udara pada suatu proyek fotogrametri.

4. KESIMPULAN

Kamera non-metrik memiliki ketidakstablian geometrik yang cukup tinggi. Dengan metode *self-calibration* dan *pre-calibration*, pada lapangan maupun laboratorium, diharapkan dapat meningkatkan ketelitian suatu produk fotogrametri. Ketidakstabilan kamera terlihat pada kamera Canon Powershot S110 maupun Sony Nex 7, dimana terlihat hasilnya berbeda pada setiap kalibrasi yang dilakukan. Misalnya pada nilai c atau panjang fokus lensa pada kamera Sony Nex 7, saat kalibrasi lapangan memiliki besar yaitu 20.813 mm dan pada kalibrasi laboratorium yaitu 20.432 mm. sedangkan untuk kamera Canon Powershot S110 memiliki besar panjang fokus saat kalibrasi lapangan yaitu 5.334 mm dan saat kalibrasi laboratorium 5.331 mm.

Untuk pengujian yang dilakukan pada kamera proyek fotogrametri dengan mengunakan kedua kamera, hasil ketelitian proses triangulasi udara cukup beragam. Walaupun perbedaan hasilnya tidak signifikan, namun secara keseluruhan akurasi yang dihasilkan oleh kalibrasi diri yang didapatkan dari hasil kalibrasi laboratorium menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan kalibrasi lapangan maupun kalibrasi lapangan serta laboratorium.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk kamera non-metrik digital, tidak perlu dilakukan proyek pra kalibrasi lapangan untuk mendapatkan produk fotogrametri dengan

ketelitian yang terbaik. Kalibrasi cukup dilakukan dengan kalibrasi laboratorium pada saat proyek fotogrametri agar kegiatan dapat berlangsung secara efisien dengan menerapkan metode *self-calibration.*

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, H. Z. (2006). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT Pradaya Paramita.

Ahmad, A. (2010). Digital Photogrammetry: An Experience of Processing Aerial Photograph of UTM Acquired Using Digital Camera. Johor Bahru: Faculty of Geoinformation Science & Engineering, Universiti Teknologi Malaysia.

ASPRS. (2015). ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data Edition 1, Version 1.0. - November, 2014. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Brito, J. H., Koser, K., Angst, R., & Pollefeys, M. (2013). Radial Distortion Self-Calibration. Zurich: CVPR2013.

Comittee, F. G. (1998). Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy. Virginia: U.S. Geological Survey.

Diliana, A. P. (2014). Analisis Ketelitian Pemetaan Fotograametri Digital Menggunakan Foto Udara Format Kecil dari Pesawat Tanpa Awak (Studi Kasus: Agisoft Photoscan System). Bandung: Tugas Akhir Sarjana, Institut Teknologi Bandung.

Eisenbeiβ, H. (2009). UAV Photogrammetry. Zurich: ETH ZURICH.

Fraser, C. S. (1997). Digital Camera Self-Calibration. ISPRS Journal of Photogreaammetry & Remote Sensing 52 (1997) 149-159.

Ghilani, C. D., & Wolf, P. (2006). Adjustment Computations Spatial Data Analysus. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hob oken.

Lestari, E. P. (2014). Pemanfaatan Fotogrametri Rentang Dekat dan Sistem Informasi Geografik sebagai Alat untuk Melakukan Rekonstruksi Kecelakaan Lalu Lintas. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Mertotaroeno, S. (2013). Materi Kuliah GD4103 Fotogrametri II, Semester II-2012/2013. Bandung.

Mikhail, E. M., Bethel, J. S., & McGlone, J. C. (2001). Introduction to Modern Photogrammetry. New York / Chichester / Weinheim / Brisbane / Singapore / Toronto: John Wiley and Sons, Inc.

Pérez, M., Agüera, F., & Carvajal, F. (2011). Digital Camera Calibration Using Images Taken From an Unmanned Aerial Vehicle. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 3.

Remondino, F., & Fraser, C. (2006). Digital Camera Calibration Methods: Considerations ad Comparisons. ISPRS Commision V Symposium.

Remondino, F., Barazzeti, L., Nex, F., & Scaioni, M. S. (2011). UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modelling - Current Status and Future Perspectives -. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22, 1.

Sedorovich, A., O'Hara, C., & Schuckman, K. (2010). Image Accuracy Checkpoint Collection Guide. Spatial Information Slolutions.

Seeber, G. (1993). Satellite Geodesy Foundations, Method, and Applications. Berlin: Walter de Gruyter.

Sturm, P. (1995). Self-Calibration of a Moving Camera by Pre-Calibration. CVPR'96.

Swaminathan, R., & Nayar, S. K. (2000). Non-Metric Calibration ofWide Angle Lenses. New York: Columbia University.

techradar. (2015, June 3). techradar. Retrieved from www.techradar.com: http://www.techradar.com/news/photography-video-capture/cameras/best-compact-camera-2013-34-reviewed-963985

Warner, W., Graham, R., & Read, R. (1996). Small Formal Aerial Photography. Caithness, Scotland: Whittles Publishing.

Wolf, P. R. (1993). Elements of Photogrammetry. McGraw-Hill.

Pengaruh Konfigurasi Tinggi Terbang dan Jalur Terbang Terhadap Ketelitian Hasil UAV-Fotogrametri untuk Mendefinisikan Bidang Sesar

Afri Yudhawan[a], Deni Suwardhi[b], Irwan Meilano[c]

[a,] Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung (afriyudhawan@gmail.com)
[b,] Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung, Bandung (deni@gd.itb.ac.id)
[c,] Kelompok Keahlian Geodesi, Institut Teknologi Bandung, Bandung (irwanm@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

In aerial photography for mapping using photogrammetry methods, flying height and flight paths configuration are determined by several factors such as ground sampling distance (GSD), camera and lens used, and the amount of overlap between photos. Aerial photography using unmanned aerial vehicle (UAV) generally using a sensor in the form of non-metric and small format digital camera that is relatively has unstable inner orientation parameters compared to metric camera. To produce a map with sufficient accuracy, the approach of conventional photogrammetry should be applied strictly, such as the amount and distribution of ground control points. This paper discusses one such business which is the addition of flight paths configuration or flying height variation combined into some flight configurations. The result of photogrammetry processing from aerial photo then compared its accuracy with the LiDAR data in relation to the mapping of faults in Lembang, Bandung Regency. Based on the comparison, it can be concluded that the combination of flying height and flight paths configuration proved to give better accuracy compared to just using conventional methods. However, the product accuracy of will be significantly enhanced by increasing the amount of ground control points. In addition, the maps generated from this study is good enough to define the fault plane.

Keywords photogrammetry, accuracy, flying height, flight configuration, faults

Pendahuluan

Ketelitian merupakan salah satu kriteria untuk mengevaluasi model matematika (Li dkk., 2005). Model matematika yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu produk fotogrametri. Saat ini dalam dunia fotogrametri, teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) banyak digunakan dalam pemetaan menggunakan foto udara (Graca dkk., 2014). Penggunaan UAV dalam fotogrametri pada umumnya menggunakan kamera digital non-metrik. Kamera digital non-metrik memiliki banyak keterbatasan dalam penggunaannya, terutama dalam fotogrametri. Kamera digital non-metrik memiliki ciri tidak adanya *fiducial mark*, memiliki parameter kalibrasi yang tidak stabil, dan format kecil kamera yang menyebabkan cakupan area dalam satu foto terbatas (Udin & Ahmad, 2012).

Akurasi dan resolusi tinggi dari suatu produk fotogrametri membutuhkan perencanaan akuisisi dan tahap pemrosesan data yang cermat (Nocerino dkk., 2013). Tinggi terbang dan konfigurasi jalur terbang merupakan dua komponen yang diperhatikan dalam akuisisi data foto udara. Secara teoretis, foto udara yang diambil pada tinggi terbang yang lebih rendah akan menghasilkan produk yang lebih teliti dibandingkan dengan foto udara yang diambil menggunakan tinggi terbang yang lebih tinggi (Cramer & Haala, 2008). Konfigurasi jalur terbang yang melengkapi konfigurasi jalur terbang konvensional juga dapat meningkatkan ketelitian dari produk yang dihasilkan. Dengan demikian, kombinasi antara tinggi terbang dan jalur terbang pun diharapkan dapat meningkatkan ketelitian dari produk fotogrametri. Selain tinggi terbang dan jalur terbang, jumlah titik kontrol tanah (GCP) juga berpengaruh dalam meningkatkan ketelitian dari produk fotogrametri. Jumlah GCP yang semakin banyak pun akan meningkatkan ketelitian dari produk fotogrametri (Lembicz, 2006).

Salah satu implementasi dari produk fotogrametri yaitu mendefinisikan bidang sesar. Bidang sesar dapat didefinisikan berdasarkan *Digital Elevation Model* (DEM) hasil proses fotogrametri. DEM merupakan representasi digital dari ketinggian objek yang ada di permukaan bumi (Li dkk., 2005). DEM foto

udara kemudian dibandingkan dengan DEM dari data LiDAR yang sudah tersedia. Bidang sesar dapat didefinisikan dengan cara membuat potongan melintang dari DEM yang sudah dihasilkan. Titik yang dianggap perpotongan garis bidang sesar ditentukan berdasarkan beda gradien yang cukup ekstrem dari DEM yang tersedia.

Metodologi

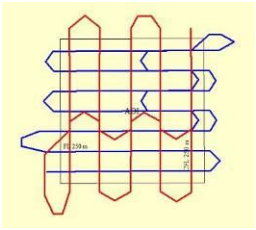
UAV-Fotogrametri

Penggunaan sistem fotogrametri digital kini sudah merambah pada pengambilan foto udara menggunakan wahana pesawat terbang tanpa awak, atau biasa disebut dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV). UAV merupakan wahana pengukuran pada fotogrametri yang dapat dioperasikan secara terkontrol, semi-otomatis, atau otomatis, tanpa pilot yang duduk di dalam wahana tersebut (Eisenbeiss, 2008). Penggunaan UAV juga menuai banyak kelebihan, di antaranya dapat digunakan pada daerah yang berbahaya tanpa membahayakan keselamatan manusia, dapat menghasilkan produk berkualitas tinggi karena UAV dapat diterbangkan pada ketinggian yang rendah, serta tidak memakan biaya yang tinggi (Eisenbeiss, 2009). Pengambilan foto udara dalam penelitian ini menggunakan kamera digital non-metrik. Kamera digital ini memiliki ciri tidak adanya *fiducial mark*, memiliki parameter kalibrasi yang tidak stabil, serta format kamera yang kecil yang menyebabkan cakupan area yang kecil juga (Udin & Ahmad, 2012).

Konfigurasi Tinggi Terbang dan Jalur Terbang

Dalam fotogrametri, dibutuhkan suatu perencanaan dalam pengambilan data, terutama data foto udara sebagai data primer yang digunakan. Untuk mencapai spesifikasi produk tertentu, dibutuhkan rencana konfigurasi tinggi terbang serta jalur terbang dari wahana yang digunakan, yaitu UAV. Penelitian ini difokuskan pada konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang terhadap hasil ketelitian produk yang dihasilkan.

Konsep dari pembuatan model pada fotogrametri yaitu foto yang bertampalan satu sama lain sehingga terbentuklah model tiga dimensinya. Pada penelitian ini, digunakan nilai persentase *overlap* sebesar 80% dan *sidelap* sebesar 60%. Jalur terbang yang menjadi salah satu fokus utama pada penelitian ini juga dibuat sedemikian rupa hingga terdapat dua macam jalur terbang yang digunakan, yaitu jalur terbang utama (*main flight line*) dan jalur terbang menyilang (*cross flight line*), seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 3. Garis biru merupakan garis yang menunjukkan jalur terbang utama dan garis merah merupakan garis yang menunjukkan jalur terbang menyilang. Fokus lain pada penelitian ini yaitu tinggi terbang. Tinggi terbang dari UAV yang digunakan yaitu 125m dan 250m dari permukaan tanah pada lokasi penelitian.



Gambar 1. Jalur terbang utama dan jalur terbang menyilang

Foto Udara

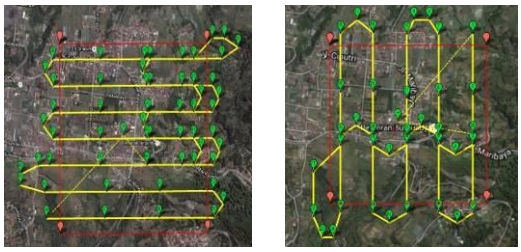
Foto udara dalam penelitian ini merupakan foto yang dihasilkan menggunakan kamera yang dipasang pada wahana terbang tanpa awak, atau biasa disebut UAV. Kamera yang digunakan merupakan kamera digital non-metrik.

Masalah yang mungkin timbul pada foto udara format kecil yaitu ketidakstabilan geometri. Kamera non-metrik memiliki lensa yang tidak sempurna, sehingga foto udara yang dihasilkan dari perekaman kamera non-metrik mengalami kesalahan. Kamera ini tidak memiliki *fiducial mark*. Selain itu pada kamera non-metrik tidak diketahui secara pasti besarnya panjang fokus dan posisi *principal point*. Untuk menghilangkan kesalahan geometri, perlu dilakukan kalibrasi kamera pada kamera yang digunakan dalam penelitian. Untuk melingkupi area dengan luas dan skala yang sama, penggunaan kamera format kecil membutuhkan jumlah foto yang lebih banyak dibandingkan dengan kamera metrik yang merupakan format besar. Akuisisi foto udara pada penelitian ini dilakukan dengan melakukan empat kali penerbangan. Gambar 4 dan Gambar 5 menunjukkan jalur terbang dari UAV untuk mengakuisisi data foto udara.



Gambar 2. Jalur terbang dengan tinggi terbang

125m

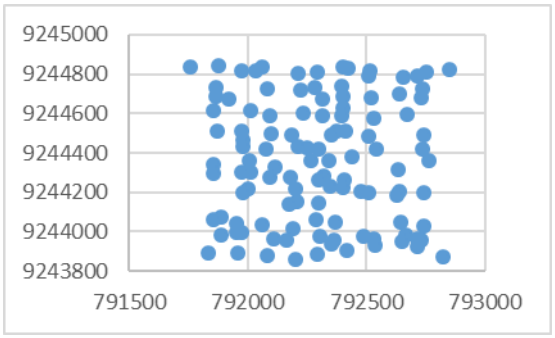


Gambar 3. Jalur terbang dengan tinggi terbang 250m

Titik Kontrol Tanah

Titik kontrol tanah atau *Ground Control Point* (GCP) merupakan suatu titik di permukaan bumi yang memiliki nilai koordinat (X,Y,Z) yang bergeoreferensi dan dapat diinterpretasi pada suatu citra. Dibutuhkan sejumlah titik kontrol tanah yang tersebar di area survei untuk meningkatkan ketelitian horizontal dan vertikal dari citra (Suradji dkk., 2010). Dalam penelitian ini, pengukuran titik kontrol tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Global Positioning System-Real Time Kinematic* (GPS-RTK) karena tingkat ketelitiannya yang sudah tinggi (hingga fraksi centimeter). Pemilihan penentuan posisi menggunakan GPS dikarenakan GPS merupakan satu-satunya sistem navigasi atau sistem penentuan posisi yang memiliki karakteristik prima yang dapat memberikan informasi tentang posisi, kecepatan, dan waktu secara akurat dan di mana saja tanpa tergantung cuaca (Darmawan, 2008).

Pengukuran menggunakan GPS-RTK menghasilkan 96 koordinat dari titik yang dijadikan GCP. Persebaran GCP pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 4. Persebaran GCP pada lokasi penelitian

Metode

Untuk mengetahui konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang terbaik, maka dibutuhkan sejumlah metode dalam pengolahan datanya. Konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang terbaik dilihat melalui nilai RMSE dari titik cek yang terdapat pada lokasi penelitian. Tinggi terbang yang digunakan yaitu tinggi terbang 125m, 250m, dan kombinasi 125m dan 250m. Jalur terbang yang digunakan yaitu jalur terbang utama dan jalur terbang menyilang. Dari tiga macam tinggi terbang dan dua macam jalur terbang, maka menghasilkan enam macam konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang. Selanjutnya nilai ketelitian dilihat berdasarkan jumlah GCP yang terdapat pada enam macam konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang. Penggunaan titik kontrol dilakukan dengan menggunakan lima macam skenario. Skenario tersebut yaitu 5 GCP, 9 GCP, jarak GCP 12 B (B merupakan jarak pengambilan foto dengan foto setelahnya dalam satu jalur), jarak GCP 8B, dan jarak GCP 6B.

Bidang sesar dapat didefinisikan menggunakan model ketinggian (DEM) yang dihasilkan oleh data foto udara. Model ketinggian yang awalnya berbentuk *Digital Surface Model* (DSM) dihilangkan objek yang berada di atas permukaan tanahnya dengan menggunakan metode *slope-based filtering* dan menghasilkan *Digital Terrain Model* (DTM). Untuk menghasilkan bidang sesar, metode yang digunakan yaitu menggunakan potongan melintang dari DTM yang dihasilkan.

Pembuatan Model 3D

Pembuatan model dilakukan menggunakan perangkat lunak Agisoft Photoscan. Untuk menghasilkan model yang diinginkan (orthofoto dan DEM) diperlukan empat tahapan dalam pembuatan modelnya. Tahap tersebut antara lain *align photos*, *build dense cloud*, *build mesh*, dan *build texture*.

Align photos merupakan proses penggabungan antar foto berdasarkan titik ikat pada tiap foto dan menghasilkan titik yang dinamakan *sparse cloud*. Proses selanjutnya yaitu *build dense cloud* yang menghasilkan titik-titik yang lebih rapat dibandingkan dengan *sparse cloud*. *Build mesh* merupakan tahap untuk menghasilkan DEM pada lokasi penelitian. *Build texture* merupakan pemberian warna untuk membentuk model yang diinginkan, yaitu orthofoto. Gambar 7 sampai dengan Gambar 10 menunjukkan proses pembuatan model 3D menggunakan Agisoft Photoscan.

Hasil dan Pembahasan

Suatu proyek fotogrametri tentu memiliki perencanaan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan.

Dalam penelitian ini, konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang merupakan hal yang fundamental terhadap hasil penelitian. Pengolahan foto udara pada penelitian ini didasarkan pada enam macam konfigurasi tinggi terbang dan jalur terbang yang dikombinasikan berdasarkan dua macam ketinggian (125m dan 250m) dan dua macam jalur terbang (jalur terbang utama (*main*) dan jalur terbang menyilang (*cross*)). Penelitian ini menggunakan nilai *overlap* sebesar 80% dan *sidelap* sebesar 60%.

Proses perataan dalam fotogrametri dilakukan terhadap dua data, yaitu perataan pada titik kontrol dan perataan pada titik cek. Perataan pada titik kontrol akan menghasilkan nilai residu yang merupakan nilai sisa atau selisih dari nilai rata-rata data yang digunakan. Perataan pada titik cek akan menghasilkan nilai RMSE yang merupakan nilai selisih dari data pada titik cek dengan data yang dianggap benar, yaitu nilai rata-rata dari perataan di titik kontrol. Nilai RMSE pun dibagi menjadi dua, yaitu RMSEr yang merupakan nilai RMSE dari komponen-komponen horizontal, yaitu searah sumbu-x dan sumbu-y, serta RMSEz yang merupakan nilai RMSE dari komponen vertikal, yaitu sumbu-z. Tabel 1 memperlihatkan nilai RMSEr dari tiap konfigurasi pada tiap skenario dan Tabel 2 memperlihatkan nilai RMSEz dari tiap konfigurasi pada tiap skenario.

Tabel 1. RMSEr dari tiap skenario

Konfigurasi Jalur Terbang	***RMSEr (m)***				
	5 GCP	***9 GCP***	***12B***	***8B***	***6B***
250, main	***0,288***	***0,190***	***0,083***	***0,132***	***0,116***
250, main+cross	***0,320***	***0,207***	***0,089***	***0,153***	***0,137***
125, main	***0,405***	***0,208***	***0,113***	***0,131***	***0,094***
125, main+cross	***0,329***	***0,189***	***0,101***	***0,118***	***0,086***
125+250, main	***0,289***	***0,195***	***0,127***	***0,110***	***0,076***
125+250, main+cross	***0,319***	***0,207***	***0,146***	***0,133***	***0,079***

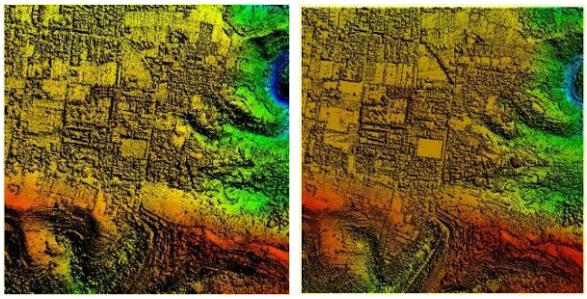
Tabel 2. RMSEz dari tiap skenario

Konfigurasi Jalur Terbang	***RMSEz (m)***				
	5 GCP	***9 GCP***	***12B***	***8B***	***6B***
250, main	***0,373***	***0,148***	***0,083***	***0,178***	***0,149***
250, main+cross	***0,302***	***0,157***	***0,075***	***0,161***	***0,134***
125, main	***0,629***	***0,162***	***0,083***	***0,089***	***0,072***
125, main+cross	***0,473***	***0,112***	***0,078***	***0,063***	***0,058***
125+250, main	***0,367***	***0,138***	***0,128***	***0,116***	***0,054***
125+250, main+cross	***0,303***	***0,149***	***0,120***	***0,127***	***0,056***

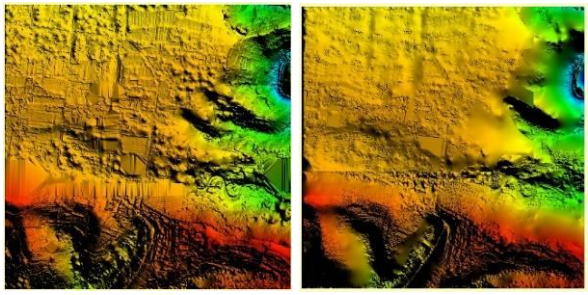
Salah satu produk yang dapat dihasilkan dari fotogrametri yaitu orthofoto. Orthofoto merupakan penampakan rupa bumi yang dibentuk dari foto-foto yang saling bertampalan dan memiliki proyeksi orthogonal. Dengan konsep kesegarisan dan kesebidangan, maka proyeksi foto yang semula merupakan proyeksi sentral diubah menjadi proyeksi orthogonal, di mana skala pada tiap titik pada model yang dihasilkan sama. Gambar 11 memperlihatkan hasil orthofoto dari lokasi penelitian. Produk lain yang dapat dihasilkan yaitu DEM. DEM yang dihasilkan yaitu DSM yang kemudian dilakukan proses *filtering* untuk dihasilkan DTM. Gambar 12 dan Gambar 13 merupakan DSM hasil foto udara dan LiDAR serta Gambar 14 dan Gambar 15 merupakan DTM hasil foto udara dan LiDAR.



Gambar 5. Orthofoto dari lokasi penelitian

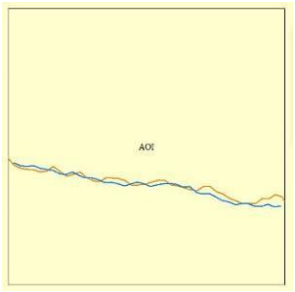


Gambar 6. DSM hasil foto udara (kiri) dan LiDAR (kanan)



Gambar 7. DTM hasil foto udara (kiri) dan LiDAR (kanan)

Salah satu manfaat yang dapat dihasilkan dari DSM yaitu diketahuinya bidang sesar. Pada lokasi penelitian yang memiliki panjang satu km, dilakukan potongan melintang dengan interval 25 meter searah utara-selatan untuk mengidentifikasi bidang sesar. Gambar 16 menunjukkan bidang sesar yang dideteksi menggunakan data foto udara dan data LiDAR pada lokasi penelitian. Garis biru menunjukkan bidang sesar hasil data foto udara dan garis merah merupakan bidang sesar hasil data LiDAR.



Gambar 8. Perbedaan bidang sesar menggunakan data foto udara dan data LiDAR

Salah satu cara mengetahui kualitas suatu produk fotogrametri yaitu dengan melihat nilai RMSE dari model yang dihasilkan. Semakin kecil nilai RMSE, maka kualitas dari produk yang dihasilkan akan semakin tinggi. Nilai RMSE yang dihasilkan dibagi menjadi dua, yaitu RMSE horizontal (RMSEr) dan RMSE vertikal (RMSEz).

RMSEr dari setiap model yang dihasilkan menunjukkan tidak semua penambahan jalur *cross* akan meningkatkan ketelitian dari model yang dihasilkan. Hal ini disebabkan tiap titik memiliki nilai akurasi yang berbeda-beda. Selain itu, peletakan tanda (*marking*) pada perangkat lunak yang digunakan tidak selalu diletakkan pada pusat penanda (*premark*) titik kontol dan titik cek. Tingkat kualitas foto juga menentukan sulit-mudahnya peletakan tanda pada premark yang teridentifikasi pada foto. Berbeda dengan RMSEr, RMSEz pada tiap model di tiap skenario menunjukkan perbaikan jika model ditambahkan jalur *cross*. Keuntungan dari semakin baiknya nilai RMSEz jika ditambahkan jalur *cross* yaitu akan terbentuknya DEM yang lebih baik.

Untuk validasi ketelitian berdasarkan nilai RMSE, maka dilakukan pengujian sesuai dengan standar *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing* (ASPRS) yang diterbitkan pada November 2014. Untuk memenuhi standar selang kepercayaan 95%, maka dibutuhkan sekurangnya 20 titik cek. Dalam penelitian yang dilakukan, tidak ada skenario yang menggunakan kurang dari 20 titik cek. Oleh karena itu, akurasi dapat dihitung dengan menggunakan selang kepercayaan 95%. Tabel 3 menunjukkan nilai akurasi horizontal dan Tabel 4 menunjukkan nilai akurasi vertikal dari model yang dibentuk.

Tabel 3. Akurasi horizontal produk

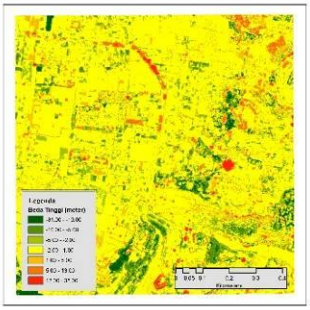
Konfigurasi Jalur Terbang	***Akurasi Horizontal (m)***				
	S-1	***S-2***	***S-3***	***S-4***	***S-5***
250, main	***0,620***	***0,326***	***0,092***	***0,086***	***0,137***
250,	***0,6***	***0,3***	***0,1***	***0,1***	***0,1***

main+cross	***70***	***54***	***20***	***12***	***50***
125, main	***0,719***	***0,393***	***0,196***	***0,175***	***0,161***
125, main+cross	***0,622***	***0,322***	***0,152***	***0,123***	***0,142***
125+250, main	***0,614***	***0,334***	***0,173***	***0,091***	***0,147***
125+250, main+cross	***0,665***	***0,356***	***0,153***	***0,107***	***0,141***
250, main	***0,614***	***0,222***	***0,204***	***0,165***	***0,143***
250, main+cross	***0,662***	***0,200***	***0,142***	***0,189***	***0,147***
125, main	***1,021***	***0,438***	***0,196***	***0,187***	***0,143***
125, main+cross	***0,711***	***0,252***	***0,136***	***0,121***	***0,114***
125+250, main	***0,645***	***0,200***	***0,202***	***0,176***	***0,091***
125+250, main+cross	***0,648***	***0,178***	***0,161***	***0,176***	***0,097***

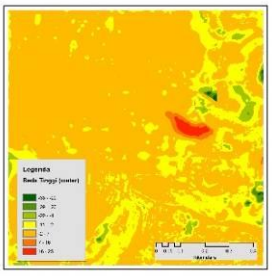
Tabel 4. Akurasi vertikal produk

Konfigurasi Jalur Terbang	***Akurasi Vertikal (m)***				
	S-1	***S-2***	***S-3***	***S-4***	***S-5***
250, main	***0,614***	***0,222***	***0,204***	***0,165***	***0,143***
250, main+cross	***0,662***	***0,200***	***0,142***	***0,189***	***0,147***
125, main	***1,021***	***0,438***	***0,196***	***0,187***	***0,143***
125, main+cross	***0,711***	***0,252***	***0,136***	***0,121***	***0,114***
125+250, main	***0,645***	***0,200***	***0,202***	***0,176***	***0,091***
125+250, main+cross	***0,648***	***0,178***	***0,161***	***0,176***	***0,097***

Produk yang dihasilkan menggunakan dua atau lebih data pasti memiliki perbedaan, begitu pun produk yang dihasilkan menggunakan data foto udara dan data LiDAR. Perbedaan antara produk yang dihasilkan menggunakan foto udara dan LiDAR dapat dilihat dari DSM, DTM, dan nilai RMSE dari titik kontrol yang digunakan. Perbedaan hasil DSM dan DTM dilihat berdasarkan beda tinggi antara DSM dan DTM yang dihasilkan oleh data foto udara dengan data LiDAR. Gambar 17 menunjukkan beda tinggi dari DSM yang dihasilkan berdasarkan kedua data dan Gambar 18 menunjukkan beda tinggi dari DTM yang dihasilkan berdasarkan kedua data.



Gambar 9. Beda tinggi DSM



Gambar 18. Beda tinggi DTM

Beda tinggi pada DSM LiDAR dan DSM foto udara memiliki rata-rata beda tinggi sebesar -0,36 meter. Beda tinggi DSM LiDAR dan DSM foto udara juga memiliki nilai standar deviasi sebesar 3,5 meter. Beda tinggi pada DTM LiDAR dan DTM foto udara memiliki rata-rata beda tinggi sebesar -1,68 meter. Beda

tinggi DTM LiDAR dan DTM foto udara juga memiliki nilai standar deviasi sebesar 3,68 meter.

Kesimpulan dan Saran

Penambahan jalur menyilang dan penambahan titik kontrol pada model yang dihasilkan akan meningkatkan akurasi dari produk yang dihasilkan, terutama pada akurasi vertikal. Peningkatan akurasi horizontal dan vertikal melalui penambahan jalur menyilang didasarkan pada set data yang diproses. Penambahan jumlah titik kontrol tanah pun akan meningkatkan tingkat akurasi dari produk yang dihasilkan. Pengurangan jumlah titik kontrol yang tidak melebihi 50% juga tidak akan memberikan perbedaan nilai akurasi yang signifikan.

DEM dan bidang sesar yang didefinisikan menggunakan data foto udara dan data LiDAR memiliki perbedaan hasil. DEM yang dihasilkan melalui serangkaian proses foto udara dapat dikatakan lebih baik karena memiliki nilai akurasi vertikal lebih baik dibandingkan dengan DEM hasil data LiDAR. Orthofoto yang dihasilkan pada penelitian ini pun memiliki nilai akurasi yang baik, dapat mencapai nilai akurasi sepuluh centimeter. Berdasarkan ASPRS yang menggunakan nilai selang kepercayaan 95%, produk terbaik yang dapat dihasilkan yaitu peta berskala 1:500 untuk model yang memiliki nilai akurasi di bawah 12,5 cm. Untuk model pada penelitian ini yang memiliki nilai akurasi di atas 12,5 cm dapat dibuat peta dengan skala maksimal 1:5000.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis serta Kelompok Keahlian Geodesi, Institut Teknologi Bandung.

Daftar Pustaka

Cramer, M., & Haala, R. (2008). DGPF Project: Evaluation of Digital Photogrammetric Aerial Based Imaging Systems - Overview and Results from the Pilot Centre.

Darmawan, S. (2008). *Perkembangan Teknologi GeoInformasi di Indonesia: Global Positioning System (GPS), Remote Sensing (RS), dan Sistem Informasi Geografis (SIG).* Bandung.

Eisenbeiss, H. (2008). UAV Photogrammetry in Plant Sciences and Geology. *Innovation in 3D Measurement, Modelling, and Visualization*.

Eisenbeiss, H. (2009). *UAV Photogrammetry.* Zurich.

Graca, M., Mitishita, E., & Goncalves, J. (2014). Photogrammetric Mapping Using Unmanned Aerial Vehicle. *The International Archieves of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XL-1*.

Lembicz, B. W. (2006). Minimizing Ground Control Points When GPS Photogrammetry Isn't Practical. *ASPRS Annual Conference*.

Li, Z., Zhu, Q., & Gold, C. (2005). *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology* (2005 ed.). New York: CRC Press.

Nocerino, E., Menna, F., Remondino, F., & Saleri, R. (2013). Accuracy and Block Deformation Analysis in Automatic UAV and Terrestrial Photogrammetry. *ISPRS Annuals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-5/W1*.

Udin, W. S., & Ahmad, A. (2012). Large Scale Mapping Using Digital Aerial Imagery of Unmanned Aerial Vehicle.

On the Performance of a Single-Frequency Low-Cost GPS

Brian Bramanto[a], Irwan Gumilar[a], Teguh P. Sidiq[a], Hasanuddin Z. Abidin[a], Made D. A. Hermawan[b], Bayu M. Wijayanto[b]

[a.] Geodesy Research Group, Institut Teknologi Bandung (brian.bramanto@s.itb.ac.id)
[b.] PT. General Technology Indonesia

ABSTRACT

A dual-frequency geodetic receiver GPS (Global Positioning System) is widely used in practical application for high-accuracy positioning, however, it's compensated by its price. Low-Cost GPS receivers are then recently developed as promising tools in high-accuracy positioning system. This research examines the potential use of BAP Precision Low-Cost GPS receiver to provide a high-accuracy positioning. The examination includes data quality assessment (DOP (Dilution of Precision) and SNR (Signal to Noise Ratio)), zero baseline and short baseline performance. The results indicated that the average HDOP and VDOP were 1.0 and 1.9 respectively with 15 degrees of e levation angle mask. The SNR are relatively stable at ~40 to ~50 dBHz with 15 degrees of elevation angle mask. Zero baseline test indicated that the pseudorange residuals are mainly vary from -3 m to 3 m with the average and standard deviation are 0.034 m and 0.774 m respectively, while the carrier phase residuals are vary from ~-0.01 m to ~0.01 m with the average and standard deviation are 0 m and 0.004 m respectively. Short baseline test indicated that the coordinate difference in respect with dual-frequency GPS receiver were in cm level, however on the obstructed condition, it is found that the coordinate difference was in dm level.

Keywords *Low-Cost GPS, Single-frequency receiver, positioning performance*

Introduction

Global Postitioning System (GPS) are widely used in both practical and scientific matters e.g. construction and surveying services (Lin, 2004; Lee, Park, & Tcha, 2012), deformation analysis (Abidin, et al., 2009) and geohazard assessment (Gumilar, et al., 2015). Those applications required a high-accuracy positioning GPS which can be achieved by a dual frequency geodetic receiver GPS, however, the used of dual frequency geodetic receiver GPS is compensated by its relatively high price (> $ 40,000).

Low-Cost GPS receivers (< $2,000) are then recently developed as promising tools in high-accuracy positioning system. In accordiance with that statement, several research has been conducted to assess the quality and the performance of the low-cost GPS (Rizos, et al., 1998; Beran, et al., 2004). Moreover, low-cost GPS has been used as a deformation monitoring system for volcano monitoring (Roberts, et al., 2004).

Low-Cost GPS receivers are mostly can handle L1 frequency only, however, the lowest noise differential GPS solution is found on the L1 solution (Rizos, 1997). Therefore, this research examines the potential use of BAP Precision S-Series as one of the single frequency Low-Cost GPS receiver to provide a high-accuracy positioning. The examination includes data quality assessment (DOP (Dilution of Precision) and SNR (Signal to Noise Ratio)), zero baseline and short baseline performance.

Methodology

Data Quality Assessment

The data quality of the low-cost GPS can be assessed by investigating the Dilution of Precision (DOP) and the Signal to Noise Ratio (SNR) (Leick, 2004). The value of DOP indicates the observed satellites geometry. Theoretically, the value of DOP increases when the satellites are all clustered together in a single quadrant, then the positioning accuracy will be reduced, vice versa. Figure 1 shows the good and poor satellite-receiver geometry.

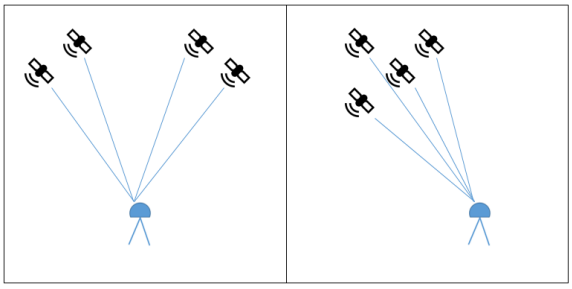


Figure 1 Illustration of good DOP (left) and poor DOP (right)

DOP can be divided into several terms, namely vertical DOP (VDOP), horizontal DOP (HDOP), position DOP (PDOP) and time DOP (TDOP), moreover, Geometric DOP (GDOP) is the general parameter which describe the other DOP. GDOP is defined based on the user-equivalent range error (UERE), which is the standard deviation of the satellites's pseudorange error at the determined position. GDOP can be desrcibed as (Kaplan, 1996):

$$GDOP = \frac{\sqrt{\sigma_{x_u}^2 + \sigma_{y_u}^2 + \sigma_{z_u}^2 + \sigma_{ctb}^2}}{\sigma_{UERE}} \quad (1)$$

$$\sqrt{\sigma_{x_u}^2 + \sigma_{y_u}^2 + \sigma_{z_u}^2} = PDOP.\sigma_{UERE} \quad (2)$$

$$\sqrt{\sigma_{x_u}^2 + \sigma_{y_u}^2} = HDOP.\sigma_{UERE} \quad (3)$$

$$\sigma_{z_u} = VDOP.\sigma_{UERE} \quad (4)$$

$$\sigma_{ct_b} = TDOP.\sigma_{UERE} \quad (5)$$

SNR shows the degree of distorted GPS signal from satellite to receiver by surrounding environment. In general, the high value of SNR (in dbHz) indicates that the distortion of the signal is low. In simplified, SNR can be defined as follows:

$$SNR = \frac{signal\ strength}{noise} \quad (6)$$

Zero-Baseline

Noise assesments of a receiver GPS can be assessed through zero-baseline tests by using two same types of receiver GPS which are connected to a same antenna (Fig). In principle, GPS signal propagation can be defined as follows (Seeber, 2003):

$$P_i = \rho + d\rho + d_{trop} + d_{ion} + c(dt - dT) + MP_i + \vartheta P_1 \quad (7)$$

$$L_i = \rho + d\rho + d_{trop} - d_{ion} + c(dt - dT) + ML_i + \lambda_i N_i + \vartheta L_1 \quad (8)$$

where P_i and L_i are pseudorange and carrier phase range on selected frequency (i =1,2), ρ is related to geometrical range from receiver to satellite, $d\rho$ is the orbital error, d_{trop} and d_{ion} are troposphere and ionosphere biases, dt and dT are time error of receiver and satellites, MP_i and ML_i are related to multipath error of pseudorange and carrier phase range, λ_i and N_i are related to wavelength and ambiguity number, while ϑP_i and ϑL_i are related to noise error.

By using double difference (DD) operation of zero-baseline, assumed that ambiguity is resolved, so tha all error sources except the instrumental noise may be eliminated. The DD observations can be expressed as (Cai, et al., 2015):

$$DD_P = (P^p - P^q)_m - (P^j - P^k)_n = \vartheta P_{mn}^{pq} \quad (9)$$

$$DD_L = (L^p - L^q)_m - (L^j - L^k)_n = \vartheta L_{mn}^{pq} \quad (10)$$

where DD_P and DD_L are DD pseudorange and carrier phase range in meters, the subscripts m, n are denotes two receivers and the superscripts p, q denotes two satellites. ϑP_{mn}^{pq} and ϑL_{mn}^{pq} are the instrumental noise of DD pseudorange and carrier phase range in meters, respectively.

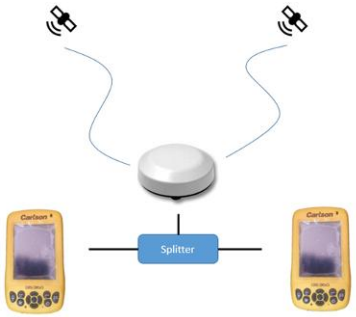


Figure 2 Zero-baseline configuration

Short Baseline

This research also investigates the positioning performance of the low-cost GPS receiver. Five benchamarks for experimental set up has been established in ITB campus. The benchmarks are establihed in different condition of obstruction, like relatively open sky, under vegetation canopy and under crowded building.

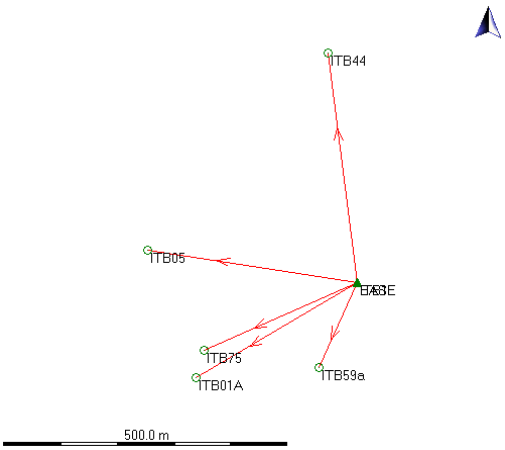
Coordinates estimated from low-cost GPS receiver, then compared with the coordinates which obtained from dual-frequency GPS receiver. The observation and processing strategy that is used for low-cost and dual-frequency GPS are shown on Table 2.

Table 2 Observation and processing strategy

	Low-Cost GPS	Dual-Frequency GPS
Time observation	30 minutes	1 hour
Interval time	1 second	1 second
Frequency used	L1	L1 and L2
Baseline lenght	< 1 km	
Processing strategy	Double Difference	Double Difference

Result and Discussion

Figure 4 shows the satellites visibilities as well as the DOP with no elevation mask angle. It shows that the



receiver could observed at least 10 GPS satellites on the most of the observation time, while the average GDOP, PDOP, HDOP and VDOP are 1.6, 1.4, 0.8 and 1.2 respectively. Figure 5 shows shows the satellite visibilities and DOP with 15^o elevation mask angle. It shows that receiver could observed at least 6 GPS satellites and the average GDOP, PDOP, HDOP and VDOP are 2.5, 2.1, 1.0 and 1.9 respectively.

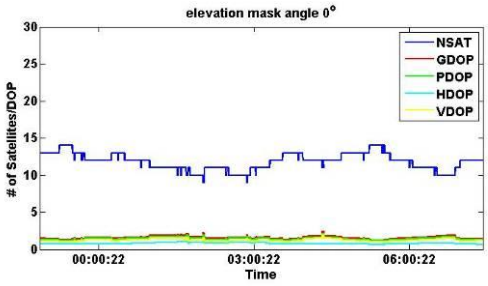


Figure 4 Number of satellites and DOP value with no elevation mask angle

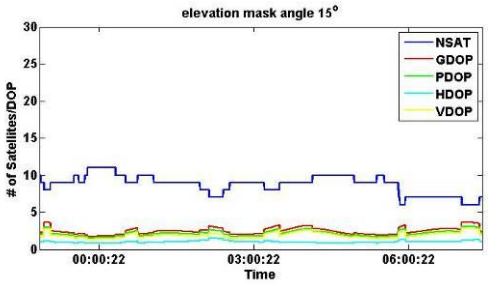


Figure 5 Number of satellites and DOP value with 15^o elevation mask angle

As seen on Figure 5, there are some shifting values for DOP, It was due to relatively poor geometry of the satellites constellation, which is described on Figure 6 (epoch 2:13:54). The geometry of the satellites are mostly clustered on the North-South position and created a small septa-hedron, and it leads to relatively seen on Figure 10.

poor of the estimated position precision compared with other epoch.

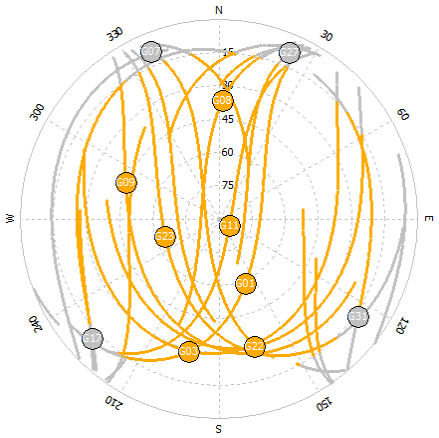


Figure 6 Skyplot of GPS observation (epoch 2:13:54), grey color indicated the neglected satellites

As seen on **Error! Reference source not found.**, over than 95% of the data, the SNR are vary from ~30 to ~50 dBHz. Those low values are due to systematic error, which is the elevation angle of observed satellites as seen on Figure 8. The low elevation angle leads to high multipath level of the transmitted signals. By understanding this circumstances, such a better processing strategy to handle this data as a post-processing parameter can be derived. 15^o of elevation mask angle can be proposed as a post-processing parameter strategy due to its relatively stable value of the SNR for elevation above 15^o.

Error! Reference source not found. shows the DD residuals of pseudorange and phaserange. The pseudorange residuals are mainly vary from -3 m to 3 m with the average and standard deviation are 0.034 m and 0.774 m respectively, while the carrier phase residuals are vary from ~-0.01 m to ~0.01 m with the average and standard deviation are 0 m and 0.004 m respectively. Those results indicated that the noise instrument, that assummed from Equation (10), is expected in cm level.

The estimated coodinates from low-cost receiver and dual-frequency receiver are shown on Table 3 and Table 4, while the coordinate differences is shown on Table 4. The median of coordinate differences for easting, northing, and height are 0.0298 m, 0.0125 m and 0.0623 m respectively. The maximum differences is occured on ITB01A due to the site obstruction as

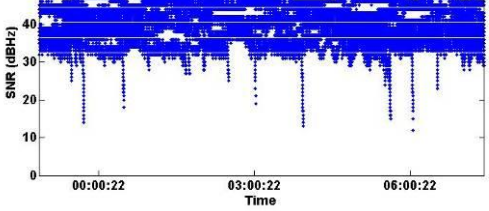


Figure 7 SNR of over time

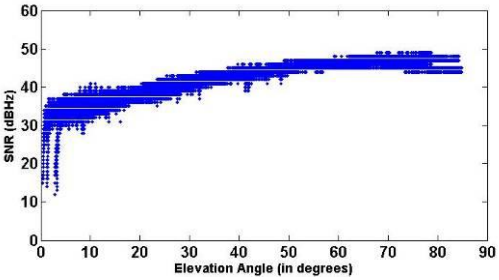


Figure 8 SNR over elevation angle

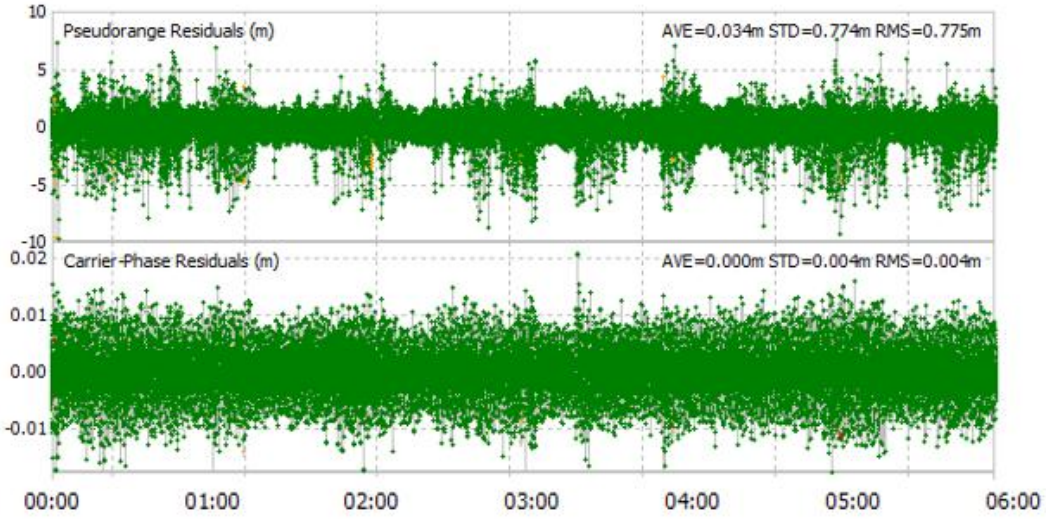


Figure 9 Pseudorange residuals (above) and carrier-phase residuals (below) over time

Table 3 Estimated coordinates using low-cost GPS receiver

Point	Ambiguity	Easting (m)	Northing (m)	h. Ellipsoid (m)	sd. Easting (m)	sd. Northing (m)	sd. h ellipsoid (m)
ITB59a	Fix	788595.2205	9237303.2071	783.2547	0.0002	0.0001	0.0004
ITB05	Float	788295.1130	9237509.9344	789.8868	0.0010	0.0016	0.0021
ITB75	Fix	788393.1854	9237334.0468	786.2386	0.0002	0.0002	0.0006
ITB01a	Float	788380.6308	9237285.6146	784.7476	0.0051	0.0037	0.0102
ITB44	Fix	788611.5193	9237854.4022	798.1979	0.0003	0.0002	0.0006

Table 4 Estimated coordinates using dual-frequency GPS receiver

Point	Ambiguity	Easting (m)	Northing (m)	h. Ellipsoid (m)	sd. Easting (m)	sd. Northing (m)	sd. h ellipsoid (m)
ITB59a	Fix	788595.2170	9237303.2097	783.2238	0.0003	0.0002	0.0007
ITB05	Fix	788295.0832	9237509.9219	789.9304	0.0002	0.0001	0.0005
ITB75	Fix	788393.1447	9237334.0277	786.1614	0.0002	0.0001	0.0004
ITB01a	Fix	788380.4131	9237285.4888	784.3942	0.0005	0.0004	0.0016
ITB44	Fix	788611.5292	9237854.3978	798.1356	0.0004	0.0002	0.0003

Table 5 Absolute differences of the estimated coordinates

Point	Δ easting (m)	Δ northing (m)	Δ h (m)
ITB59a	0.0035	0.0026	0.0309
ITB05	0.0298	0.0125	0.0436
ITB75	0.0407	0.0191	0.0772
ITB01A	0.2177	0.1258	0.3534
ITB44	0.0099	0.0044	0.0623
Min	0.0035	0.0026	0.0309
Max	0.2177	0.1258	0.3534
Median	0.0298	0.0125	0.0623



Figure 10 Site obstruction of ITB01A

Conclusions

This paper has presented the data quality assessment and positioning performance of a single frequency low-cost GPS by using BAP Precision S-Series. The receiver could observed at least 6 satellites and the average HDOP and VDOP were 1.0 and 1.9 respectively with 15 degrees of elevation angle mask. The SNR are relatively stable at ~40 to ~50 dBHz with 15 degrees of elevation angle mask.

Zero baseline test indicated that the pseudorange residuals are mainly vary from -3 m to 3 m with the average and standard deviation are 0.034 m and 0.774 m respectively, while the carrier phase residuals are vary from ~-0.01 m to ~0.01 m with the average and standard deviation are 0 m and 0.004 m respectively. Short baseline test indicated that the coordinate difference in resect with dual-frequency GPS receiver were in cm level, however on the obstructed condition, it is found that the coordinate difference was in dm level.

In general, BAP Precision S-Series shows promising results to support the surveying and mapping applications.

Acknowledgment

The low-cost GPS receivers provided by PT. General Technology Indonesia are greatly appreciated.

References

Abidin, H. Z., Andreas, H., Kato, T., Ito, T., Meilano, I., Kimata, F., . . . Harjono, H. (2009). Crustal deformation studies in Java (Indonesia) using GPS. *J. Earthquake and Tsunami 03, 77*.

Beran, T., Bisnath, S. B., & Langley, R. (2004). Evaluation of High-Precision Single-Frequency GPS Point Positioning Models. *Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation* (pp. 1892-1901). California: The Institute of Navigation, Alexandria, Virginia, U.S.A.

Cai, C., He, C., Santerre, R., Pan, L., Cui, X., & Zhu, J. (2015). A comparative analysis of measurement noise and multipath for four constellation: GPS, BeiDou, GLONASS and Galileo. *Survey Review vol 00 no 0*.

Gumilar, I., Abidin, H. Z., Hutasoit, L. M., Hakin, D. M., Sidiq, T. P., & Andreas, H. (2015). Land subsidence in Bandung Basin and its possible caused factors. *Procedia Earth and Planetary Science 12*, 47-62.

Kaplan, E. D. (1996). *Understanding GPS: Principles and Applications.* London: Artech House Boston.

Lee, J., Park, B., & Tcha, D. (2012). Using Network-RTK for Cadastral Reform In Republic of Korea. *FIG Working Week 2012.* Rome.

Leick, A. (2004). *GPS satellite surveying.* New York: John Wiley and Sons.

Lin, L.-S. (2004). Application of GPS RTK and Total Station System on Dynamic Monitoring Use. *The XXth ISPRS Congress*, (pp. 12-23). Istanbul.

Rizos, C. (1997). *Principles and Practice of GPS Surveying, Monograph 17, School of Geomatic Engineering.* Sydney: The University of New South Wales.

Rizos, C., Han, S., & Han, X. (1998). Performance Analysis of a Single-Frequency, Low-Cost GPS Surveying System. *Proceedings of the 11th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GPS 1998)*, (pp. 427-435). Nashville.

Roberts, C., Seynat, C., Rizsos, C., & Hooper, G. (2004). Low-Cost Deformation Measurement System for Volcano Monitoring. *3rd FIG Regional Conference* . Jakarta.

Seeber, G. (2003). *Satellite Geodesy.* New York: Walter de Gruyter.

Xu, Y., & Ji, S. (2015). Data quality assessment and the positioning performance analysis of BeiDou in Hong Kong. *Survey Review, 47:345*, 446-45

Pemetaan dan Pembangunan Sistem Informasi Geografis di Desa sekitar Kawasan Pendidikan Tinggi, Jatinangor, Sumedang – Jawa Barat

Deni Suwardhi, Saptomo Handoro Mertotaroeno, Riantini Vitriana, Aminah Kastuari, Nadia Shalehah, Nur Ainiyah

Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung, Bandung, Indonesia

ABSTRAK

Kawasan Pendidikan Tinggi (KPT) Jatinangor semakin berkembang dari waktu ke waktu. Ini dapat dilihat dari pertumbuhan kegiatan-kegiatan baru di kawasan tersebut dalam rangka merespons kebutuhan mahasiswa. Pertumbuhan tersebut berpengaruh pada pembangunan desa- desa di sekitar KPT Jatinangor, baik pembangunan fisik maupun non-fisik. Untuk melakukan perencanaan dan pengelolaan pembangunan desa, maka perlu data dan informasi yang berdasarkan geografis. Data dan informasi geografis tersebut harus merupakan data dan informasi yang akurat, presisi, tepat waktu, dan dibutuhkan. Teknologi Sistem Informasi Geografis dan Pemetaan Foto Udara Nir-Awak menjadi salah satu jawaban akan kebutuhan tersebut. Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah suatu sistem informasi yang dapat digunakan sebagai alat bantu (tools) dalam menyimpan, memanipulasi, menganalisis, dan menampilkan kembali kondisi-kondisi alam dengan bantuan data atribut dan spasial. Sedangkan Pemetaan Foto Udara Nir-Awak mempunyai kelebihan dari sisi efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan efektifitas pekerjaan, sehingga sesuai untuk menunjang kegiatan pemetaan desa. Selain itu, produk yang dihasilkan cukup bervariasi, mulai dari peta foto yang mudah untuk diintepretasi menjadi peta tutupan lahan maupun penggunaan lahan, dan peta kontur tanah. Makalah ini membahas mengenai pengalaman dalam kegiatan pengabdian masyarakat di KPT Jatinangor untuk membangun satu SIG Desa KPT Jatinangor yang dapat dimanfaatkan oleh kantor desa maupun kantor kecamatan Jatinangor untuk kepentingan perencanaan dan pengelolaan pembangunan desa. Aplikasi SIG yang dikembangkan menggunakan perangkat lunak bebas pakai QuantumGIS maupun berbasis web. Peta Foto dan turunannya yang dihasilkan dari proses Pemetaan Foto Udara Nir-Awak digunakan sebagai peta dasar.Abstrak ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris.

Kata kunci: Pemetaan Desa, Fotogrametri, UAV, Sistem Informasi Geografis

1. PENDAHULUAN

Perkembangan perguruan tinggi di Kawasan Pendidikan Tinggi (KPT) Jatinangor telah mengakibatkan tumbuhnya kegiatan-kegiatan penunjang yang merespons kebutuhan mahasiswa. Hal ini membawa pengaruh yang cukup signifikan bagi pembangunan desa di sekitar KPT Jatinangor. Pembangunan desa berkaitan erat dengan permasalahan sosial, ekonomi, politik, ketertiban, pertahanan dan keamanan. Kegiatan pembangunan desa menuntut adanya perencanaan penggunaan sumber daya lahan dan penataan ruang yang didukung oleh informasi fisik dan sosial ekonomis yang berbasis geografis. Salah satu tantangan yang paling mendasar dalam membuat perencanaan pembangunan desa adalah tersedianya data dan informasi geografis yang akurat, presisi, tepat waktu, dan dibutuhkan.

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sebuah sistem yang dapat digunakan untuk memetakan dan menganalisis objek dan kejadian yang terjadi di permukaan bumi. Sistem ini menggabungkan operasi basisdata seperti query dan analisis statistik dengan keunggulan visualisasi dan analisis spasial melalui peta. Kemampuan ini yang membedakan SIG dari sistem lain dan membuatnya sangat bermanfaat bagi pemerintah daerah, terutama untuk pengelolaan dan perencanaan yang berkaitan dengan objek di muka bumi.
Banyak sekali aplikasi yang dapat ditangani oleh SIG, sebagai contoh aplikasi SIG di bidang perencanaan seperti perencanaan pemukiman transmigrasi, perencanaan tata ruang wilayah, perencanaan kota, perencanaan lokasi dan relokasi industri, pasar, pemukiman dan sebagainya (Huisman, 1986). Contoh lain adalah aplikasi SIG di bidang kependudukan atau demografi seperti penyusunan data pokok, penyediaan informasi kependudukan/sensus dan sosial ekonomi (Nurjanah dan Buchori, 2012).

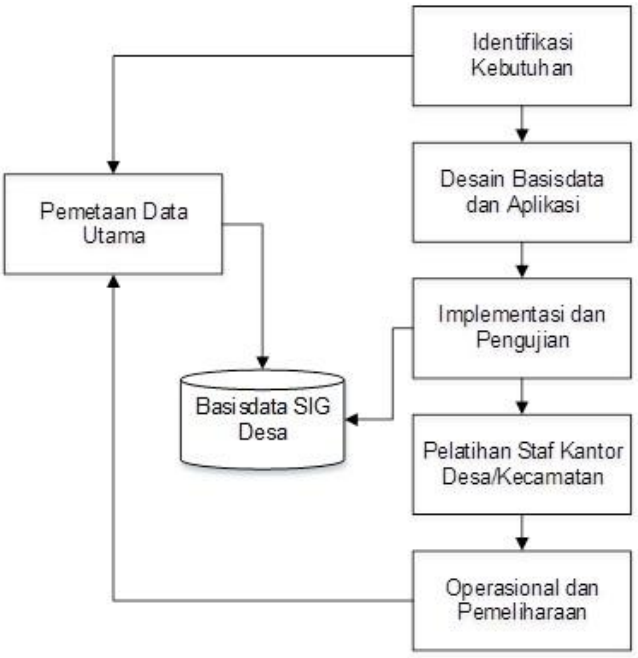
Berdasarkan latar belakang tersebut maka pengembangan SIG yang mampu menyediakan data/informasi yang terkini (up to date) sangat diperlukan keberadaannya oleh pemerintah daerah dalam rangka perencanaan dan pengelolaan wilayahnya. Untuk itu, kegiatan ini bertujuan untuk mengembangkan suatu SIG untuk menunjang kegiatan perencanaan dan pengelolaan pembangunan desa, khususnya dalam memberikan data dan informasi secara cepat, akurat, dan terkini bagi perangkat pemerintahan desa di KPT Jatinangor. Teknologi Foto Udara dari Wahana Udara Nir-Awak (WUNA) digunakan dalam kegiatan pemetaan desa di KPT Jatinangor dalam rangka pembangunan data utama (fundamental data sets) SIG secara cepat, akurat dan terkini.

Teknologi Foto Udara WUNA adalah teknologi pemetaan melalui media foto udara dengan menggunakan wahana berupa pesawat tanpa awak. Kelebihan akuisisi data dengan teknologi Nir-Awak ini antara lain adalah efisiensi waktu, efisiensi biaya, dan efektifitas pekerjaan. Hal tersebut disebabkan teknologi Nir-Awak dapat menjangkau wilayah yang luas dalam waktu yang lebih cepat dibandingkan pemetaan teristris sehingga biaya yang dikeluarkan lebih sedikit. Nilai tambah lainnya dari teknik pemetaan cara foto udara yaitu, peta yang dihasilkan memberikan gambaran informasi permukaan tanah dan objek-objek diatasnya secara utuh. Para perencana akan dengan mudah dan leluasa melakukan perencanaan, interpretasi, dan pemahaman kondisi lapangan.

Pembangunan SIG dengan menggunakan Peta Foto yang dihasilkan dari proses Fotogrametri WUNA di daerah KPT Jatinangor ini adalah merupakan kegiatan tim yang mewakili Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Bandung pada tahun 2015.

2. TAHAP PELAKSANAAN KEGIATAN

Pendekatan atau cara pemecahan masalah dalam kegiatan ini, dapat digambarkan secara sederhana seperti pada diagram alir berikut:



Gambar 1. Tahapan Kegiatan

2.1 Identifikasi Kebutuhan

Pada tahap ini, dikumpulkan kebutuhan data secara lengkap, selanjutnya dianalisis dan didefinisikan kebutuhan yang harus dipenuhi oleh aplikasi yang

dibangun. Selain itu, dilakukan juga pengumpulan data dengan mencari data tentang bagaimana cara mengintegrasikan data non spasial dan data spasial yang dimiliki untuk ditampilkan dalam SIG. Setelah semua data terkumpul, yang dilakukan selanjutnya adalah melakukan analisis kebutuhan tentang pembatasan masalah dari aplikasi yang dibuat dengan memperhatikan ketersediaan waktu, dana, dan kemampuan dari tim, serta hal-hal apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan aplikasi tersebut.

Saat ini Jatinangor dikenal sebagai salah satu kawasan pendidikan di Jawa Barat. Pencitraan ini merupakan dampak langsung pembangunan kampus beberapa institusi perguruan tinggi di kecamatan ini. Perguruan tinggi yang saat ini memiliki kampus di Jatinangor yaitu:

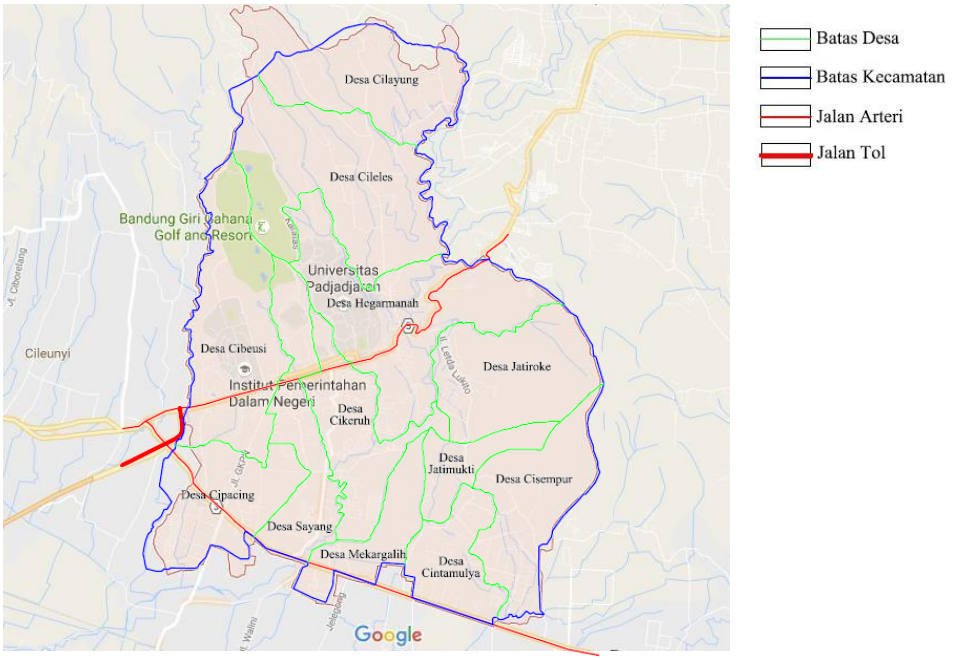
a) Universitas Padjadjaran (UNPAD) di Desa Hegarmanah dan Desa Cikeruh.

b) Institut Pemerintahan Dalam Negeri (IPDN) di Desa Cibeusi. Sebelumnya institut ini bernama Sekolah Tinggi Pemerintahan Dalam Negeri (STPDN).

c) Institut Manajemen Koperasi Indonesia (IKOPIN) di Desa Cibeusi.

d) Institut Teknologi Bandung (ITB) di Desa Sayang. Sebelumnya kompleks Kampus ITB Jatinangor merupakan kompleks Kampus Universitas Winaya Mukti (UNWIM).

Seiring dengan hadirnya kampus-kampus tersebut, Jatinangor juga mengalami perkembangan fisik dan sosial yang pesat. Sebagaimana halnya yang menimpa lahan pertanian lain di Pulau Jawa, banyak lahan pertanian di Jatinangor yang berubah fungsi menjadi rumah sewa untuk mahasiswa ataupun pusat perbelanjaan.



Gambar 2. Kecamatan Jatinangor

Sebagai inisialisasi kebutuhan SIG Desa KPT Jatinangor, antara lain adalah kebutuhan pemetaan topografi 4 desa, dimana terdapat perguruan tinggi-perguruan tinggi di KPT Jatinangor. Desa tersebut adalah Desa Sayang dengan luas 232 Ha, Desa Cikeruh luas 213 Ha, Desa Cibeusi luas 184 Ha, dan Desa Hegarmanah luas 331 Ha. Total luas 960 Ha. Pemetaan diprioritaskan di luar area kampus perguruan tinggi (kecuali Institut Teknologi Bandung), sehingga perkiraan total luas yang dipetakan adalah 60% nya.

Pemetaan dilanjutkan dengan pemetaan secara spasial batas RT, batas RW, tempat usaha- usaha pemondokan mahasiswa (rumah kos), industri-industri penunjang KPT maupun industri lainnya serta lahan pertanian dan perkebunan yang tersisa.

2.2 Pemetaan

Kegiatan dalam pemetaan ini, dapat dibagi dalam beberapa kegiatan. Kegiatan yang menjadi fokus utama adalah pembangunan data spasial dasar secara cepat dan akurat dengan menggunakan teknologi pemetaan foto udara nir-awak. Belum ada satu standar baku dalam pemetaan foto udara nir-awak, sehingga kegiatan ini dapat menjadi satu pembuktian metode ini.

Secara garis besar tahapan-tahapan pekerjaan yang dilakukan untuk pelaksanaan pekerjaan pemetaan foto udara adalah sebagai berikut :

a) Persiapan, termasuk didalamnya adalah kalibrasi kamera, pembuatan rencana terbang di jalur yang dipetakan dan distribusi titik kontrol tanah (gcp, ground control point),
b) Pembuatan tanda atau premark di lokasi titik kontrol tanah yang sudah direncanakan supaya dapat terlihat pada foto udara,
c) Pemotretan udara dengan wahana nir-awak mengikuti jalur terbang yang sudah direncanakan,
d) Pengukuran titik kontrol tanah menggunakan alat GPS teliti di lapangan dengan ketelitian dalam fraksi centimeter,
e) Triangulasi Udara, untuk memperbanyak kontrol tanah, dimana sebelumnya dilakukan proses kompilasi foto dan pengamatan titik ikat antar foto,
f) Pembuatan Model Permukaan Digital/ DEM (Digital Elevation Model),
g) Proses Ortofoto menghasilkan foto dengan proyeksi orthogonal dan sebagai input dalam proses ini adalah DEM dan foto udara yang sudah mempunyai posisi dan orientasi sebagai hasil output proses triangulasi udara,
h) Pembuatan Kontur /Garis ketinggian dari DEM,
i) Digitasi objek-objek planimetris seperti gedung, jalan, dan tutupan lahan lainnya,
j) Pembuatan mosaik dari ortofoto sehingga didapat peta foto seluruh daerah,
k) Kartografi atau proses penggambaran final peta.



Gambar 3. Kegiatan Pengukuran GPS (a), (b) dan Akuisisi Foto Udara WUNA (c)

Data non spasial diperoleh dengan metode sebagai berikut:

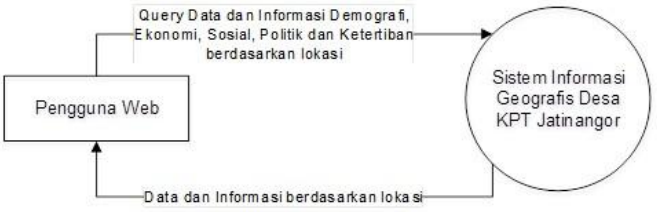
a) Studi literatur untuk memperoleh kajian pustaka yang berkaitan dengan kawasan pendidikan tinggi
b) Pencarian data sekunder di instansi seperti Perguruan Tinggi di KPT Jatinangor, Bappeda Jawa Barat, Bappeda Kabupaten Sumedang, Badan Pusat Statistik (BPS), Kantor Desa dan Kecamatan Jatinangor
c) Survei primer kepada masyarakat setempat untuk memperoleh informasi mengenai berbagai jenis usaha, tingkat kesejahteraan, aktifitas sosial, kondisi politik, dan ketertiban pada masa perkembangan KPT Jatinangor.

2.3 Desain Basisdata dan Aplikasi

Setelah data yang terkumpul telah lengkap dan analisis terhadap kebutuhan telah dilakukan, langkah selanjutnya adalah membangun aplikasi yang dibuat dengan pendesainan. Pendesainan meliputi rancangan sistem, rancangan antar muka, dan rancangan basisdata. Adapun rancangan yang dimaksud adalah seperti berikut.

1. Rancangan Sistem

Gambaran secara umum tentang cara kerja sistem ini dapat dijelaskan melalui diagram konteks. Diagram konteks menggambarkan hubungan antara masukan dan keluaran, hubungan sistem dengan entitas luar dalam perangkat lunak ini.



Gambar 4. Diagram Konteks Sistem

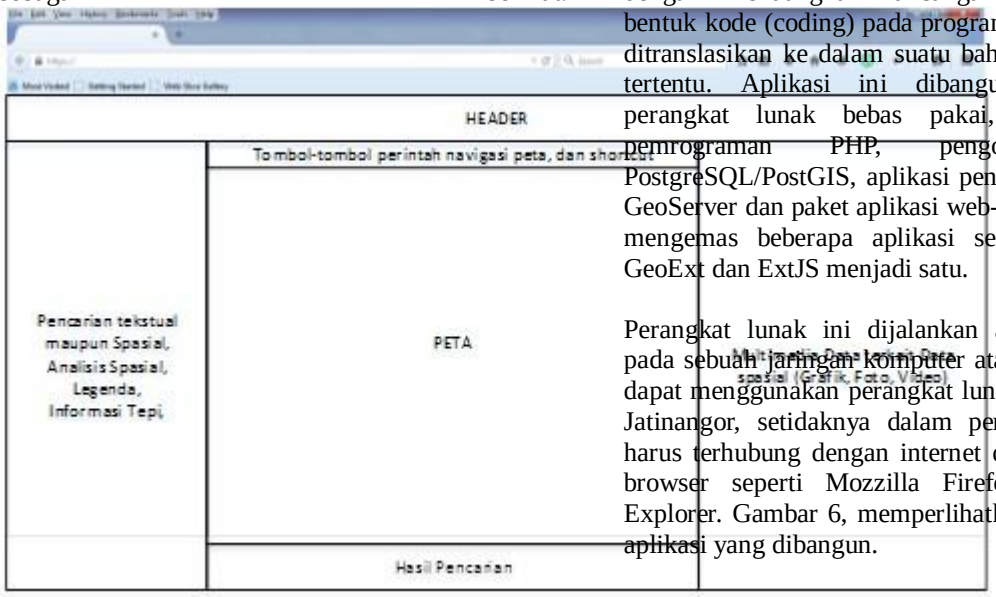
2. Rancangan Basisdata

Perancangan Basisdata adalah proses untuk menentukan isi dan pengaturan data yang dibutuhkan untuk mendukung berbagai rancangan sistem. Berdasarkan rancangan sistem, maka pada tahap ini ditentukan entitas-entitas yang dilibatkan dalam basisdata. Biasanya, dalam SIG, harus ditentukan unit spasial terkecil terlebih dahulu. SIG Desa KPT Jatinangor ini mempunyai unit spasial terkecil adalah persil atau bangunan. Selanjutnya ditentukan juga blok RT dan RW untuk setiap Desa.

Tahap berikutnya adalah menentukan hubungan antar entitas sehingga menghasilkan satu rancangan umum basisdata. Rancangan umum, seperti diagram entitas relasi tingkat tinggi, ditransformasikan (atau didekomposisikan) ke dalam perancangan basisdata rinci untuk sebuah SMBD (Sistem Manajemen Basis Data) tertentu yang digunakan untuk mengimplementasikan sistem.

3. Rancangan Antar Muka

Antarmuka adalah jembatan antara sistem dengan user untuk berinteraksi secara visual untuk mempermudah pengguna memberikan perintah terhadap sistem. Terdapat beberapa layar yang dirancang pada perangkat lunak SIG Desa KPT Jatinangor diantaranya adalah halaman utama sebagai berikut.



Gambar 5. Rancangan Halaman Utama Aplikasi

Pada layar utama ditampilkan 5 panel utama (utara, selatan, barat, timur dan sentral). Panel utama berisi tampilan grafik/logo dan teks sebagai penanda bahwa aplikasi ini adalah hasil program pengabdian masyarakat ITB bekerja sama dengan desa-desa di kecamatan Jatinangor. Panel sentral berisi peta interaktif dan sebagai peta dasar adalah peta foto yang dihasilkan dari proses pemetaan foto udara nir-awak. Navigasi peta (zoom in, zoom out, pan, dll) ditempatkan di bagian atasnya.

Fasilitas pencarian data dan informasi, secara tekstual maupun spasial, yang berkaitan dengan demografi, ekonomi, sosial, politik dan ketertiban per wilayah ada di panel barat. Hasil pencarian ditampilkan pada panel bagian selatan. Selain itu, di panel barat terdapat juga kontrol layer, legenda dan dan fungsi analisis spasial.

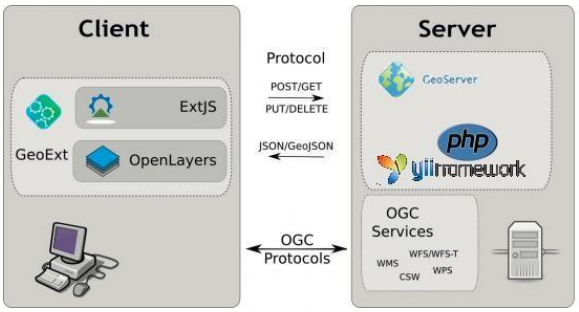
Panel timur menampilkan data, informasi atau hasil analisis dalam bentuk multimedia seperti foto, video maupun grafik. Sedangkan grafiknya ditampilkan dalam bentuk lingkaran (grafik pie), grafik garis atau grafik batang.

Data dan Informasi yang tampil, dibedakan berdasarkan penggunanya. Ada pengguna umum dan pengguna khusus. Pengguna khusus adalah staf kantor desa maupun kecamatan Jatinangor yang perlu autotenfikasi berupa nama pengguna (user id) dan kata kunci (password).

2.4 Implementasi dan Pengujian

Setelah desain aplikasi, selanjutnya adalah mengimplementasikan rancangan sistem yang dibuat dengan menuangkan rancangan tersebut dalam bentuk kode (coding) pada program. Desain tersebut ditranslasikan ke dalam suatu bahasa pemrograman tertentu. Aplikasi ini dibangun menggunakan perangkat lunak bebas pakai, seperti bahasa pemrograman PHP, pengolah basisdata PostgreSQL/PostGIS, aplikasi pengolah data spasial GeoServer dan paket aplikasi web-client Heron yang mengemas beberapa aplikasi seperti Openlayers, GeoExt dan ExtJS menjadi satu.

Perangkat lunak ini dijalankan atau dioperasikan pada sebuah jaringan komputer atau internet. Untuk dapat menggunakan perangkat lunak SIG Desa KPT Jatinangor, setidaknya dalam perangkat komputer harus terhubung dengan internet dan terinstal web-browser seperti Mozzilla Firefox atau Internet Explorer. Gambar 6, memperlihatkan arsitektur dari aplikasi yang dibangun.



Gambar 6. Arsitektur Aplikasi SIG Desa KPT Jatinangor

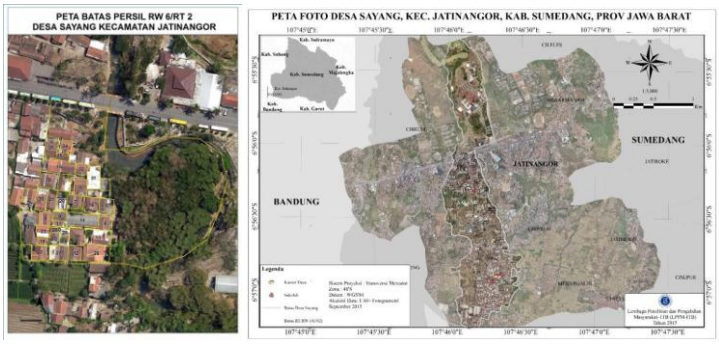
Setelah kode program dibangun dilakukan dengan penyatuan unit-unit program kemudian diuji secara keseluruhan (system testing). Program diuji supaya memastikan bahwa semua kebutuhan dan persoalan dapat diselesaikan dan benar. Proses pengujian fokus pada logika perangkat lunak, memastikan bahwa dari proses input, pemrosesan, hingga output benar dan sesuai dengan yang diinginkan.

3. HASIL-HASIL KEGIATAN

3.1 Data Spasial dan Aplikasi

Desa Cikeruh, Desa Sayang, Desa Mekargalih merupakan Desa di KPT Jatinangor yang telah 100% terpetakan pada kegiatan ini. Desa Jatimulya hanya 60% terpetakan. Secara total luas yang dipetakan adalah 820 Ha. Terdapat perubahan Desa yang dipetakan, berdasarkan permintaan bagian Sosial Kecamatan Jatinangor yang mengutamakan desa-desa tersebut.

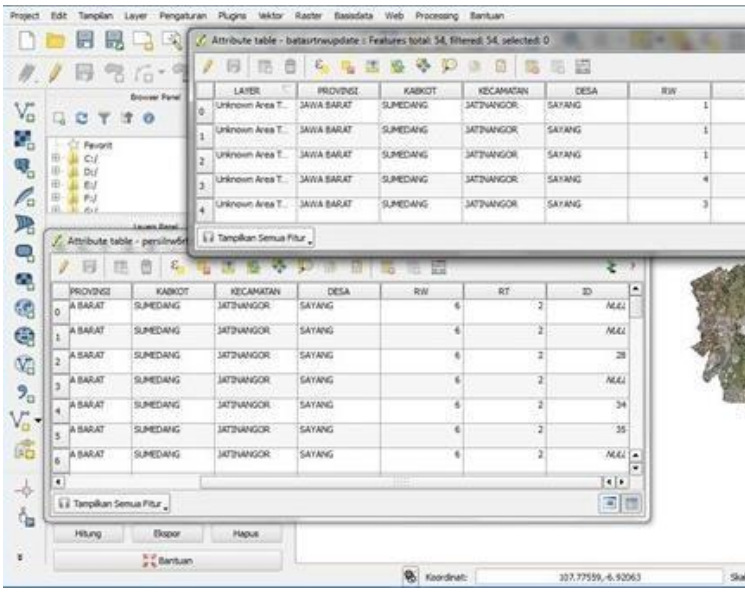
Peta Foto yang dihasilkan mempunyai resolusi spasial 10 cm atau dalam bentuk hardcopy dapat diplot maksimum dengan skala 1:1000. Berdasarkan pada peta foto tersebut dan bantuan dari staf Desa Sayang, maka batas Desa, batas RT/RW, dan persil tanah untuk RW 06 RT 02 di Desa Sayang dengan mudah ditentukan. Data persil tanah beserta bangunannya bisa teridentifikasikan dengan baik dan dihubungkan dengan data PBB (Pajak Bumi dan Bangunan) di Desa.



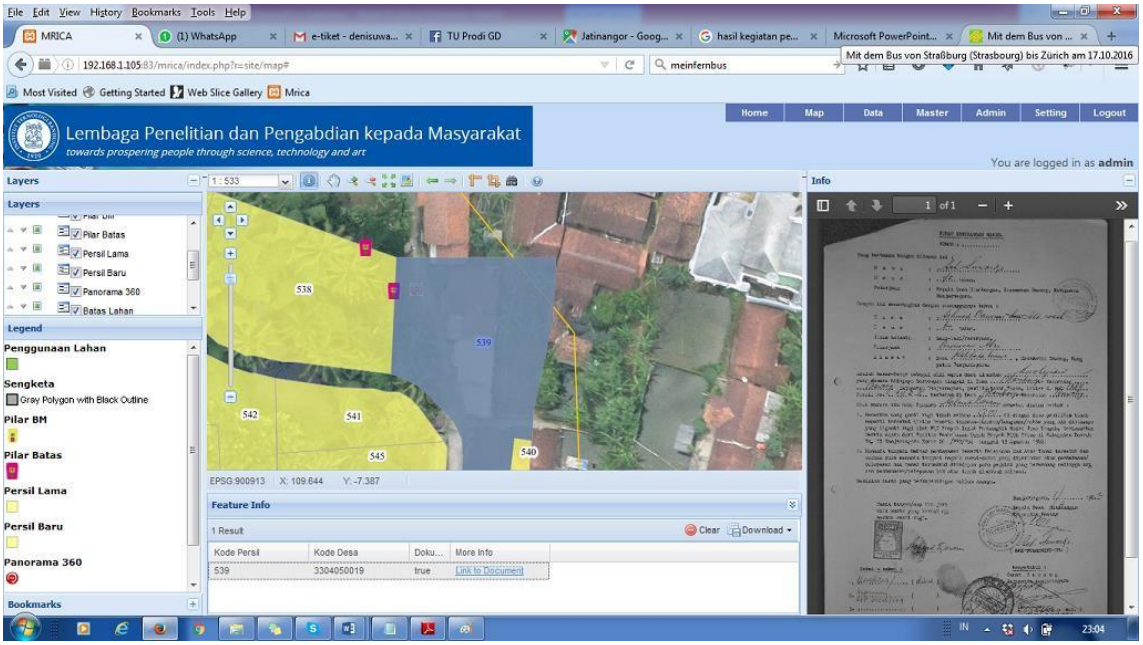
Gambar 7

Pembangunan SIG untuk realisasinya menggunakan aplikasi Desktop QuantumGIS, karena infrastruktur teknologi informasi Desa atau Kecamatan yang terbatas. Sedangkan aplikasi berbasis Web diimplementasikan di salah satu server milik Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis (KK-INSIG).

Aplikasi Sistem Informasi Geografis dengan Basis Data Potensi Desa, dan Pajak Bumi Bangunan setiap persil. khusus untuk data Pajak Bumi dan Bangunan hanya meliputi di RW 06 RT 02 di Desa Sayang sebagai contoh. Untuk selanjutnya diharapkan staf desa bisa menambah dan memperbaharui data secara mandiri.



Gambar 8. Aplikasi Desktop QGIS untuk operasional sehari-hari staf Desa



Gambar 9. Aplikasi Web SIG Desa KPT Jatinangor

3.2 Pelatihan, Operasional dan Pemeliharaan

Supaya sistem yang baru ini dapat berjalan dengan baik, maka diadakan pelatihan tentang konsep dan implementasi SIG Desa KPT Jatinangor. Pelatihan dilaksanakan mulai dari pengambilan data sampai dengan penyajiannya secara umum, dan yang paling penting adalah cara penggunaan secara langsung kepada staf kantor desa dan kecamatan Jatinangor. Mengoperasikan aplikasi di lingkungannya dan melakukan pemeliharaan, seperti penyesuaian atau perubahan karena adaptasi dengan situasi sebenarnya. Pada tahap ini tim LPPM ITB membantu pelaksanaan operasional staf kantor desa atau kecamatan dan melakukan pemeliharaan jika diperlukan.

Monitoring dan Evaluasi akan terus dilakukan, walaupun secara resmi, kegiatan ini berakhir pada November 2015. Diharapkan, pada tahun ke-2 dan ke-3, kegiatan ini dapat diteruskan kembali, dengan melakukan pemetaan ulang, terutama pada wilayah -wilayah yang terindikasi banyak terdapat perubahan maupun yang belum terpetakan pada tahun ini. Sehingga, pada tahun ke-2 dapat dilakukan analisis yang lebih baik lagi, baik spasial maupun non-spasial terkait dengan demografi, ekonomi, sosial, politik dan ketertiban.

4. PENUTUP

Adanya Aplikasi SIG bagi Kecamatan Jatinangor secara umum dan Desa Sayang secara khusus, dapat mendukung pendataan potensi secara lebih detil dengan berbasis data spasial. Bagi Direktorat Kampus ITB Jatinangor mempunyai peta foto dan peta garis terbaru tahun 2015. Proyek Pengabdian ini dapat menjadi percontohan pemetaan topografi dan potensi desa secara cepat.

Permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan ini adalah data sekunder (potensi desa, kartu keluarga, PBB, batas administrasi) yang dimiliki desa tidak lengkap. Selanjutnya, akan lebih baik jika kegiatan ini dilanjutkan pada tahun ke-2 untuk proses monitoring dan evaluasi, dan pemetaan lanjutan untuk melihat perubahan yang terjadi selama kurun waktu 1 tahun serta untuk memetakan desa yang belum terpetakan.

DAFTAR PUSTAKA

Nurjanah dan Imam Buchori, 2012, Pengembangan Sistem Informasi SOsial Ekonomi untuk Menunjang Perencanaan Wilayah Tingkat Propinsi, Jurnal Pembangunan Wilayah dan Kota, Biro Penerbit Planologi Undip, Volume 8(3): 266-276

Huisman, Henk. 1986. Regional and Rural Development Planning Series. Yogyakarta: Faculty of Geography Gadjah Mada University.

BIOGRAFI SINGKAT

Deni Suwardhi, Saptomo Handoro Mertotaroeno, dan Riantini Vitriana adalah staf Pengajar di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatik ITB dan tergabung dalam Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis (KK-INSIG), Fakultas Ilmu dan Teknik Kebumian ITB.
Aminah Kastuari adalah mahasiswa program Doktor di Program Pasca Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatik ITB

Pemodelan Spasial Ketahanan terhadap Bencana Alam Menggunakan *Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC)* di Provinsi Daerah Istimewa Yoyakarta

Febriana Kuscahyadi[a], Irwan Meilano[b], Akhmad Riqqi[c]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika ITB (febriana.kuscahyadi@gmail.com)
[b,] Graduate Research Active Tectonic (GREAT) ITB (irwan.meilano@gmail.com)
[c,] Pusat Infrastruktur Data Spasial (PIDS) ITB (akhmad.riqqi@gmail.com)

ABSTRACT

Special Region of Yogyakarta Province (Daerah Istimewa Yogyakarta) is one of Indonesian regions that often harmed by varied natural disasters which caused huge negative impacts. Earthquakes in May, 27th 2006 with 6.3 magnitude moment (USGS, 2006), evoked 5716 people died, and economic losses for Rp. 29.1 Trillion, (Worldbank, 2007) is the most catastrophic one. The effects can be minimized by committing disaster risk reduction programs. Therefore, it is necessary to measure the natural disaster resilience within a region to recognize the ability of a system to withstand, overcome the impacts of the natural disaster, and also to recover the system to normal condition in short periods. This research tries to measure natural disaster resilience using indicators and methodologies based on Baseline Resilience Indicators for Communities (BRIC) and establish its spatial model using distance analysis in DIY Province. The results are natural disaster resilience index of sub-districts and their visualization as a map. They denoted that the most resilient sub-district is Gedong Tengen in Yogyakarta City with the index value for 3.44 and the least resilience sub-district is Gedang Sari in Gunungkidul Regency with the index value for 1.32. Spatial modeling results a natural disaster resilience map which expose that Yogyakarta City is the most resilient regency, and followed by Sleman, Bantul, Kulonprogo, and Gunungkidul Regency.

***Key words**: disaster resilience, BRIC, spatial modeling, Yogyakarta Province*

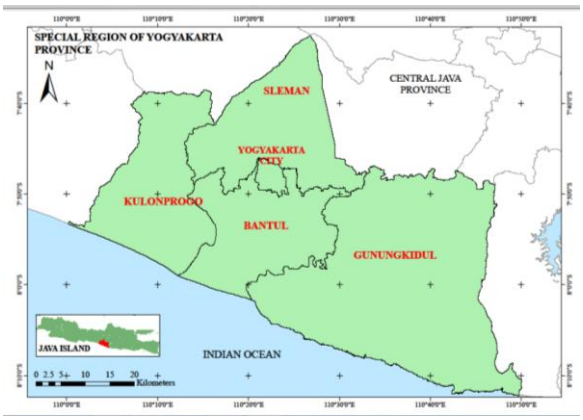
Pendahuluan

Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) merupakan salah satu provinsi di Indonesia yang terletak di bagian tengah Pulau Jawa serta berbatasan langsung dengan Samudera Hindia di bagian selatan dan dikelilingi oleh wilayah Provinsi Jawa Tengah. Berdasarkan unit fisiologis, Provinsi DIY terdiri dari Pegunungan Selatan, Gunung Merapi, dataran rendah antara Pegunungan Selatan dan Pegunungan Kulonprogo, serta Pegunungan Kulonprogo dan dataran rendah selatan (DIY dalam Angka 2015, BPS).

Dengan bentang alam tersebut, bencana alam seperti puting beliung di Kotamadya Yogyakarta, gunung meletus di Kabupaten Sleman, gempa bumi di Kabupaten Bantul, tanah longsor dan banjir di Kabupaten Kulonprogo, serta kekeringan di Gunungkidul telah terjadi pada rentang tahun 2007 hingga 2010 (PODES, 2010). Bencana-bencana tersebut memberikan dampak negatif seperti kematian, kerusakan, dan kerugian ekonomi dalam

jumlah yang signifikan. Salah satu bencana terbesar adalah gempa yang terjadi pada 27 Mei 2006 dengan momen magnitudo 6.3 (USGS, 2006) dan mengakibatkan 5.716 orang meninggal, serta kerugian ekonomi sebesar Rp.29.1 Trilliyun (Worldbank, 2007). Kecamatan Jetis di Kabupaten Bantul mengalami kerusakan terparah dengan 11.356 rusak (Kompas, 2006; Raharjo, et al., 2006). Bencana katastropik lainnya adalah letusan Gunung Merapi pada 26 Oktober 2010 dengan 194 orang meninggal, 360.557 orang mengungsi (BNPB), dan Kecamatan Cangkringan adalah wilayah terdampak terparah (Tribunnews, 2010).

Dengan fakta tersebut maka dibutuhkan persiapan untuk menghadapi bencana alam. Hal tersebut didukung pula oleh Undang-undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana dan Peraturan Pemerintah Nomor 21 Tahun 2008 tentang Implementasi Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana, yang bertujuan untuk menjamin terselenggaranya pelaksanaan penanggulangan bencana, secara terpadu terkoordinasi, dan menyeluruh dalam rangka memberikan perlindungan kepada masyarakat dari ancaman, risiko, dan dampak bencana. Tujuan tersebut dapat dipenuhi, salah satunya dengan upaya program pengurangan risiko bencana sebagai persiapan menghadapi bencana. Dalam rangka mewujudkan program tersebut, maka dipandang perlu untuk melakukan perhitungan ketahanan bencana tiap-tiap wilayah di Indonesia.



Gambar 1. Peta administrasi Provinsi DIY

Ketahanan bencana adalah kemampuan suatu sistem untuk menahan dan mengatasi dampak dari suatu bencana serta memulihkan kembali kondisi sistem tersebut menjadi seperti semula dengan waktu yang cepat, (Cutter et al. 2008 dan Yoon et al. 2013). Penilaian ketahanan bencana suatu wilayah merupakan hal yang penting untuk menunjang rencana pembangunan oleh pemerintah dengan tujuan untuk mengurangi efek dan kerusakan akibat bencana. Semakin sebuah wilayah tahan terhadap bencan, maka korban, kerugian dan kerusakan yang terjadi dapat berkurang serta dapat memulihkan wilayah pasca bencana menjadi seperti kondisi semula dalam waktu yang lebih singkat.

Penelitian sebelumnya Cutter, et al., (2008) telah menyusun sebuah kerangka untuk menghitung ketahanan terhadap bencana alam yang disebut dengan Disaster Resilience of Place (DROP Model). DROP Model terdiri dari metodologi dan indikator yang dinamakan *Baseline Resilience Indicators for Communities* atau BRIC (Cutter et al, 2010) yang telah diaplikasikan di Amerika Serikat bagian tenggara. Hasil dari penelitian tersebut adalah indeks ketahanan bencana berdasarkan wilayah administrasi. Penelitian ini akan mengadopsi BRIC untuk menghitung ketahanan bencana di Provinsi DIY, mengembangkannya menggunakan analisis spasial jarak, serta merepresentasikannya dalam bentuk peta.

Metodologi

BRIC memberikan metodologi dan satu set indikator untuk menghitung karakteristik *baseline* dari sebuah komunitas yaitu kondisi awal suatu komunitas sebelum diimplementasikan berbagai program, kebijakan, dan intervensi yang akan meningkatkan ketahanan bencana. Ketahanan bencana dalam BRIC dikelompokkan menjadi enam komponen yaitu ketahanan sosial, ketahanan ekonomi, ketahanan komunitas, ketahanan institusi, ketahanan infrastruktur, dan ketahanan lingkungan. Pengelompokan tersebut membuat BRIC dapat memberikan perbandingan aspek ketahanan apa yang harus ditingkatkan dengan menghitung sub-indeks (Cutter, et al., 2010).

Komponen pertama, ketahanan sosial menggambarkan mengenai kapasitas sosial dalam sebuah komunitas berdasarkan hubungannya dengan kondisi kependudukan. Komponen kedua, ketahanan ekonomi mengindikasikan kestabilan ekonomi. Komponen ketiga, ketahanan komunitas menggambarkan mengenai hubungan antar individu, ketetanggaan, dan komunitas dengan tiga kata kunci utama yaitu kesadaran berkomunitas, kecintaan terhadap tempat tinggal, dan partisipasi terhadap negara. Komponen keempat. ketahanan institusional mengindikasikan persentase keseleamatan populasi dari sistem peringatan dini bencana dan jumlah kantor pemerintahan. Komponen kelima, ketahanan infrastruktur adalah penilaian terhadap respon komunitas dan kapasitas pemulihan yang ditunjukkan dengan variabel seperti penampungan, fasilitas kesehatan, akses jalan, dan sebagainya (Cutter et al., 2010). Komponen terakhir, ketahanan lingkungan berfokus kepada risiko dan keterpaparan biofisik, ada atau tidaknya sumber daya pelindung (Burton, 2012).

Penelitian ini menggunakan data statistik kependudukan sebagai indikator untuk menghitung ketahanan bencana. Indikator tersebut merujuk pada BRIC yang telah diadaptasi dengan kondisi Asia Tenggara (Cutter, 2015). Masing-masing indikator akan memiliki efek terhadap ketahanan bencana berupa efek positif atau efek negatif. Efek negatif menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai indikator tersebut, maka akan menurunkan level ketahanan bencana, begitu pula sebaliknya. Data statistik kependudukan yang digunakan adalah data pada tingkat kecamatan yaitu sejumlah 77 kecamatan tanpa data Kecamatan Bambang Lipuro di Kabupaten Bantul.

Penelitian ini menggunakan indeks untuk menghitung ketahanan bencana. Penghitungan indeks dilakukan dengan beberapa tahapan (Freundenberg 2003; Nardo et al., 2008; Cutter, et al., 2010). Tahap pertama adalah menentukan kerangka dasar untuk melakukan pemilihan variabel, pembobotan, dan penjumlahan. Tahap kedua adalah mengidentifikasi indikator yang tepat sesuai dengan konsep dasar. Tahap ketiga adalah melakukan standarisasi data. Tahap selanjutnya adalah melakukan uji reliabilitas menggunakan internal konsistensi Cronbach Alpha dengan $\alpha > 0.7$ sebagai batas penerimaan. Kemudian normalisasi data dilakukan untuk membuat data memiliki rentang nilai 1 dan 0. Tahap kelima adalah menghitung sub-indeks dengan cara merata-ratakan nilai di setiap komponen. Dan tahap terakhir adalah menghitung indeks ketahanan bencana dengan cara menjumlahkan keenam sub-indeks.

Selanjutnya, penelitian ini mengembangkan perhitungan BRIC dengan membuat pemodelan spasial ketahanan bencana berdasarkan analisis jarak dengan menggunakan data spasial distribusi fasilitas. Analisis jarak menggunakan asumsi bahwa semakin dekat suatu wilayah dengan objek fasilitas maka wilayah tersebut menjadi lebih tahan terhadap bencana. Analisis spasial buffer dan metode *scoring* digunakan untuk memfasilitasi asumsi tersebut. Terdapat 7 jenis fasilitas yang digunakan yang ditunjukkan pada Tabel 1. Masing-masing tipe fasilitas diberikan bobot radius yang berbeda dan mendefinisikan tiga level zona ketahanan. Kemudian data indikator BRIC sebelumnya yang telah

dinormalisasi dikombinasikan dengan skor hasil analisis spasial.

Tabel 1. Bobot Radius

Distribusi Objek Fasilitas	Radius (km)		
	Ketahanan Tinggi	**Ketahanan Sedang**	**Ketahanan Rendah**
Kesehatan	< 1.25	1.25 – 3.75	> 3.75
Pendidikan	< 0.50	0.50 – 2.50	> 2.50
Kantor Pemerintahan	< 1.25	1.25 – 3.75	> 3.75
Tempat Ibadah	< 0.50	0.50 – 2.50	> 2.50
Tempat Perbelanjaan	< 2.50	2.50 – 5.00	> 5.00
Kantor Polisi	< 1.25	1.25 – 3.75	> 3.75
Jalan	< 0.50	0.50 – 2.50	> 2.50

Hasil dan Pembahasan

Hasil akhir dari perhitungan ini adalah indeks ketahanan bencana alam 77 kecamatan di Provinsi DIY (dengan Bambanglipuro sebagai pengecualian karena ketersediaan data spasial yang terbatas). Nilai sub-indeks memberikan perbandingan komponen manakah yang berpengaruh besar terhadap ketahanan bencana.

Hasil menunjukkan pola urban-rural pada peta ketahanan sosial, ketahanan ekonomi, ketahanan infrastruktur, dan ketahanan lingkungan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa daerah urban memiliki ketahanan yang lebih tinggi karena memiliki kapasitas sosial, stabilitas ekonomi, respon masyarakat, kapasitas pemulihan infrastruktur, dan bidang lingkungan yang lebih baik dibandingkan dengan daerah rural. Sementara itu, peta ketahanan komunitas dan ketahanan institusi menunjukkan pola yang berbeda.

Jumlah dari nilai sub-indeks adalah indeks ketahanan bencana. Kecamatan dengan indeks ketahanan bencana tertinggi adalah Gedong Tengen di Kota Yogyakarta sebesar 3,44 dan kecamatan dengan indeks ketahanan bencana terendah adalah Gedang Sari di Kabupaten Gunungkidul sebesar 1.32. Diurutkan berdasarkan Kabupaten, Kota Yogyakarta memiliki ketahanan bencana tertinggi, diikuti oleh Sleman, Bantul, Kulonprogo, dan Gunungkidul.

Hasil peta membuktikan bahwa terdapat variasi spasial ketahanan bencana alam di Provinsi DIY. Kelas ketahanan tinggi hanya terdapat di Kotamadya Yogyakarta sementara indeks tertinggi terletak di Kecamatan Gedong Tengen. Gedong Tengen memiliki nilai sub-indeks ketahanan ekonomi tertinggi karena di wilayah tersebut terdapat Stasiun Kereta Api Tugu, pusat perbelanjaan dan situs kuliner di Jalan Malioboro, Pasar Beringharjo sebagai pasar tradisional terbesar di Provinsi DIY, dan 108 hotel. Selain Gedong Tengen yang merupakan kecamatan dengan indeks tertinggi, 8 kecamatan lainnya di Kota Yogyakarta dikategorikan ke dalam kelas ketahanan tinggi dan 5 kecamatan lainnya dikategorikan ke dalam kelas *high moderate*. Fakta-fakta ini menunjukkan bahwa Yogyakarta adalah kota yang paling tahan terhadap bencana alam di Daerah Istimewa Provinsi Yogyakarta.

Ketahanan bencana alam di Kabupaten Sleman bervariasi dari kelas *high moderate* ke kelas rendah. Hasil peta menunjukkan bahwa kelas *high moderate* yang ditampilkan di Sleman hanya terletak di Depok yang merupakan kecamatan dengan indeks tertinggi di Kabupaten tersebut yaitu sebesar 2,53. Hal tersebut dikarenakan Depok memiliki sub-indeks ketahanan sosial tertinggi. Satu-satunya kelas rendah ditunjukkan di Sleman bagian barat tepatnya berada di Tempel, yang merupakan kecamatan dengan indeks terendah di Sleman sebesar 1,67, Hal tersebut dikarenakan Tempel memiliki sub-indeks ketahanan komunitas terendah. Empat kecamatan dikategorikan ke kelas menengah rendah dan sisanya mendominasi Sleman dengan kelas menengah. Sleman adalah kabupaten dengan indeks ketahanan bencana alam tertinggi kedua.

Ketahanan terhadap bencana alam di Kabupaten Bantul beragam dari kelas sedang hingga rendah. Hasil peta memperlihatkan bahwa Bantul didominasi oleh kelas menengah, dan salah satunya adalah sebagai indeks tertinggi sebesar 2.33 yaitu Kecamatan Banguntapan karena letaknya paling dekat dengan Kota Yogyakarta. Satu-satunya kelas rendah ditunjukkan di Bantul bagian timur tepatnya berada di Imogiri yang merupakan kecamatan dengan indeks terendah di Bantul karena memiliki ketahanan insititusi terendah. Kemudian, tiga kecamatan lainnya dikategorikan ke kelas menengah rendah.

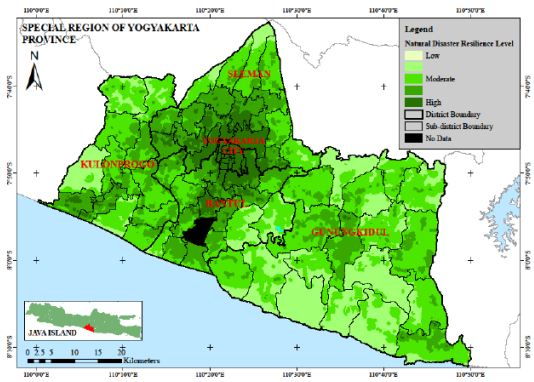
Ketahanan terhadap bencana alam di Kabupaten Kulonprogo mirip dengan Kabupaten Bantul yang bervariasi dari kelas rendah dan didominasi oleh kelas menengah. Indeks tertinggi terletak di Wates sebesar 2.21 karena kecamatan tersebut merupakan ibukota kabupaten, sementara, indeks terendah terletak di Kokap sebesar 1,66, dan indeks rendah lainnya adalah Panjatan yaitu sebesar 1.70. Kulonprogo memiliki peringkat indeks ketahanan bencana alam keempat di Provinsi DIY.

Ketahanan terhadap bencana alam di Kabupaten Gunungkidul bervariasi dari kelas sedang hingga kelas rendah. Hasil visualisasi peta menampilkan Gunungkidul yang didominasi oleh kelas *moderate low* dan salah satunya adalah sebagai indeks tertinggi yaitu sebesar 2,29, yang terletak di Girisubo dan Wonosari karena sebagai ibukota kabupaten. Indeks terendah terletak di Gedang Sari yang juga sebagai indeks terendah di Provinsi DIY yaitu dengan indeks sebesar 1,32.

Hasil penelitian menunjukkan faktor yang dapat membedakan antara ketahanan bencana di daerah urban dan rural. Di daerah urban, seperti kecamatan di Kota Yogyakarta dan Sleman, sub-indeks sosial memiliki nilai tertinggi di antara indikator komponen lain dan indikator yang paling berpengaruh adalah persentase penduduk berusia lebih dari 5 tahun yang tidak berbahasa Indonesia. Ini menunjukkan bahwa faktor komunikasi memberikan peran penting pada ketahanan bencana alam di Daerah Istimewa Yogyakarta. Sementara itu, di daerah pedesaan,

seperti kecamatan di Kabupaten Gunungkidul, sub-indeks komunitas memiliki nilai tertinggi di antara indikator komponen lain dan indikator yang paling berpengaruh adalah persentase penduduk terdaftar sebagai pemilih pada Pilpres 2014. Ini menunjukkan bahwa faktor kepercayaan terhadap pemerintahan atau partisipasi masyarakat memberikan peran penting pada ketahanan bencana alam kasus ini.

Hasil akhir dari pemodelan spasial ketahanan bencana alam membuktikan bahwa terdapat variasi spasial ketahanan bencana alam yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta. Selain itu, hasil pemodelan ini menampilkan detail yang lebih baik dari peta bencana alam berdasarkan BRIC pada peta sebelumnya. Hasil pemodelan menunjukkan bahwa wilayah di Kota Yogyakarta dan sekitarnya yang termasuk ke dalam Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul memiliki tingkat ketahanan bencana alam yang lebih tinggi daripada yang lain. Model ini menunjukkan bahwa seluruh wilayah Kota Yogyakarta diklasifikasikan menjadi kelas tinggi yang menandakan bahwa Kota Yogyakarta, sebagai ibukota Provinsi DIY, memiliki fasilitas lebih banyak meskipun luas daerahnya kecil.



Gambar 2. Peta ketahanan bencana berdasarkan analisis jarak

Kabupaten Sleman memiliki klasifikasi ketahanan bencana alam dari tinggi ke *moderate low* dan didominasi oleh *high moderate*. Pola urban-rural dan bias utara-selatan terlihat dalam model ini. Wilayah Sleman yang dekat dengan Kota Yogyakarta memiliki ketahanan yang lebih baik. Seperti juga daerah yang jauh dari utara, di mana Gunung Merapi berada, tingkat ketahanan bencana alam akan meningkat juga. Pola yang sama juga terjadi di Kabupaten Bantul. Daerah yang lebih dekat dengan Kota Yogyakarta, tingkat ketahanan bencananya akan lebih tinggi. Tapi, bias selatan-utara tidak terjadi Bantul yang menunjukkan daerah pesisir di Bantul memiliki ketahanan *high moderate* hingga *moderate*. Sama seperti Sleman, Bantul didominasi oleh kelas *high moderate*. Sementara untuk Kabupaten Kulonprogo yang tidak berbatasan langsung dengan Kota Yogyakarta, tingkat ketahanan bencana alamnya hanya dari *high moderate* ke rendah dan didominasi oleh tingkat *moderate*. Beberapa daerah di bagian barat daya diklasifikasikan ke dalam kelas ketahanan tinggi. zona yang terletak di kecamatan Temon dan Wates yang dilalui oleh jalan antar-provinsi utama yang menuju ke Purworejo di Provinsi Jawa Tengah. Selain itu, Temon memiliki banyak wisata pantai dan Wates sebagai wilayah ibukota Kabupaten Kulonprogo. Dan terakhir, Kabupaten Gunungkidul memiliki berbagai tingkat ketahanan bencana alam dari high moderate sampai rendah dan didominasi oleh tingkat low moderate. Pola urban-rural dan terbukti dalam model ini karena wilayah ibukota Gunungkidul, Wonosari, memiliki tingkat yang lebih tinggi daripada yang lain. Sementara, daerah pesisir diklasifikasikan menjadi kelas moderat rendah karena kurangnya fasilitas dan tidak ada obyek wisata yang dapat mengembangkan daerah.

Secara keseluruhan, hasil model ini memiliki pola urban-rural. Hal ini sama dengan pola yang ditunjukkan oleh bencana alam peta ketahanan berdasarkan BRIC sebelumnya, daerah urban lebih tahan dari daerah rural.

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan, hasil, dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Ketahanan bencana dapat diukur dengan menggunakan metodologi dan indicator beradsarkan BRIC. Indikator yang digunakan terdiri dari enam komponen yaitu ketahanan sosial, ketahanan ekonomi, ketahanan komunitas, ketahanan institusi, ketahanan infrastruktur, dan ketahanan lingkungan. Hasil yang diperoleh adalah berupa indeks ketahanan bencana dari 77 kecamatan di Provinsi DIY. Indeks ketahanan bencana tertinggi adalah Gedong Tengen di Kotamadya Yogyakarta sebesar 3.44 dan indeks ketahanan bencana terendah adalah Gedang Sari di Kabupaten Gunungkidul sebesar 1.32. Peta ketahanan bencana yang dihasilkan menunjukkan adanya pola urban-rural dimana daerah rural memiliki tingkat ketahanan bencana yang lebih baik dibandingkan daerah rural.
2. Pemodelan spasial ketahanan bencana alam dapat dilakukan dengan menggunakan spasial analisis. Model dibuat berdasarkan analisis jarak dengan data spasial distribusi objek fasilitas. Hasil yang diperoleh adalah peta ketahanan bencana yang memberikan pola yang sama dengan peta ketahanan bencana berdasarkan BRIC yaitu pola urban-rural.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada peneliti dan staff dari GREAT ITB, PPMB (Pusat Penelitian Mitigasi Bencana) ITB, dan PIDS ITB yang telah memberikan banyak masukan dalam pembuatan dan pengembangan penelitian ini.

Daftar Pustaka

BAPPENAS and BAPPEDA. (2006). "Preliminary Damages and Loss Assessment Yogyakarta and Central Java Natural Disaster." A Joint Report from BAPPENAS, BAPPEDA, and international partners.

Burton, Christopher G. (2012). "The Development of Metrics for Community Resilience to Natural Disasters." (Doctoral dissertation, University of South Carolina).

Cutter, S. L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., & Webb, J. (2008). "A Place-Based Model for Understanding Community Resilience to Natural Disasters." Global environmental change 18(4), 598-606.

Cutter, S. L., Burton, C. G., & Emrich, C. T. (2010). "Natural Disaster Resilience Indicators for Benchmarking Baseline Conditions." Journal of Homeland Security and Emergency Management, 7(1).

Cutter, Susan. (2015). "Potential ERIA Resilience Baseline Indicators for Cities." Compilation based on meeting on September 2015 in Tokyo.

Daerah Istimewa Yogyakarta in Figures 2015. (2015). BPS Catalogue. Division of Integrated Data Processing and Statistical Dissemination. BPS, Statistics of D.I. Yogyakarta Province.

Raharjo, F., Arfiadi, Y., Lisantono, A., Wibowo, N. (2006). *Pelajaran Dari Gempa Bumi Yogyakarta 27 Mei 2006*. Civil Engineering Study Program, Universitas Atma Jaya.

Yoon, Dong Keun. & Kang, Jung Eun. (2013). "A Measurement of Community Disaster Resilience in Korea." School of Urban and Environmental Engineering, Ulsan National Institute of Science and Technology.

Pengaruh Perbaikan Kualitas Foto Terhadap Ketelitian Hasil Fotogrametri – Wahana Udara Nir Awak

Kandhila Nuriza Primaswari[1*], Deni Suwardhi[2], Andri Hernandi[3]

[1]Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Bandung (kandhila.nuriza@gmail.com)
[2]Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung, Bandung (deni@gd.itb.ac.id)
[3]Kelompok Keahlian Surveying dan Kadaster, Institut Teknologi Bandung, Bandung (andi@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

Aerial photography using UAV (Unmanned Aerial Vehicle) is a mapping technology that promote efficiency of time and implemetation cost. UAV-photogrammetry is supported by the use of non-metric camera is practical but it has lower stability than metric camera. This condition lead to a decrease in image quality of UAV-photogrammetry. The aim of this research is see comparison between original data set and enhanced data set on UAV-photogrammetry that potentially generate blur images due to camera shake. Because of blur, the process of features detection and image matching are difficult. In this research, the applied method is controlled experiment by doing detection process and deblurring process. In a controlled experiment, the object of the experiment were given certain treatments and there is control variabel. From the result of this experiment, enhanced data set have better accuracy than original data set.

Key word: UAV-photogrammetry, blur, image enhancement

1. Pendahuluan

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)-fotogrametri merupakan metode pengukuran fotogrametri yang dioperasikan secara jarak jauh, semi otomatis atau otomatis tanpa pilot duduk di wahana (Eisenbeiß, 2009). Jika dibandingkan dengan wahana pesawat tradisional, UAV-fotogrametri menurunkan biaya operasional dan mengurangi risiko pada lingkungan yang ekstrem, dengan tetap mempertahankan akurasi (Remondino, dkk., 2011). Foto hasil pemotretan dengan UAV juga efisien dalam hal biaya dan banyak diaplikasikan, terutama deteksi perubahan di daerah skala kecil (Sieberth, dkk., 2014) Akan tetapi, penggunaan UAV-fotogrametri dengan kamera digital untuk pemetaan dan fotogrametri memiliki masalah yang harus dihadapi, seperti tidak adanya stabilisasi kamera yang berpotensi menghasilkan foto miring akibat pengaruh angin dan ketidakstabilan wahana (Grenzdörffer, dkk., 2008).

Blur, bentuk penurunan kualitas foto, menjadi masalah kronis yang harus dihadapi oleh pengguna data sehingga diperlukan pemulihan gambar (*image restoration*). *Blur* dapat diklasifikasikan menjadi dua berdasarkan jenisnya, yaitu *out-of-focus blur* karena fenomena ketidakfokusan pada sistem optis serta *motion blur* akibat pergerakan relatif antara objek dan kamera (Qu, dkk., 2006). Pada penelitian ini akan dibahas mengenai *motion blur* sebagai masalah yang sering muncul pada pemotretan menggunakan UAV.

Dalam UAV-fotogrametri, *blur* akibat *camera shake* paling sering ditemui. *Camera shake* adalah kondisi kamera yang tidak stabil sehingga menyebabkan foto *blur*. Karena UAV

dibuat dengan material dan struktur yang lebih sederhana dibandingkan pesawat berawak, kamera yang digunakan adalah kamera non-metrik berupa kamera digital. Maraknya penggunaan kamera digital membuat *camera shake* semakin sering terjadi, terutama saat digemarinya bentuk kamera yang kecil, beresolusi tinggi, dan ringan sehingga kamera menjadi semakin tidak stabil (Fergus, dkk., 2006). Contoh gambar *blur* akibat pergerakan kamera ditunjukkan pada **Gambar 1**.



Gambar 1 Foto blur akibat pergerakan kamera (Fergus, dkk., 2006)

Penurunan kualitas karena *blur* dapat disebabkan oleh pergerakan wahana dan getaran kamera akibat motor wahana. Letak motor penggerak UAV yang cukup dekat dengan kamera memicu getaran kamera. Selain itu, wahana yang terbuat dari material ringan membuat kamera rentan akan goncangan saat pengambilan gambar. Angin merupakan penyebab utama goncangan tersebut, selain disebabkan oleh turbulensi dan kendali operator.

UAV-fotogrametri yang memiliki banyak kelebihan dalam pemetaan dengan foto udara masih terkendala dengan adanya *motion blur* pada foto. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dikaji lebih dalam mengenai pengaruh foto *blur* terhadap kualitas geometri hasil citra fotogrametri.

2. Area Studi dan Data

2.1. Area Studi

Daerah yang menjadi objek penelitian adalah daerah Cibubur, Jakarta Timur. Wahana yang digunakan adalah wahana tanpa awak (UAV) tipe helikopter dengan dilengkapi kamera non-metrik lensa tetap.

2.2. Data

Data yang digunakan untuk penelitian ini adalah data untuk kalibrasi kamera di Cibubur. Data kalibrasi di daerah Cibubur diambil dengan menggunakan UAV model helikopter yang ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3 *Unmanned Aerial Vehicle* jenis helikopter untuk pemotretan daerah Cibubur

Kamera yang digunakan untuk penelitian ini adalah kamera non metrik. Kamera non-metrik didefinisikan sebagai kamera yang tidak didesain khusus untuk tujuan fotogrametri (Karara, 1980). Kamera ini tidak disertai sertifikat kalibrasi karena dirancang untuk tujuan fotografi. Orientasi bagian dalam kamera non-metrik tidak diketahui serta memiliki ketidakstabilan yang tinggi. Kamera digital termasuk dalam kategori kamera non-metrik. Karena materialnya yang lebih ringan serta bentuk yang kecil, kamera digital non-metrik digunakan pada UAV-fotogrametri.

Spesifikasi kamera merek Sony Nex-7 yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada **Tabel 1.**

Tabel 1 Spesifikasi kamera Sony Nex-7

Panjang *Focal*	20 mm
Ukuran piksel x	3.9 mikron
Ukuran piksel y	3.9 mikron
Kolom	6000 piksel
Baris	4000 piksel
Lebar CMOS	23.4 mm
Tinggi CMOS	15.6 mm

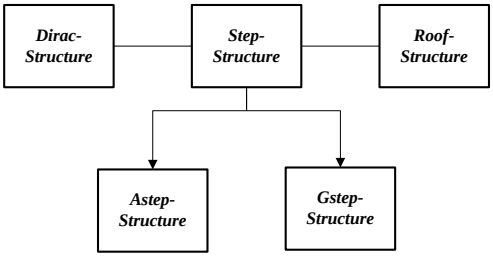
Penggunaan teknik UAV-fotogrametri berpotensi menghasilkan *blur* akibat ketidakstabilan. Pada dasarnya, terdapat dua tipe *blur,* yaitu *blur* optik dan *motion blur*. Sistem optik kamera dapat menyebabkan timbulnya *blur* yang disebut *blur* optik. *Motion blur* adalah jenis *blur* yang paling sering terjadi pada data UAV-fotogrametri. Tidak seperti *blur* optik yang dapat dikurangi dengan metode memfokuskan pada objek secara otomatis, *motion blur* tidak dapat dihilangkan dengan metode tersebut. *Blur* ini mengganggu proses analisis visual dan interpretasi data, menyebabkan kesalahan serta mengurangi akurasi pada algoritma pengolahan fotogrametri secara otomatis (Sieberth, dkk., 2014).

3. Metode

3.1. Algoritma HWT (Harr *Wavelet Transform*) Untuk Deteksi Tepi

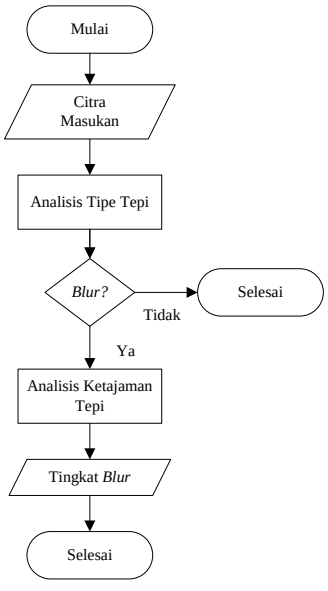
Salah satu metode deteksi *blur* yang diterapkan adalah metode analisis keganjilan multi skala yang menggunakan transformasi *wavelet*. Transformasi ini menghasilkan koefisien secara tepat (presisi) pada gambar yang intensitasnya bervariasi secara lokal. Transformasi *wavelet* diaplikasikan untuk karakterisasi tepian *blur* menggunakan analisis multi resolusi (Kerouh & Serir, 2011).

Pada deteksi *blur* transformasi *wavelet* Harr, gambar-gambar dianalisis tipe tepi untuk mendeteksi keberadaan *blur* pada gambar dan menentukan tingkat *blur* dengan analisis ketajaman tepi. Transformasi *wavelet* Harr memiliki kelebihan dalam melakukan diferensiasi tiap tepi dan juga memperbaiki ketajaman gambar *blur*. Oleh karena itu metode ini cocok digunakan untuk jenis *blur* akibat ketidakfokusan lensa serta *blur* akibat pergerakan linear. **Gambar 4** menunjukkan tipe tepi pada foto natural.



Gambar 4 Diagram tipe tepi (Tong, dkk., 2004)

Pada umumnya, gambar asli tanpa *blur* memiliki keseluruhan tipe tepi, ditambah dengan *Roof-structure* dan *Gstep-structure* yang tajam. Ketika gambar menjadi *blur* disebabkan ketidakfokusan kamera dan pergerakan linear, baik *Dirac-structure* dan *Astepstructure* akan menghilang. Sementara itu, *Gstep-structure* dan *Roof-structure* kehilangan ketajamannya. Pada proses pendeteksian *blur*, gambar kabur akan dianalisis keberadaan *Dirac-structure* dan *Astep-structure* sementara *Gstep-structure* dan *Roof-structure* digunakan untuk menentukan tingkat kekaburan gambar. Skema pendeteksian *blur* ditunjukan oleh **Gambar 5**



Gambar 5 Diagram alir deteksi tepi dengan HWT (Tong, dkk., 2004)

Pada transformasi *wavelet*, langkah awal yang dilakukan adalah menganalisis sinyal menggunakan *wavelet* dengan memperkirakan fungsi dari sampel. Hasil yang diperoleh berupa fungsi baru $\tilde{f}$ yang merupakan pendekatan fungsi sampel *f*. HWT menjelaskan fungsi pendekatan $\tilde{f}$ dengan mengganti sepasang langkah yang berdekatan oleh satu langkah yang lebih lebar dan satu *wavelet*. Langkah yang lebih lebar ini mengukur perbedaan antara beberapa pasang langkah awal. Model untuk HWT ditunjukkan pada persamaan (1) (Nievergelt, 1999).

$$s_0 \cdot \varphi_{\left[0,\frac{1}{2}\right[} + s_1 \cdot \varphi_{\left[\frac{1}{2},1\right[} = \tilde{f} = \frac{s_0 + s_1}{2} \cdot \varphi_{[0,1[} + \frac{s_0 - s_1}{2} \cdot \psi_{[0,1[}$$

Dua nilai sampel s_0 dan s_1 merupakan nilai (amplitudo, tinggi) dari fungsi $\tilde{f}$ pada r_0 dan r_1. Hasil dari transformasi tersebut sebagai berikut.

1. Operasi $\frac{s_0 + s_1}{2}$ yang mewakili rata-rata dari fungsi $\tilde{f}$,
2. Operasi $\frac{s_0 - s_1}{2}$ yang mewakili perubahan fungsi $\tilde{f}$.

(Nievergelt, 1999)

Transformasi *wavelet* dikenal akan kemampuannya dalam analisis multi-resolusi (Tong, dkk., 2004). HWT diaplikasikan dengan berbagai tingkat dekomposisi. Dekomposisi untuk deteksi *blur* diterapkan pada tingkat 3.

Pada pengolahan citra, langkah yang harus dilakukan adalah membentuk e*dge map* (*Emap*) untuk tiap-tiap skala yang ditunjukkan oleh persamaan (2) (Tong, dkk., 2004).

$$Emap_i(k,l) = \sqrt{LH_i^2 + HL_i^2 + HH_i^2} \qquad (2)$$

Langkah berikutnya, membagi-bagi *Emap* dan menentukan *local maxima* untuk tiap jendela. Ukuran dari jendela adalah pada skala tertinggi, yaitu 2 x 2, untuk skala yang lebih kasar sebesar 4 x 4, dan yang paling kasar berukuran 8 x 8. Pada algoritma ini, $Emax_i$ merepresentasikan intensitas tepi. Semakin besar nilai $Emax_i$, semakin besar intensitas tepi. Apabila diberi pembatasan (*threshold*), maka pada kondisi $Emax_i(k,l) > threshold$, (*k*,*l*) didefinisikan sebagai tepi.

Penerapan HWT pada citra diikuti oleh lima aturan berikut (Tong, dkk., 2004):

Peraturan 1: jika $Emax_1(k,l) > threshold$ atau $Emax_2(k,l) > threshold$ atau $Emax_3(k,l) > threshold$, (*k*, *l*) adalah titik tepi.

Peraturan 2: Untuk beberapa titik tepi (*k*, *l*), jika $Emax_1(k,l) > Emax_2(k,l) > Emax_3(k,l)$, (*k*, *l*) adalah *Dirac-structure* atau *Astep-structure*.

Peraturan 3: Untuk beberapa titik tepi (*k*, *l*), jika $Emax_1(k,l) < Emax_2(k,l) < Emax_3(k,l)$, (*k*, *l*) adalah *Roof-structure* atau *Gstep-structure*.

Peraturan 4: Untuk beberapa titik tepi (*k*, *l*), jika $Emax_2(k,l) > Emax_1(k,l)$ dan $Emax_2(k,l) > Emax_3(k,l)$, (*k*, *l*) adalah *Roof-structure*.

Peraturan 5: Untuk beberapa titik tepi *Gstep-structure* atau *Roof-structure*, jika $Emax_1(k,l) > threshold$, (*k*, *l*) cenderung gambar kabur.

Berdasarkan lima peraturan berikut, maka perhitungan tingkat *blur* ditunjukkan pada persamaan (3).

$$Blur\ extent = \frac{N_{brg}}{N_{rg}} \qquad (3)$$

N_{rg} mewakili jumlah seluruh titik tepi *Roof-structure* dan *Gstep-structure* dan N_{brg} adalah total titik tepi *Roof-structure* dan *Gstep-structure* yang telah kehilangan ketajamannya.

Pada praktiknya, *threshold* diatur pada nilai intensitas 35. Hal ini disebabkan kemampuan mata manusia tidak dapat melihat pada intensitas dibawah 30.

3.2. Perbaikan Citra untuk Menghilangkan *Blur*

Umumnya, parameter *blur kernel* tidak diketahui sehingga diperlukan estimasi besarnya ukuran kernel. Ukuran *kernel* mempengaruhi dalam proses penghilangan *blur*. *Blur* yang kecil akan sulit dihilangkan dengan *kernel* yang besar (Fergus, dkk., 2006). Oleh karena itu, perlu pendekatan yang tepat dalam menentukan ukuran *kernel*.

Setiap nilai yang tersimpan dalam *kernel*, secara langsung berhubungan dengan hasil dari pengaplikasian *filter*. Oleh karena itu, *filter* dikarakterisasikan oleh matriks *kernel*-nya.

Konvolusi dan dekonvolusi merupakan operasi matematis yang biasanya digunakan pada pengolahan citra. Pada konsep matematis, konvolusi merujuk pada pembobotan rata-rata berkesinambungan dari suatu fungsi terhadap fungsi lainnya yang efektif dalam menyelesaikan persamaan diferensial dan integral (Nievergelt, 1999). Pada konvolusi, operasi dari dua matriks akan menghasilkan matriks baru. Konvolusi dua fungsi didefinisikan pada persamaan (4) (Nievergelt, 1999).

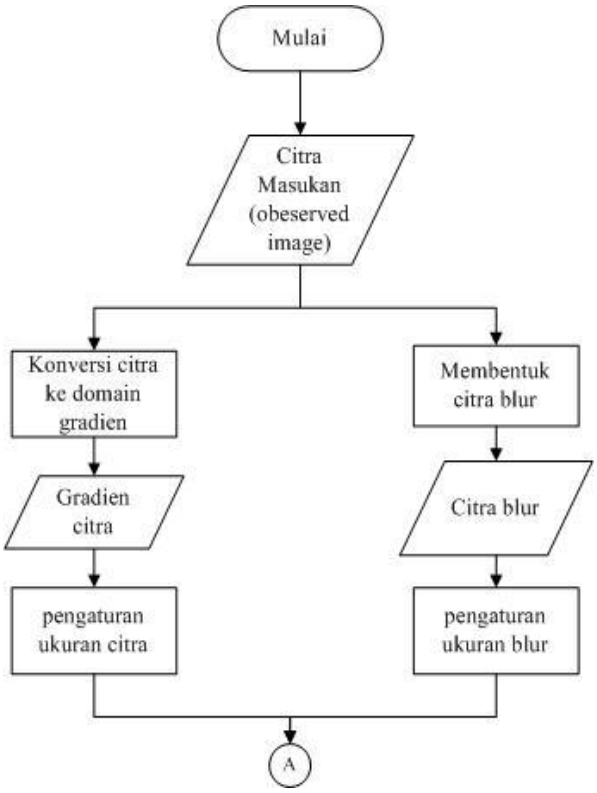
$$h(x) = f(x) \times g(x) = \int_{-\infty}^{\infty} f(a)\ g(x-a)\ da \quad (4)$$

Dalam kaitannya dengan konvolusi, algoritma foto *blur* ditunjukkan pada persamaan (5) (Fergus, dkk., 2006).

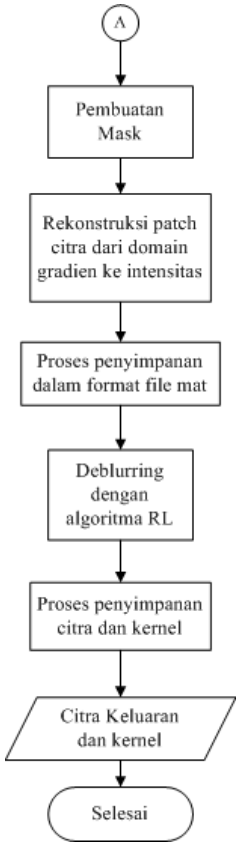
$$B = K \otimes L + N \quad (5)$$

Untuk memulihkan foto dari *blur*, parameter yang dibutuhkan adalah *kernel* hasil estimasi yang kemudian diaplikasikan pada metode dekonvolusi. Foto *blur* (*B*) didapat dari konvolusi antara *kernel* (*K*) dan foto laten (*L*) ditambah derau (*N*). Dengan mengestimasi *blur kernel*, dilakukan proses dekonvolusi untuk perbaikan citra. Metode dekonvolusi berfungsi untuk mencari *L* dengan melibatkan parameter *blur kernel*.

Keseluruhan proses *deblurring* ditampilkan pada **Gambar 6.**



.



Gambar 6 Diagram alir proses *deblurring*

Proses *deblurring* dengan metode dekonvolusi *blur kernel* memasukkan nilai *blur kernel* sehingga didapat foto laten (*l*) yang bebas *blur*. Pada dasarnya, diperlukan perkiraan *blur kernel* yang tepat sehingga foto yang dihasilkan lebih tajam dari sebelumnya.

3.3. Proses Triangulasi Udara

Triangulasi udara dilakukan untuk memperbanyak titik kontrol tanah yang diperlukan dalam proses pengolahan fotogrametrik, sehingga jumlah titik kontrol tanah yang dihasilkan melalui pengukuran lapangan dapat dibatasi (berjumlah sedikit) dan hanya terdapat pada beberapa foto udara,. Triangulasi udara dilakukan untuk memenuhi kebutuhan titik kontrol tanah tersebut sehingga menghemat biaya dan waktu jika dibandingkan dengan pengadaan titik kontrol tanah melalui pengukuran lapangan (Wolf, 1993).

Proses triangulasi udara disebut juga tahap *align* foto atau penggabungan foto. Penggabungan ini didasarkan pada deteksi otomatis karakteritik titik atau unsur pada sebuah foto. Setelah proses deteksi, poses berlanjut pada tahap pencocokan citra (*image matching*).

4. Hasil

4.1. Deteksi *Blur*

Pendeteksian *blur* dilakukan dengan mendeteksi tepian objek menggunakan HWT. Aplikasi pendeteksi ini dikembangkan oleh Dr. Deni Suwardhi, S.T., M.T.

Konsep dari pendeteksian dengan HWT adalah mendeteksi tepi unsur pada gambar. Suatu titik dapat disebut titik tepi jika nilai *E* di atas ambang batas. Rasio dari tepi itu dinamakan tingkat *blur*. **Tabel 2** menampilkan tingkat *blur* tiap foto.

Tabel 2 Tingkat *blur* untuk tiap data foto

Foto	Tingkat *Blur*
DSC01803.JPG	0,14
DSC01826.JPG	0,09
DSC01814.JPG	0,00
DSC01810.JPG	-0,04
DSC01816.JPG	-0,06
DSC01825.JPG	-0,06
DSC01807.JPG	-0,07
DSC01805.JPG	-0,12
DSC01840.JPG	-0,14
DSC01785.JPG	-0,19
DSC01828.JPG	-0,19
DSC01809.JPG	-0,24
DSC01846.JPG	-0,36
DSC01788.JPG	-0,42
DSC01789.JPG	-0,48
DSC01837.JPG	-0,51
DSC01797.JPG	-0,70
DSC01832.JPG	-0,86
DSC01824.JPG	-0,94
DSC01843.JPG	-0,98
DSC01791.JPG	-1,17

DSC01794.JPG	-1,30
DSC01792.JPG	-1,32

Keberadaan *blur* dikaitkan dengan kualitas foto. Untuk melihat kualitas foto, perangkat lunak Agisoft Photoscan memberi fitur penilaian kualitas foto. Hasil ditampilkan pada **Tabel 3**

Tabel 3 Hasil penilaian kualitas foto melalui perangkat lunak Agisoft Photoscan

Foto	Kualitas Foto
DSC01785.JPG	0,86
DSC01788.JPG	0,87
DSC01789.JPG	0,92
DSC01791.JPG	0,89
DSC01792.JPG	0,90
DSC01794.JPG	0,86
DSC01797.JPG	0,86
DSC01803.JPG	0,88
DSC01805.JPG	0,84
DSC01807.JPG	0,93
DSC01809.JPG	0,92
DSC01810.JPG	0,89
DSC01814.JPG	0,85
DSC01816.JPG	0,83
DSC01824.JPG	0,85
DSC01825.JPG	0,86
DSC01826.JPG	0,96
DSC01828.JPG	0,93
DSC01832.JPG	0,88
DSC01837.JPG	0,80
DSC01840.JPG	0,90
DSC01843.JPG	0,79
DSC01846.JPG	0,88

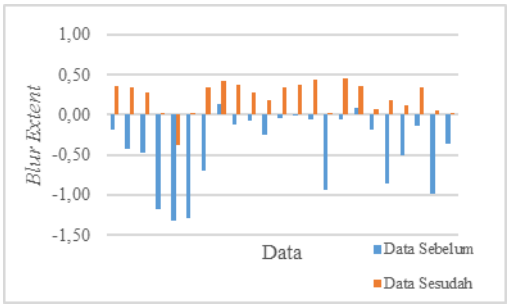
Penilaian kualitas foto oleh Agisoft Photoscan memiliki rentang antara 0 hingga 1. Foto dengan kualitas di bawah 0,5 disarankan untuk dinonaktifkan sehingga tidak diikutsertakan ke dalam proses fotogrametri berikutnya.

4.2. Perbaikan Citra

Perbaikan citra dilakukan menggunakan perangkat lunak MatLab dengan metode dekonvolusi *blur kernel*. Parameter yang harus dimasukkan adalah ukuran *blur kernel*. Pada kumpulan data, ukuran *blur kernel* yang dimasukkan bervariasi dari 40, 50, 60, 65 dan 70. Perkiraan ukuran *blur kernel* ini disesuaikan dengan *blur* yang terdapat pada foto dengan melihat hasil percobaan *deblurring*.

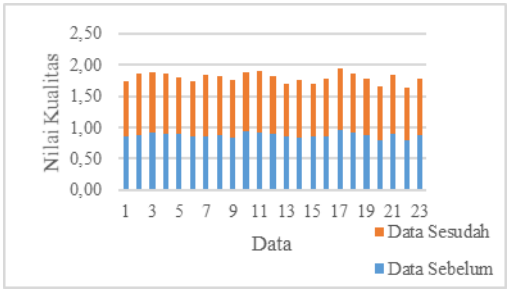
Pada *script* ini diterapkan agoritma Richardson-Lucy untuk dekonvolusi. Kelebihan algoritma Richardson-Lucy adalah memberikan nilai keluaran yang tidak negatif. Dalam pengaplikasiannya, *script* ini menggunakan 10 iterasi Richardson-Lucy. Iterasi ini dilakukan untuk meminimalisir nilai derau pada foto

Setelah dilakukan pendeteksian blur, didapat bahwa tingkat *blur* tiap foto berubah seperti yang ditunjukkan pada **Gambar 9.**



Gambar 9 Grafik menunjukkan perbedaan *blur extent* antara data sebelum dengan sesudah

Peningkatan kualitas juga ditunjukkan pada hasil penilaian kualitas dengan Agisoft Photoscan pada **Gambar 10.**



Gambar 10 Grafik peningkatan kualitas foto

4.3. Perbandingan Hasil Triangulasi Udara Data Asli dengan Data Hasil Perbaikan

Perbandingan data asli (sebelum perbaikan dengan data sesudah perbaikan Ditunjukkan pada **Tabel 4**

Tabel 4 Perbandingan data asli dengan data sesudah perbaikan

		Data Sebelum Perbaikan	Data Sesudah Perbaikan
Residual error	X *error* (m)	0,076	0,078
	Y *error* (m)	0,062	0,052
	Z *error* (m)	0,130	0,106
	Total *error* (m)	0,163	0,141
	Error (piksel)	1,47	1,04
RMSE	X *error* (m)	0,165	0,164
	Y *error* (m)	0,097	0,097
	Z *error* (m)	0,236	0,226
	Total *error* (m)	0,304	0,296
	Error (piksel)	0,70	0,70

Data sesudah perbaikan mengalami penuruan *residual error* pada Y dan Z. Sementara pada RMSE terdapat penurunan *error* yang tidak signifikan. Peningkatan *error* dapat disebabkan proses penandaan target yang tidak tepat (tidak berada tepat pada titik tengah yang didefinisikan dalam koordinat). Kesalahan tersebut disebabkan *motion blur* tidak sepenuhnya menghilang pada foto. Perbaikan citra dengan dekonvolusi *blur* kernel memperbaiki tepi dari unsur yang terdapat pada foto dan memperjelas piksel pada foto sehingga mempermudah penepatan. Pembentukan bayangan akibat *motion blur* masih terdapat di beberapa bagian foto sehingga menjadi faktor utama kesalahan penandaan target.

5. Kesimpulan dan Saran

Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan ketelitian hasil pemrosesan data foto. Ketelitian dilihat dari membandingkan hasil RMSE dan *residual error* dua data *set*. Perbaikan citra dengan metode dekonvolusi *blur* kernel memberikan nilai *residual error* Y dan Z yang lebih kecil pada data. Sementara itu, nilai RMSE mengalami penurunan yang tidak signikan.

Hasil penelitian deteksi *blur* didapat bahwa foto mengalami peningkatan kualitas. Grafik pada **Gambar 9** menunjukkan perbedaan tingkat *blur* data foto asli dengan data sesudah perbaikan yang bervariasi dari tiap foto. Sementara itu, pendeteksian *blur* dengan Agisoft Photoscan yang ditunjukkan pada **Gambar 10** menunjukkan hasil yang hampir sama untuk setiap foto. Oleh sebab itu, metode deteksi *blur* dengan HWT memiliki sensitivitas yang lebih tinggi daripada metode yang dimiliki Agisoft Photoscan. Selain menggunakan metode numerik dalam pendeteksian *blur*, penelitian ini menerapkan metode pegamatan secara visual untuk mendeteksi *blur*. Dari hasil pengamatan didapat korelasi dengan metode numerik. Hasil korelasi membuktikan bahwa pengamatan visual berbanding lurus dengan metode numerik.

Dengan mengacu *error* yang dihasilkan dua data, penelitian ini ditunjang dengan uji hipotesis data rasio dari dua variansi data. Variansi dihtiung dari data sebelum perbaikan dan data sesudah perbaikan. Pada selang kepercayaan 95% terdapat penolakan untuk nilai RMSr dan nilai RMSz diterima. Dari hasil ini dapat disimpulkan bahwa nilai RMSr untuk data sesudah lebih besar daripada data sebelum dan RMSz untuk data lebih kecil dari data sebelum.

Pada pelaksanaan penelitian ini, terdapat beberapa hal yang dapat menjadi saran untuk meningkatkan dan memperbaiki penelitian selanjutnya ke arah yang lebih baik. Adapun saran yang dapat disampaikan adalah pada penelitian selanjutnya dapat dilakukan studi

pada data untuk pemetaan yang memiliki banyak pemukiman dan pernerapan metode perbaikan citra lainnya untuk nilai RMSE yang lebih signifikan.

Daftar Pustaka

ASPRS, 2015. *ASPRS Positional Accuracy Standards for Digital Geospatial Data, Version 1.0.* 1 ed. s.l.:Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.

Brown, L. G., 1992. A Survey of Image Registration Techniques. *ACM Computing Surveys* , pp. 325-376.

Cooper, M. & Robson, S., 1996. *Theory of Close-Range Photogrammetry.* s.l.:Whittles Publishing.

Cope, G., n.d. *NatureFocused: Photography.* [Online]
Available at: http://www.naturefocused.com/articles/photography-image-processing-kernel.html
[Accessed 19 Agustus 2015].

Eisenbeiss, H., 2008. The Autonomous Mini Helicopter: A Powerful Platfom for Mobile Mapping. *International Society for Photogrammetry and Remote Sensing,* 37(b1), pp. 977-983.

Eisenbeiß, H., 2009. *UAV Photogrammetry,* Zurich: ETH Zurich.

Fergus, R. dkk., 2006. *Removing Camera Shake from a Single Photograph,* Toronto: University of Toronto.

Grenzdörffer, G. J., Engel, A. & Teichert, B., 2008. The Photogrammetric Potential of Low-Cost UAVs in Forestry and Agriculture. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences* , XXXVII(B1).

Karara, H. M., 1980. Non-metric Cameras. In: *Developments in Close-range Photogrammetry-1.* London: Applied Science Publisher, pp. 63-80.

Kerouh, F. & Serir, A., 2011. Aa No Reference Quality Metric for Measuring Image Blur in Wavelet Domain. *International Journal of Digital Information and Wireless Communications 1(4),* pp. 767-776.

Kraus, K., 2007. *Photogrammtery - Geometry from Images and Laser Scans, Second ed.*. Berlin: Walter de Gruyter.

Liu, H. K. J. L. H. A. B., 2009. *Discreate-Time Systems and Convolution,* Berkeley: Department of Electrical Engineering and Computer Sciences.

Mikhail, E. M. & Bethel, J. S., 2001. *Introduction to Modern Photogrammetry.* New York: John Wiley & Sons, Inc.

Nievergelt, Y., 1999. *Wavelets Made Easy.* New York: Birkhäuser Boston.

Qu, Z., Guo-zheng, Y. & Wen-xing, W., 2006. *Parameter Estimation of Blur Images Combining Defocus and Motion Blur Using Cepstru Analysis,* Beijing: Tsinghua Tongfang Knowledge Network Technology Co., Ltd..

Ramakrishnan, H. N., 2010. *Detection and Estimation of Image Blur,* Missouri: Curtis Laws and Wilson Library.

Remondino, F. dkk., 2011. UAV Photogrammetry for Mapping and 3D Modelling - Current Status and Future Perspectives -. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* , XXXVIII-1(C22).

Sieberth, T., Wackrow, R. & H., C. J., 2014. Influence of Blur on Feature Matching and A Geometric Approach for Photogrammetric Deblurring. *The International Archives of The Photogrammetry, Remote Sensing, and Spatial Information Sciences, Volume XL-3* , pp. 321-326.

Sung, K., 2013. *Applications of Convolution in Image Processing with MatLab,* s.l.: University of Wahington.

Tong, H., Li, M. & Zhang, C., 2004. *Blur Detection for Digital Images Using Wavelet Transform,* Beijing: Microsoft Research Asia.

Warner, W. S., Graham, R. W. & Read, R. E., 1995. *Small Format Aerial Photography.* Caithness: Whittles Publishing.

Wolf, P. R., 1993. *Elemen Fotogrametri dengan Interpretasi Foto Udara dan Penginderaan Jauh.* Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Wolf, P. R. & Dewitt, B. A., 2000. *Element of Photogrammetry With Application in GIS Third Edition.* United States: The McGraw-Hill Companie.

Yundong, W., Qiang, Z. & Shaoqin, L., 2008. A Contrast Among Experiments in Three Low-Altitude Unmanned Aerial Vehicles Photography: Security, Quality and Effiiency. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences,* XXXVII(Part B1), pp. 1223-122.

Pemetaan Tiga Dimensi Kampung Toba "Huta Siallagan" sebagai Dasar Pengembangan Sistem *Virtual Tour* Daerah Unggulan Wisata

Mohamad Nur Fajri[a], Deni Suwardhi[b], Himasari Hanan[c]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung, Bandung (mnurfajri94@gmail.com)

[b,] Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung, Bandung (deni@gd.itb.ac.id)

[c,] Architectural History, Theory and Criticism, Institut Teknologi Bandung, Bandung (himahanan@gmail.com)

ABSTRACT

Toba village is a historic attraction located on the island of Samosir. The location is far enough away to be reached by tourists, so tourists are less familiar with the attraction. Moreover, Toba village also doesn't have the historical documentation related to as-built drawing or 3D map. This paper discusses the development of a 3D map and a virtual tour of Toba village "Huta Siallagan" to introduce and document the cultural heritage. The method of collecting the data was performed using close range photogrammetry. Data obtained in the form of aerial and terrestrial photos Toba Village. Photo observations processed through digital photogrammetry to obtain data point cloud. Then, point cloud classified into several classes to ease the process of 3D modeling. Each of these 3D models are then combined into a single unit to create 3D map and virtual tour. From the stage of quality control 3D map, obtained RMSE 0,069m so the map corresponds to the maximum scale of 1: 300. The map can be used to create the masterplan with scale of 1: 500 to 1: 1000 but cannot be used to make the Detail Engineering Design (DED) with scale of 1:10 to 1: 100.

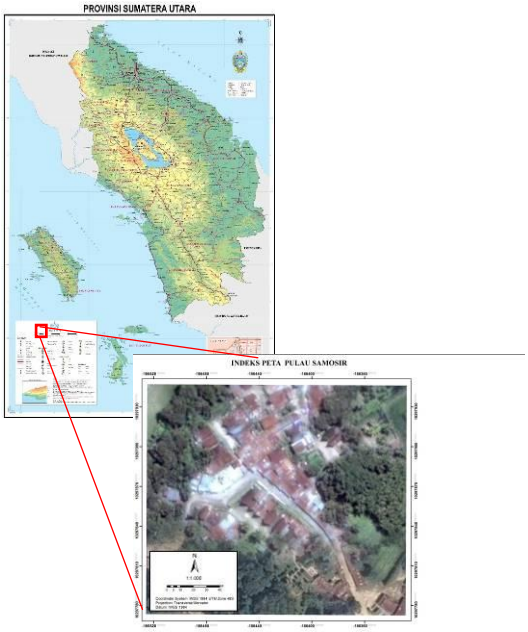
Keywords Toba Village, Close Range Fotogrammetry, Point Cloud, 3D Map, Virtual Tour

Pendahuluan

Indonesia mempunyai banyak objek wisata yang beraneka ragam dan lokasinya bervariasi mulai dari kota, desa, pegunungan hingga pesisir. Beberapa lokasi wisata merupakan Kampung atau tempat bersejarah yang masih kental akan tradisi dan budayanya. Sedikit wisatawan yang mengenal ataupun berkunjung ke tempat tersebut karena informasinya yang tidak tersebar secara luas atau informasi tersebut kurang menarik. Perlu adanya solusi agar objek wisata tersebut dikenal oleh masyarakat atau wisatawan.

Teknologi internet dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam penyebaran informasi objek wisata. Teknologi yang sering digunakan adalah *Virtual Reality* dan atau *Augmented Reality*. *Virtual Reality* adalah *real-time* 3D yang membuat pengguna dapat berinteraksi dengan lingkungan yang ada di dalam dunia maya yang disimulasikan oleh komputer sehingga pengguna merasa berada di dalam lingkungan tersebut (H. Fuchs and G. Bishop, 1992). Sedangkan *Augmented Reality* adalah penggabungan dari objek dunia nyata ke dalam dunia maya (P. Milgran and A. F. Kishino, 1994). Untuk keperluan pengenalan wisata bersejarah, *Virtual Reality* sangat cocok digunakan karena pengguna dapat langsung berinteraksi dengan objek wisata yang disajikan tanpa harus berkunjung ke objek tersebut. Salah satu jenis dari *Virtual Reality* adalah *Virtual Tour*. *Virtual Tour* adalah sebuah program yang menggabungkan teknologi fotografi dengan teknologi informasi (TI) yang bertujuan untuk memberikan informasi ruang (*space*) secara menyeluruh dan interaktif. Informasi ruang (*space*) yang bisa diolah menjadi aplikasi ini meliputi *indoor* maupun *outdoor*. *Virtual Tour* juga dapat digunakan sebagai demo objek wisata dan bangunan bersejarah.

Pada penelitian ini akan dibangun satu aplikasi *virtual tour* yang menampilkan kampung tradisional Indonesia dengan lokasi pengambilan data bertempat di Kampung Toba, Pulau Samosir, Sumatera Utara.



Gambar 1. Lokasi kampung Toba "Huta Siallagan"

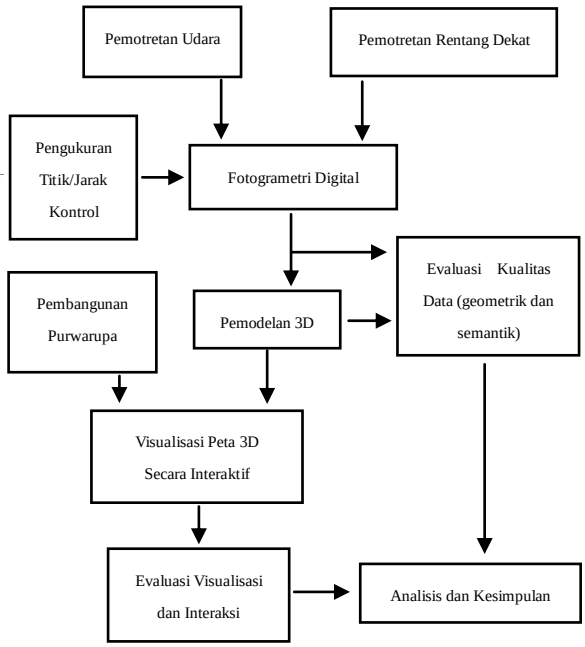
Sumber: BIG dan Citra Google (2016)

Virtual Tour membutukan data dasar model 3D. Untuk membuat model 3D Kampung Toba salah satu caranya dengan teknologi fotogrametri. Dengan menggunakan teknologi tersebut maka bangunan, kampung, ataupun kota dapat direkontruksi ulang menjadi model 3D. Model 3D dibentuk dengan aplikasi 3D *modeling*. Data yang digunakan berupa *point cloud* hasil olah teknologi fotogrametri. Model 3D Kampung Toba dapat dibuat peta 3D dengan memberikan skala. Skala untuk model tersebut dapat diperoleh dengan melakukan control kualitas. Berdasarkan keterangan tersebut muncul permasalahan "apakah peta 3D Kampong Toba dapat digunakan untuk membuat *Virtual Tour* dan dokumentasi bangunan bersejarah?" dan apakah peta 3D tersebut dapat digunakan untuk membuat *Master Plan* dan *Detail Engineering Design* (DED)?".

Tujuan penelitian ini adalah membuat V*irtual Tour* Kampung Toba dan mengevaluasi akurasi peta 3D untuk keperluan *Master Plan* dan *Detail Engineering Design* (DED).

Metodologi

Penelitian ini menggunakan metode C*lose Range Fotogrametry* (CRP) dengan menggabungkan foto terestris dan udara menjadi peta 3D. Peta tersebut digunakan sebagai dasar dalam pembuatan *Virtual Tour*. Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini seperti diagram alir di bawah ini.



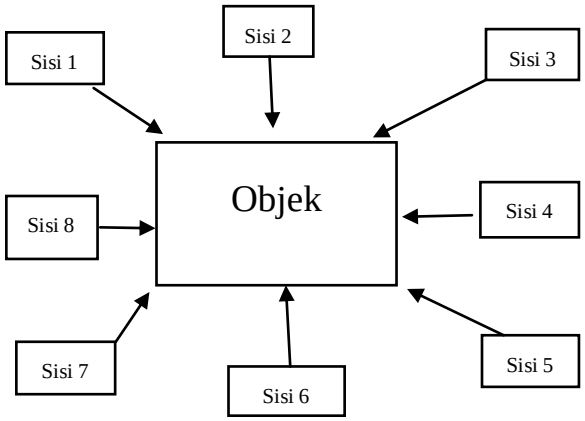
Gambar 2. Diagram alir metodologi penelitian

Metodologi penelitian ini dimulai dengan akusisi data foto udara dan terestris Kampung Toba. Sedangkan untuk memberikan skala pada model digunakan data kontrol jarak. Data tersebut kemudian diolah dengan metode fotogrametri digital. Hasil proses fotogrametri digital berupa *point cloud*, *orthophoto* dan *Digital Surface Modeling* (DSM). *Point cloud* tersebut kemudian dimodelkan menjadi bentuk 3D objek Kampung Toba. *Texture* model tersebut diambil dari data foto udara dan terestris. Masing-masing objek digabungkan menjadi model 3D Kampung Toba. Model 3D tersebut dijadikan data dasar untuk membuat *Virtual Tour*. Selain itu, model 3D Kampung Toba juga dijadikan peta 3D dengan melakukan kontrol kualitas untuk mendapatkan skala. Langkah-langkah tersebut akan dijabarkan lebih rinci dibawah ini.

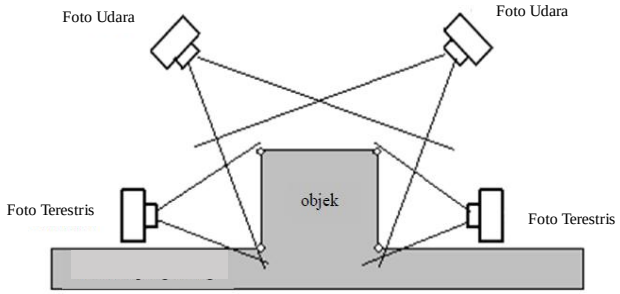
1. Akuisisi Foto Udara dan Terestris

Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan kamera *Nikon D5000* dan *multirotor*. Foto terestris depan dan samping rumah diambil dengan kamera Nikon D5000. Pengambilan foto terestris dilakukan dengan mengelilingi objek. Sedangkan foto atap rumah diambil dengan *multicopter* dari udara. Foto udara bertujuan untuk menutup objek-objek yang tidak bisa dijangkau oleh foto terestris. Dengan adanya foto udara dan foto terestris maka seluruh Kampung Toba dapat dipetakan. Ilustrasi pengambilan foto udara dan foto terestris seperti

gambar di bawah ini.



Gambar 3. Posisi pengambilan foto dengan teknik CRP tampak dari atas



Gambar 4. Ilustrasi foto udara dan terestris tampak samping

Foto udara diambil menggunakan *multirotor*. *Multirotor* dilengkapi dengan kamera *Canon Power Shot S100*, *Inertial Measurement Unit* (IMU) dan *compass*. IMU digunakan untuk mengoreksi sudut pada gimbal sehingga kamera dapat mempertahankan posisinya meskipun *multicopter* goyah atau tidak stabil. IMU terdiri dari sebuah *accelerometer* dan *gyroscope*. Sensor *accelerometer* dapat mengukur sudut baik saat diam dan sensor *gyroscope* dapat mengukur sudut saat *multicopter* bergerak.

2. Titik Kontrol Jarak

Titik kontrol pada CRP berupa koordinat 3D atau control jarak. Pada pemetaan 3D Kampung Toba, titik kontrol yang digunakan berupa kontrol jarak tanpa koordinat 3D. Jarak tersebut didapatkan dengan cara mengukur jarak antar titik. Dengan adanya kontrol jarak maka model yang dihasilkan dari proses fotogrametri digital akan mempunya ukuran sesuai ukuran aslinya. Penempatan kontrol jarak harus tersebar merata di area pemetaan. Kontrol jarak kampung toba menggunakan jarak *horizontal* dan vertical. Kontol jarak horizontal diukur dengan menggunakan pita ukur yang mempunyai ketelitian 1cm. Sedangkan konrol jarak vertikal diukur menggunakan rambu ukur.

3. Fotogrametri Digital

Fotogrametri digital mencakup proses *align* foto, penandaan titik kontrol, *dense point cloud* dan klasifikasi *dense point cloud*.

Konsep pada proses *align photos* merupakan proses triangulasi udara. Triangulasi udara adalah proses penentuan koordinat tanah dari titik-titik di lapangan dan di foto berdasarkan pengukuran pada unit dasar fotogrametrik melalui proses transformasi koordinat secara simultan dari sistem koordinat fotografik ke sistem koordinat tanah sehingga titik-titik yang sekawan akan memiliki koordinat yang sama termasuk penambahan titik jumlah sekawan (Wolf 1974). *Align* Foto juga dikenal dengan *Automatic tie point* yaitu akuisisi titik ikat pada foto udara yang dilakukan secara otomatis. Tie point digunakan sebagai titik ikat foto agar dua foto yang bertampalan dapat membentuk sebuah model. Setelah jumlah tie point yang diperlukan berhasil didapatkan maka proses selanjutnya adalah *automatic image alignment*. Proses ini dilakukan untuk merekontruksi posisi kamera saat pemotretan. Hasil dari proses *align* diantaranya adalah parameter kalibrasi kamera atau *internal orientation* (IO), bentuk kumpulan *tie point* terdeteksi dalam model 3D dan posisi kamera saat pemtrotetan atau *external orientation* (EO) yang melibatkan hitungan *bundle adjusment* dan *point cloud* yang kurang rapat (*spers point cloud*).

Pada proses fotogrametri digital diperlukan titik ikat atau titik kontrol untuk transformasi antar sistem koordinat. Jenis transformasi yang sering ditemui dalam fotogrametri adalah transformasi dari sistem koordinat foto ke sistem tanah, sistem koordinat foto ke sistem model dan sistem koordinat model ke sistem peta.

Build dense cloud merupakan lanjutan dari *align* foto. Proses ini akan memperbanyak *point cloud* menjadi semakin rapat. Dalam pembentukan *point cloud* yang lebih rapat dibutuhkan algoritma *image macthing*. Proses digital *image macthing* adalah proses pencarian titik atau objek yang sama pada suatu citra terhadap citra yang lain. Metode *image macthing* ada 3 macam, yaitu *area-based*, *feature-based*, dan *symbolic*. Metode *area-based* merupakan metode pencocokkan citra berdasarkan perbandingan nilai *digital number* pada tiap citra. Metode *feature-based* merupakan metode mencocokkan citra berdasarkan bentuk dan ukuran objek yang terdapat pada citra. Sedangkan metode *symbolic* merupakan gabungan dari *area-based* dan *feature-based* yaitu dengan mencocokkan citra berdasarkan bentuk dan ukuran objek terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pencocokkan nilai *digital number* (Wolf, 1974).

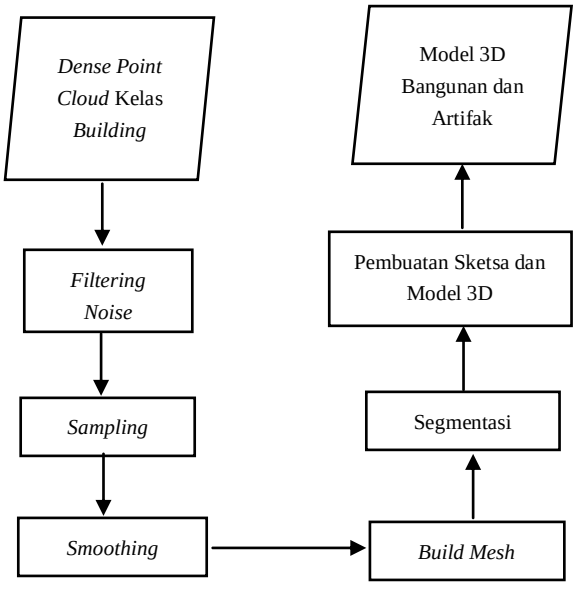
Klasifikasi *dense point cloud* diperlukan untuk membagi *point cloud* berdasarkan objek yang akan di modelkan. Proses ini dilakukan secara manual dengan membuat *polygon selection* terhadap *point cloud* yang

membentuk objek 3D. *Point cloud* yang telah terseleksi lalu dimasukkan ke dalam kelas-kelas yang berbeda dengan perintah *assign class*. Kelas yang disediakan mencakup *vegetasi*, *ground*, *building*, *water*, *noise* dan *mass point*.

4. Pemodelan 3D

Proses pemodelan 3D memerlukan langkah yang terstruktur untuk mendapatkan hasil yang maksimal dan sesuai dengan objek aslinya. Proses ini dimulai dari pengolahan *point cloud* hingga penambahan *texture* ke model 3D. Pada proses pemodelan 3D Kampung Toba terdapat 3 langkah yaitu pembuatan model artifak dan bangunan, pembuatan *ground surface* dan pembuatan *texture*.

Model 3D bangunan dan artifak dapat dibuat secara otomatis dengan *tools* yang ada di *agisoft photoscan profesional*. Namun hasil yang didapatkan akan banyak yang berlubang karena tidak semua objek tertutup rapat oleh *point cloud*. Pemodelan 3D dilakukan dengan *software geomagic design x*. *Software* ini digunakan khusus untuk mengolah *point cloud* dan membuat model 3D. Data yang digunakan adalah *dense point cloud* hasil klasifikasi manual yang masuk ke dalam kelas *building*. Dalam pembuatan model artifak dan bangunan memerlukan proses yang terstruktur seperti pada diagram alir berikut ini.



Gambar 5. Diagram alir pembuatan model artifak dan bangunan

Data yang digunakan adalah klasifikasi *dense point cloud* pada proses fotogramteri digital. Data tersebut kemudian diolah hingga mendapatkan *point cloud* yang *smooth*. *Point cloud* hasil *smoothing* kemudian diinterpolasi hingga membentuk *Triangular Irregular Network* (TIN). Hasil tersebut dinamakan *mesh* atau permukaan yang menyerupai objek yang dimodelkan. *Mesh* kemudian disegmentasi menjadi beberapa bagian agar mudah untuk didigitasi. Proses digitasi bertujuan untuk membuat sketsa dan model 3D yang menyerupai objek sesungguhnya.

Pembuatan *ground surface* Kampung Toba memerlukan *point cloud* klasifikasi dari kelas tanah (*ground*). *Ground point cloud* masih mengandung banyak *noise* terutama *point cloud* yang di luar kelompoknya. *Noise* tersebut perlu dihilangkan dengan melakukan proses *filtering*. Hasil proses *filtering* masih terdapat *point cloud* yang bergerigi pada permukaan tanah seehingga perlu diperhalus dengan proses *smoothing*. *Point cloud* dari proses tersebut akan terbebas dari *noise* dan membentuk permukaan yang halus, namun jumlah *point cloud* tanah masih terlalu banyak. Apabila *point cloud* dengan jumlah tersebut dibuat TIN maka akan membutuhkan waktu yang lama. Jumlah *point cloud* perlu dikurangi dengan melakukan proses *sampling ratio* 70%.

Proses *texturing* membutuhkan data mesh Kampung Toba dan foto masing masing model. Software yang digunakan adalah *agisoft photoscan profesional*. Metode yang digunakan adalah *orthomosaic*, proses ini akan menggabungkan foto yang terpilih menjadi foto stereo dan memproyeksikan terhadap permukaan model. Setiap warna akan dikoreksi secara otomatis berdasarkan algoritma yang ada di *agisoft photoscan profesional*. Salah satu contoh, terdapat beberapa foto yang blur pada beberapa rumah. Algoritma *color correction* akan mengambil sampel *pixel* dengan RGB yang membentuk warna tidak sesuai dengan warna disekitar sampel. Kemudian *software* akan mengambil sampel dari foto lain dan mecocokkannya.

5. Pembuatan Virtual Tour 3D

Model 3D Kampung Toba "Huta Siallagan" berbentuk TIN denngan *texture* dari foto dan terpisah dalam beberapa kelas. Setiap kelas terdiri dari objek yang berbeda-beda. Masing-masing kelas digabungkan menjadi satu kesatuan hingga membentuk satu model 3D Kampung Toba "Huta Siallagan". Interpretasi model 3D Kampung Toba memerlukan aplikasi *user interface* agar pengguna dapat menjelajah Kampung Toba. Salah satu aplikasi yang cocok digunakan adalah *virtual tour*.

Pembuatan *virtual tour* menggunakan *software archicad 16* dengan *trial license*. Pada *software* tersebut terdapat aplikasi BIMx yang digunakan untuk menampilkan model 3D dari *archicad*. Selain itu BIMx juga tersedia untuk *smartphone* berbasis *android* atau IOS. Aplikasi ini cocok untuk membuat *virtual tour* 3D karena *user friendly* dan mempunyai fitur yang lengkap untuk menjelajah Kampung Toba. Aplikasi BIMx hanya bisa membuka *file* yang berformat BIMx.

6. Kontrol Kualitas

Proses kontrol kualitas bertujuan untuk medapatkan ketelitian dan skala maksimal peta 3D. Standar yang digunakan berdasarkan *American Society for Photogrametry and Remote Sensing* (ASPRS) tahun 2014. Standar tersebut menetapkan bahwa skala peta dapat ditentukan berdasarkan nilai akurasi dari model yang dihasilkan.

Tabel 1. Horizontal akurasi standar ASPRS 2014

Horizontal Accuracy Class	Absolute Accuracy RMSEr (cm)	Equivalent to Map Scale in (Map Scale Factor)
x-cm	≤ 1.414*x	x*40

Uji kualitas akurasi peta 3D Kampung Toba dilakukan dengan mengecek perbedaan kontrol jarak pada model 3D dengan data lapangan.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, didapatkan hasil sebagai berikut

1. *Residu* Masing-masing Kontrol Jarak

Titik kontrol jarak yang digunakan hanya digunakan untuk memeberikan skala ukuran pada model. Oleh karena itu, kontrol jarak tidak dapat digunakan untuk mengikatkan model ke koordinat bumi.

Tabel 2. *Residu* kontrol jarak yang digunakan

Label	Jarak (m)	Error(m)
Titik Kontrol 1-2	30.912	0.011
Titik Kontrol 3-4	18.877	-0.022
Titik Kontrol 5-6	2.364	0.014
Titik Kontrol 9-10	2.623	0.003
Titik Kontrol 11-12	2.490	0.005

Tabel 3. *Residu* kontrol jarak yang tidak digunakan

Label	Jarak (m)	Error(m)
Titik Kontrol 2-3	31.276	0.076
Titik Kontrol 7-8	0.915	-0.084

Sedangkan *Groud Sampling Distance* (GSD) yang didapatkan dari proses fotogrametri digital sebesar 0.034 m/*pixel*. Aturan *error pixel* yang diperbolehkan adalah 2 *pixel*. Artinya *residu* kontrol jarak 2-3 dan 7-8 melebihi batas toleransi yang ditentukan yaitu diatas 2 *pixel*. Sehingga kedua kontrol jarak tersebut tidak dimasukkan dalam pengolahan. Besarnya *error* tersebut disebabkan oleh foto yang buram. Selain itu penempatan titik kontrol yang mendekati samping foto dapat menyebabkan *error* yang cukup besar. Hal lain adalah kesalahan dalam penempatan titik kontrol yang kurang tepat. Berikut ini contoh gambar yang menyebabkan *error* titik kontrol semakin besar.



Gambar 6. Penempatan titik kontrol pada foto yang buram

Pada gambar di diatas terdapat titik kontrol yang dipasang pada foto buram. *Error pixel* yang didapatkan adalah 1.637 pix. Berbeda jika titik kontrol dipasang pada foto yang jernih seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 7. Penempatan titik kontrol pada foto yang jernih

Pada gambar di atas, titik kontrol ditempatkan pada foto yang jernih. *Error pixel* yang didapatkan lebih kecil dari pada foto yang buram yaitu 0.510 pix. Kasus tersebut juga berlaku untuk titik ikat maupun titik kontrol dengan koordinat bumi. *Error pixel* pada foto buram lebih besar karena pada saat *image matching*, *software* sulit untuk mengenali objek tersebut sehingga mengakibatkan salah proyeksi.

2. Model 3D Kampung Toba

Dari proses pemodela 3D didapatkan model 3D Kampung Toba beserta *texture*.



Gambar 8. Model 3D Kampung Toba dengan *texture*

Terdapat beberapa objek yang memiliki *texture* tidak sesuai dengan kondisi aslinya. Misalkan *texture* objek rumah yang beberapa diambil dari foto rumah lain. Hal tersebut karena model 3D yang dibentuk kurang

matching dengan bentuk *point cloud* dan *mesh*. Selain itu pemilihan foto yang tepat juga mempengaruhi *texture* model.

3. Akurasi korizontal

Berdasarkan pengecekan terhadap kontrol jarak pada model dengan data lapangan didapatkan hasil sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil perhitungan RMSExy

Label	Selisih data lapangan dengan kontrol jarak pada model (m)
Titik kontrol 1-2	0.006
Titik Kontrol 3-4	0.100
Titik Kontrol 2-3	0.068

Besarnya RMSE yang didapat adalah 6,9 cm. Jika berdasarkan standar akurasi dari ASPRS maka dapat dikatakan hasil model 3D Kampung Toba dapat ditampilkan dalam peta skala 1:300.

Dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum nomor 12/PRT/M/2014 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dijelaskan bahwa penyusunan rencana induk (*master plan*) digambarkan dengan skala peta 1:500 sampai 1:1000. Dari uji kualitas yang telah dilakukan maka peta 3D Kampung Toba dapat digunakan untuk membuat *master plan*.

Dalam peraturan tersebut juga dijelaskan bahwa penyusunan *Detail Engineering Design* (DED) digambarkan dengan skala peta 1:10 sampai 1:100. Sedangkan peta 3D Kampung Toba yang telah dibuat memiliki skala maksimal 1:300 sehingga peta 3D tersebut tidak dapat digunakan untuk membuat DED.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan, dapat diambil beberapa kesimpulan dari penelitian ini. Kesimpulan tersebut antara lain:

1. Bedasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa data fotogrametri rentang dekat dapat digunakan untuk membuat peta 3D. Hasil *point cloud* dari fotogrametri digital dapat digunakan untuk membuat model 3D dan ditampilkan dalam aplikasi *virtual tour*. Semua objek dari *point cloud* dapat dimodelkan, namun beberapa model tidak sama dengan kondisi aslinya dikarenakan kurangnya *point cloud* pada objek tersebut.
2. Pada aplikasi *virtual tour* yang telah dibuat, terdapat model 3D artifak dan bangunan Kampung Toba yang memiliki informasi ukuran sehingga dijadikan sebagai dokumentasi bersejarah.
3. Berdasarkan uji kualitas peta 3D Kampung Toba, skala maksimal peta tersebut adalah 1:300. Oleh karena itu, peta 3D Kampung Toba dapat digunakan untuk membuat *master plan* dengan skala 1:500 sampai 1:1000. Namun peta 3D tersebut tidak dapat digunakan untuk membuat DED karena skala yang dibutuhkan adalah 1:10 sampai 1:100.

Berdasarkan hasil evaluasi dari penelitian yang sudah dilakukan, terdapat saran-saran yang dapat digunakan dalam penelitian selanjutnya. Saran-saran tersebut antara lain:

1. Pengambilan data foto terestris dan udara harus bisa menjangkau semua objek agar hasil model point cloud objek tidak berlubang. Selain itu pencahayaan juga sangat penting, apabila terdapat perbedaan kecerahan pada foto maka akan memperbesar error titik kontrol dan point cloud yang dihasilkan tidak halus.
2. Untuk pemetaan 3D Kampung Toba alangkah baiknya menggunakan titik kontrol dengan koordinat bumi atau lokal agar sistem koordinat model sesuai dan tidak miring.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada orangtua, dosen dan rekan-rekan Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung yang telah membantu dalam penelitian ini sehingga dapat terlaksana sesuai tujuan.

Daftar Pustaka

H. Fuchs, G. Bishop et al. 1992. *Research Directions in Virtual Environments*. NFS Invitational Workshop, Univ. North Carolina.

P. Milgran and A. F. Kishino. 1994. Taxonomy of mixed Reality Visual Displays. IEICE Transactions on Information and systems. E77-D (12), pp. 1321-1329.

Kementrian Pekerjaan Umum. 2014. *Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan*. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 12/PRT/M/2014. Jakarta.

Leitch, Kenneth. 2002. *Close Range Photogrammetric Measurement of Bridge Deformation*. Disertasi New Mexico State University. Meksiko.

Wolf, Paul R. 1974. *Element Fotogrammetry*. Diterjemahkan oleh Gunadi, Totok Gunawan dan Zuharnen. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.

Pembangunan Model Tiga Dimensi Interior Ruangan Menggunakan Teknik Fotogrametri dengan Konfigurasi Kamera secara Divergen

Nadia Shalehah[a], Deni Suwardhi[b], Agung Budi Harto[c]

[a,] Teknik geodesi dan geomatika, Institut Teknologi Bandung (nadia.shalehah@gmail.com)
[b,] Kelompok Keilmuan Penginderaan jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung (deni@gd.itb.ac.id)
[c,] Kelompok Keilmuan Penginderaan jauh dan Sains Informasi Geografis, Institut Teknologi Bandung (agung@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

Indoor 3D modelling in the building as one of the data necessary for Building Information Model (BIM). That model can be obtained by surveying and mapping using active sensors such as Terrestrial Laser Scanner (TLS) and passive sensors such as close range photogrammetry using non-metrics digital camera. Theoretically, close range photogrammetry generally have convergent camera configuration as a method for data acquisition. Convergent camera configuration is when the camera position moves around the object to get overlap photos. This paper discusses the close range photogrammetry with divergent camera configuration. With this method, then the position of the camera quite rotates in one position only. Divergent camera configuration used in this research is the off-axis, so that the collinearity concept can be formed. The final results of the experiment showed that the indoor 3D model has an accuracy of 0.53 cm. That value is lower than the indoor 3D model using convergent camera configuration, ie 0.44 cm, but still be able for making detail map scale 1:50 or 1:100. The results can be applied to Building Information Management (BIM) and 3D Cadastre

Keywords: Indoor 3D model, close range photogrammetry, divergent configuration.

Pendahuluan

Model tiga dimensi interior ruangan saat ini semakin penting karena berbagai aplikasi dapat digunakan mulai dari mendesain ulang dan memvisualisasikan sampai dengan pemantauan dan simulasi (Diaz-Vilarino, dkk, 2015). Selain itu, model tiga dimensi interior ruangan sangat menarik untuk berbagai aplikasi seperti bentuk yang merepresentasikan bangunan, fasilitas-fasilitas yang ada di dalam, dan sistem informasi arsitektur (Al Khalil, dkk, 2002). Berbagai banyaknya kebutuhan dalam pemodelan tiga dimensi ruangan semakin mendorong berbagai pengembangan metode dalam membangun model tiga dimensi interior ruangan.

Saat ini metode pengambilan data fotogrametri rentang dekat secara konvensional dilakukan dengan menggunakan metode konvergen. Metode konvergen merupakan metode pengambilan data dengan mengelilingi objek yang akan dimodelkan. Sudut yang dibentuk oleh objek dan dua kamera konvergen yang bersebelahan berkisar 45-90 derajat. Hal tersebut merupakan dasar dari prinsip kesegarisan.

Selain metode konvergen, saat ini telah ada metode yang lain yaitu konfigurasi divergen. Konfigurasi divergen dirasa cocok dalam pembangunan model tiga dimensi interior ruangan karena proses akuisisi datanya dilakukan dari dalam objek pengamatan. Konfigurasi divergen adalah pengambilan foto pada daerah sekitarnya dan berputar sebesar 360^{o}. Konfigurasi divergen biasanya digunakan untuk membangun citra panorama.

Metodologi

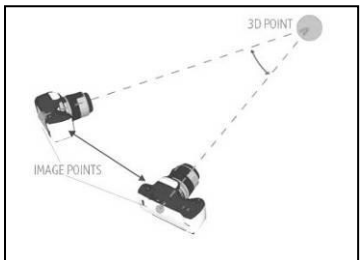
Kalibrasi Kamera

Parameter orientasi dalam diperlukan dalam mendefinisikan koordinat objek di foto secara presisi dan akurat pada penerapan prinsip kesegarisan (Shortis & Snow, 1995). Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan *frame* kalibrasi pada perangkat lunak photomodeler scanner. Kalibrasi dilakukan dengan membagi area sensor kamera menjadi lima kuadran dan pengambilan foto dilakukan dari delapan arah mata angin.

Konfigurasi Konvergen

Proses pengambilan foto didapatkan dengan kamera yang diposisikan di sekeliling dan

terkadang di dalam objek (Atkinson, 1996). Sumbu antar posisi kamera paralel hanya pada kasus-kasus tertentu. Biasanya, pengambilan foto dilakukan dengan konvergen seperti yang diilustrasikan pada Gambar 12, yaitu setiap foto mengarah ke tengah objek. Sudut pengambilan foto antara setiap posisi kamera diusahakan berada pada 45°-90°. Selain itu, objek yang akan diambil gambarnya dapat terlihat minimal pada dua kamera (Website Photomodeler).



Gambar 12 Konvergen pada dua kamera

Akuisisi foto dengan konfigurasi konvergen dilakukan dengan cara mengelilingi ruangan dengan pertampalan minimal 60%. Jarak antar eksposur dilakukan berdasarkan persamaan 1 berikut ini.

$$B = G\left(1 - \frac{PE}{100}\right) \quad (1)$$

Notasi-notasi dalam persamaan (1) dijelaskan sebagai berikut:

B: Jarak antar bukaan kamera

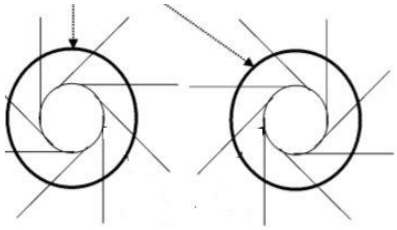
G: Jarak pusat lensa ke objek

PE: Besarnya overlap yang diinginkan

Konfigurasi Divergen

Konfigurasi divergen merupakan konfigurasi pengambilan foto melalui titik nadir kamera. Artinya, posisi pengambilan foto hanya dari satu titik tertentu. Konfigurasi seperti ini disebut *on-axis mode*. Pada konfigurasi ini, bidang epipolar akan sangat sulit didapatkan karena jarak bukaan kamera antar dua kamera sangat berdeketan. Pada penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa konfigurasi *on-axis mode* saat ini lebih sering digunakan untuk menghasilkan citra panorama dibanding untuk keperluan pemodelan tiga dimensi. Dalam pengambilan foto untuk keperluan panorama dibutuhkan pertampalan sekitar 20% sedangkan untuk keperluan pemodelan tiga dimensi diperlukan pertampalan minimal 60%.

Saat ini mulai dikenal konfigurasi baru yaitu *off-axis*. Konfigurasi ini hampir mirip dengan konfigurasi *on-axis*, namun yang membedakan adalah posisi kamera tidak tepat di titik nadir atau sumbu putar. Konfigurasi divergen memungkinkan sistem untuk mendapatkan *multi-perspective stereo panoramas* dengan mencapai tingkat keakuratan yang seragam dalam arah 360° (Li, 2012). **Error! Reference source not found.** menunjukkan arah bukaan kamera dengan konfigurasi *off-axis*. Pada gambar tersebut memungkinkan terdapat perpotongan garis yang tunggal antar bukaan kamera.



Gambar 2 Bukaan kamera pada konfigurasi divergen *off-axis*

Dalam proses akuisisi data dengan konfigurasi divergen, dilakukan dengan dua tipe yaitu metode *on-axis* dan *off-axis*. Pada akuisisi data divergen *on-axis*, dilakukan dengan menggunakan tripod namun tanpa *panoramic head* yang berfungsi agar kamera berputar tetap di titik nadirnya. Besarnya sudut putaran didasarkan pada spesifikasi *field of view* (FOV) dari masing-masing kamera. Tabel 8 menunjukkan contoh besarnya field of view dari lensa Nikon.

Tabel 8 Spesifikasi FOV pada lensa Nikon

Nikon 12-24 mm f/4G ED-IF AF-S DX	
Horizontal FOV	112° – 74°
Vertical FOV	90° – 53°
Diagonal FOV	122° – 62°

Model geometri pada konfigurasi divergen *off-axis* pada dasarnya sama seperti konfigurasi konvergen. Namun pada konfigurasi namun terdapat dua parameter tambahan yaitu jari-jari perputaran yang diukur dari *axis*, serta sudut perputaran antar *baseline*. Berbeda dengan citra panorama yang menggunakan metode *optical center*, metode *off-axis* menggunakan *multiple viewpoints projections* yang mana seperti mengadapatasi mata untuk dapat melihat stereo dan dinamakan *omnistereo* (Peleg, dkk., 2001). Pada citra panorama *omnistereo*, kamera yang digunakan memiliki dua bukaan kamera dalam satu posisi. Satu bukaan kamera di sebelah kiri dan satu bukaan kamera di sebelah kanan. Metode ini menghasilkan permukaan gambar

berupa silinder.

Stereo bar merupakan sejenis penggaris yang diletakan di atas *tripod* sehingga dapat meletakkan dua kamera yang identik di atas



Gambar 3 Stereo bar

stereo bar. Gambar 3 menunjukkan alat *stereo bar* yang diletakkan di atas *tripod* dan Tabel 2 menunjukkan spesifikasi dari stereo bar. Hanya saja, jarak antar kamera pada stereo bar lebih pendek dari jarak antar bukaan kamera pada konfigurasi konvergen. Hal ini dikarenakan kebutuhan pertampalan yang lebih besar dan keterbatasan panjang *stereo bar*.

Tabel 3 Spesifikasi *stereo bar*

Jarak antar kamera yang dipasang pada stereo bar	
Minimal	60 cm
Maksimal	90 cm

Sama seperti konfigurasi *on-axis*, penentuan sudut putar pada konfigurasi *off-axis* adalah dengan melihat besarnya *Field of View* (FOV) dari lensa yang digunakan. Bukaan kamera pada kedua sisi stereo bar haruslah bertampalan dengan minimal pertampalan sebesar 60%.

Jarak antar kamera pada *stereo bar* juga didapatkan dari persamaan (2) pada konfigurasi konvergen. Pada konfigurasi ini, jarak antara dinding ruangan ke pusat lensa didekatkan dengan 3,5 m. Melalui persamaan jarak antar bukaan kamera, dapat diketahui jarak antar kamera dengan menggunakan *stereo bar* adalah sepanjang 90 cm.

Proses Fotogrametri

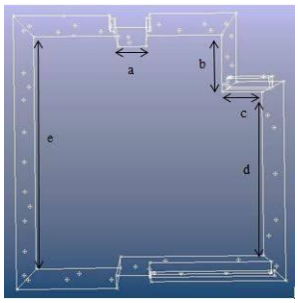
Setelah melalui proses akuisisi data dan parameter orientasi dalam yang didapatkan dari kalibrasi kamera, proses selanjutnya adalah memproses foto-foto tersebut menjadi model tiga dimensi. Proses ini dilakukan menggunakan perangkat lunak photomodeler scanner. Tahapan yang perlu dilakukan diantaranya adalah proses *marking* titik yang dilakukan secara otomatis dan manual. Kemudian selanjutnya perataan berkas.

Penandaan (*marking*) pada dasarnya adalah proses *image matching*. Pemberian tanda dilakukan pada setiap sudut-sudut ruangan pada satu foto yang paling baik kemudian mereferensikan titik yang sama dari foto yang berbeda. Jika terdapat sedikitnya satu gambar yang mereferensikan ke foto yang lain, maka akan didapatkan posisi dan orientasi tiga dimensi dari objek tersebut. Proses pemberian marking dapat dilakukan secara otomatis dan juga manual.

Setelah parameter orientasi luar kamera terbentuk, proses selanjutnya adalah pemberian kontrol jarak. Definisi jarak pada kasus ini adalah panjang sisi atau setiap detil dari ruangan yang diuji. Panjang sisi setiap ruangan diukur dengan menggunakan pita ukur. Pemberian kontrol jarak dilakukan sebanyak lima kali dengan rincian sebagai berikut:

a. Ukuran yang pendek (0,846 m) sebagai kontrol (a);
b. Ukuran yang panjang (6,975 m) sebagai kontrol (e) ;
c. Dua ukuran panjang dan pendek sebagai kontrol (a dan e);
d. Dua ukuran yang bersebelahan dijadikan kontrol (b dan c);
e. Dua ukuran yang bersebrangan sebagai kontrol (d dan e).

Kelima skenario yang dilakukan bertujuan untuk melihat besarnya nilai *error* beserta RMSE pada setiap cek jarak. Ilustrasi posisi jarak kontrol pada model ditunjukkan pada Gambar .



Gambar 4 Letak kontrol jarak pada setiap skenario

Hasil dan Pembahasan

Kalibrasi Kamera

Tabel 3 menunjukkan parameter hasil kalibrasi yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 3 Hasil kalibrasi kamera

Parameter	nilai	deviasi

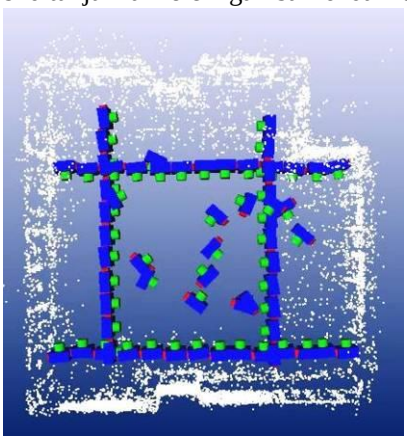
Lebar	$2.4x10^{1}$	$9.2x10^{-5}$
Tinggi	$1.6x10^{1}$	-
c	$2.5x10^{1}$	$5.1x10^{-4}$
Xo	$1.2x10^{1}$	$4.9x10^{-4}$
Yo	$8.1x10^{0}$	$4.8x10^{-4}$
K1	$1.5x10^{-4}$	$1.5x10^{-4}$
K2	$-2.0x10^{-7}$	$3.9x10^{-10}$
K3	$-7.7x10^{-11}$	$-7.7x10^{-11}$
P1	$-1.4x10^{-6}$	$2.3x10^{-7}$
P2	$8.5x10^{-7}$	-

Proses Fotogrametri

Proses fotogrametri dilakukan dengan tiga konfigurasi, yaitu konvergen, divergen *on-axis*, dan divergen *off-axis*.

Untuk konfigurasi divergen *on-axis*, proses perataan berkas hanya berhasil dilakukan pada tiga foto. Hal ini telah membuktikan bahwa pemodelan tiga dimensi dengan konfigurasi divergen *on-axis* tidak dapat dilakukan karena geometri yang dihasilkan dengan konfigurasi ini tidak baik karena prinsip kesegarisan tidak dapat dibentuk dengan baik.

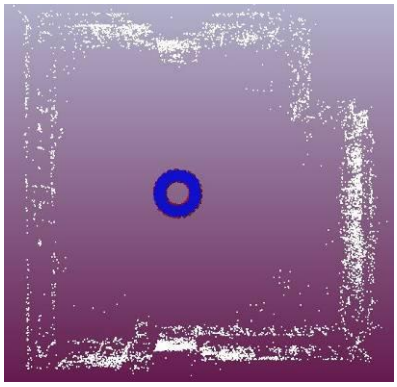
Pada konfigurasi konvergen dan divergen *off-axis* berhasil dilakukan proses fotogrametri. Gambar 5 merupakan hasil proses fotogrametri untuk konfigurasi konvergen dan tabel 4 merupakan hasil numeris dari konfigurasi konvergen. Hasil dari konfigurasi divergen *off-axis* ditunjukkan oleh gambar 6 dan tabel



5.Gambar 5. *Bundle Adjustment* konfigurasi konvergen

Tabel 4 Hasil bundle adjustment konfigurasi konvergen

Tipe Error	*Nilai (piksel)*
Total *error*	1,027
Overall RMS	0,855
Maximum RMS	3,565



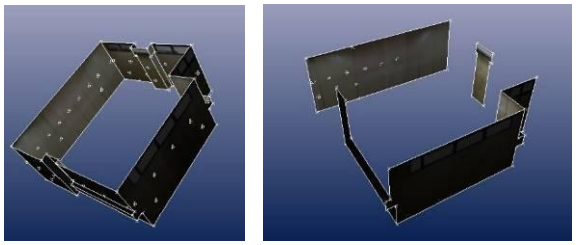
Gambar 6 *Bundle adjustment* konfigurasi divergen *off-axis*

Tabel 5 Hasil *bundle adjustment* konfigurasi divergen *off-axis*

Jenis Error	*Nilai (piksel)*
Total *error*	1,088
Overall RMS	0,819
Maximum RMS	3,826

Selanjutnya adalah membangun model tiga dimensi dengan kedua konfigurasi tersebut. Hasil dari model tiga dimensi ditunjukkan oleh gambar 7.

Gambar 7. Hasil pemodelan konvergen (kiri),



divergen (kanan)

Hasil Uji Kualitas

Berdasarkan skenario pemberian kontrol jarak, maka didapatkan RMSE untuk setiap konfigurasi dan skenario seperti yang ditunjukkan oleh tabel 6.

Tabel 6 RMSE untuk setiap konfigurasi

	RMSE setiap scenario (cm)				
	1	2	3	4	5
Konvergen	0,44	0,57	0,50	0,83	0,60
Divergen	0,87	1,8	1,45	1,72	0,66

Improvisasi dan Evaluasi Hasil

Kontrol Sudut

Pemberian kontrol bertujuan untuk memberikan pembatasan lebih pada model yang dihasilkan dan melihat pengaruhnya terhadap model yang tidak diberikan kontrol sudut. Kontrol sudut diberikan pada kelima skenario memberikan penurunan terhadap nilai RMSE yang dihasilkan kecuali pada skenario 2. Tabel 7 menunjukkan detil RMSE untuk setiap skenario.

Tabel 7 Hasil pemberian kontrol sudut

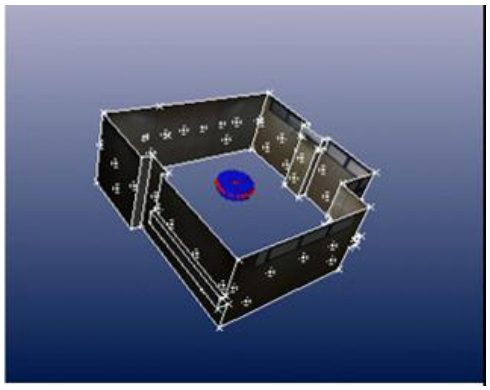
	RMSE setiap skenario (cm)				
	1	2	3	4	5
Tanpa kontrol sudut	0,98	1,79	1,45	1,72	0,66
Dengan kontrol sudut	0,87	1,79	1,07	1,46	0,53

Regresi Bidang

Pada hasil pemodelan dengan konfigurasi divergen terdapat titik detil yang tidak terlihat. Hal tersebut terjadi karena proses akuisisi data hanya dilakukan dari satu titik. Akibatnya terdapat bidang-bidang yang tidak terbentuk. Bidang merupakan permukaan dua dimensi yang terbentuk dari dua vektor bebas linier (Wolfram Mathworld).

Regresi bidang dilakukan untuk setiap bidang. Dalam kasus ini, terdapat empat bidang yang dilakukan regresi. Bidang yang dilakukan regresi, diasumsikan kedua sisi yang bersebrangan parallel sehingga terdapat dua sumbu yang nilainya sama. Untuk satu koordinat yang lainnya, didapatkan melalui persamaan bidang yang telah didapatkan nilai parameternya. Perhitungan nilai parameter dilakukan pada perangkat lunak matlab.

Model yang dijadikan sebagai objek regresi adalah model pada skenario lima yang telah diberikan kontrol sudut. Gambar 8 menunjukkan model gabungan konfigurasi divergen dengan regresi bidang.



Gambar 8. Hasil Regresi Bidang

Citra Panorama

Konfigurasi divergen *off-axis* berbeda dengan konfigurasi yang biasa digunakan untuk membuat citra panorama. Citra panorama biasanya didapat dengan cara single point, yaitu saat pengambilan foto kamera tetap berada di titik nadir yang sama dan hanya mengalami perubahan sudut perputaran. Konfigurasi divergen dengan *stereo bar* disebut sebagai *multiple viewpoint projections*. Perbedaan ini mempengaruhi hasil dari citra panorama

Kemudian dilakukan pengolahan citra panorama menjadi dua. Pertama dengan seluruh foto pada stereo bar bagian kiri seperti pada gambar 9 dan foto pada stereo bar bagian kanan seperti pada gambar 10.



Gambar 9. Hasil panorama foto kiri



Gambar 10. Hasil panorama foto kanan

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Konfigurasi divergen *off-axis* merupakan konfigurasi divergen terbaik untuk membangun model tiga dimensi. Kualitas model yang dihasilkan dengan konfigurasi divergen *off-axis* masih lebih rendah jika dibandingan dengan konfigurasi konvergen. Namun, hal tersebut tidak berpengaruh besar karena model tiga dimensi dengan konfigurasi divergen *off-axis* dapat diaplikasikan untuk *as-built drawing* dan kadaster tiga dimensi. Model panorama dapat dibangun dengan baik apabila menggunakan foto dari salah satu sisi *stereo bar.*

Sesuai dengan perkembangan teknologi yang semakin tinggi, Hasil dari penelitian ini dapat digunakan sebagai salah satu metode untuk membangun *Building Information Model* (BIM) dan juga untuk kadaster tiga dimensi sehingga data yang dimiliki semakin mendekati *real world.*

Pada penelitian ini, saran yang dapat diberikan adalah pengukuan titik kontrol jarak dilakukan dengan menggunakan distometer. Selain itu, Proses pemodelan interior ruangan dilakukan proses marking pada banyak objek yang ada di ruangan seperti lemari, pintu, dan jendela untuk dapat menghasilkan as-built drawing dan BIM yang lebih merepresentasikan keadaan sebenarnya. Agar dapat lebih terlihat kualitas antara model konvergen dan divergen *off-axis* diperlukan data koordinat hasil pengukuran di lapangan sebagai acuan untuk koordinat konvergen dan divergen *off-axis* ditransformasikan agar dapat terlihat perbandingannya.

Ucapan terima kasih

Penelitian ini didukung oleh Kelompok Keahlian Penginderaan Jauh dan Sains Informasi Geografis, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung.

Daftar Pustaka

Al Khalil, U., Grussenmeyer, P. & Nour El Din, M., 2002. 3D Indoor Modeling of Buildings Based on Photogrammetry and Topologic Approaches. Postdam, s.n., pp. 496-502.

Atkinson, K. B., 1996. Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Britsol: J.W. Arrowmith Ltd..

Diaz-Vilarino, L., Khoshelham, K., Martines-Sanchez, J. & Arias, P., 2015. 3D Modeling of Building Indoor Spaces and Closed Doors from Imagery and Point Clouds. Multidisciplinary Digital Publishing Institute, pp. 3491-3512.

Li, R., Yan L., Di K., Wu B. "A New Ground-based Stereo Panoramic Scanning System." ISPRS Congress. Ohio, 2012. 723.

Peleg, S., Ben-Ezra, M. & Pritch, Y., 2001. Omnistereo: Panoramic Stereo Imaging. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, March.

Shortis, M. R. & Snow, W. L., 1995. Callibration of CCD Cameras for Field and Frame Captore Modes. s.l., s.n.

http://mathworld.wolfram.com/

http://www.photomodeler.com

Analisis Regangan di Sesar Lembang, Jawa Barat, Menggunakan Data GPS Tahun 2006-2015

Shafira Irmarini[a], Irwan Meilano, Dina A. Sarsito, Hasanuddin Zainal Abidin

[a,] Geodesy and Geomatics Engineering, Institute of Technology Bandung (shafiraip@gmail.com)
[b,] Geodesy Research Division, Institute of Technology Bandung (irwanm@gd.itb.ac.id, dsarsito@gd.itb.ac.id, hzabidin@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

The aim of this research is to map the strain distributions around Lembang Fault. Data used in this research are GPS observations data spans from 2006 to 2015 and processed using GAMIT 10.5 to obtain coordinates at each GPS observation points. Proceed to the strain calculation using delaunay triangulation once the significance test using t-student is done. Results showed that the horizontal velocity vector at observation points around the fault varied up to 6 mm/year with different movements between northern and southern part of the fault. Northern part of the fault tends to move northwestward, while the southern area of Lembang Fault moves to the southeast. The existence of strain of about 0.5 microstrain around the Lembang Fault indicates that the fault is still active. Strain pattern formed indicates fault divided into two segments, namely west with normal faulting and the east with strike slip faulting.

Keywords Lembang Fault, GPS, Strain

Pendahuluan

Metode Global Positioning System (GPS) yang pesat telah terbukti menjadi alat yang marak digunakan untuk memahami fenomena deformasi, tidak hanya melalui analisis data dan simulasi numerik, tetapi juga untuk analisis deformasi dan akivitas tektonik. Saat ini, teknik GPS telah digunakan dalam studi estimasi regangan pada sesar aktif di Indonesia. Di Pulau Jawa, pengamatan GPS telah dilakukan di 14 stasiun sejak tahun 1992 yang meliputi Lembang dan Sesar Cimandiri [Setyadji et al., 1997]. Penelitian ini menggunakan data GPS periodik dan kontinu untuk mengestimasi tingkat kecepatan dan regangan sesar Lembang. Retakan akibat letusan gunung vulkanik menyebabkan terbentuknya patahan normal (*normal-faulting*) dan pembentukan sesar Lembang [Afnimar et al., 2015]. Sesar Lembang adalah salah satu dari tiga patahan aktif di Jawa Barat, yang terletak sekitar 8 km sebelah utara dari kota Bandung. Secara topografis terbukti bahwa adanya pembelokan jalur sungai dan lembah sekitar Sesar Lembang [Tjia, 1968]. Bagian barat Sesar Lembang merupakan daerah-daerah berpenduduk padat, termasuk Kabupaten Parongpong yang mengalami gempa pada 28 Agustus 2011 [Meilano et al., 2012].

Sesar Lembang

Penyelidikan awal diterbitkan pada tahun 1968. Menurut Tjia, sesar Lembang memiliki gawir sesar menghadap utara yang memiliki lereng curam, serta terdiri dari pergeseran dua belas sungai dan lembah. Selain itu, sepuluh dari dua belas sungai dan lembah mengalami pergerakan horizontal mengiri, sementara dua lainnya tampaknya menunjukkan pergerakan menganan, yaitu bukit Tjimahi, Nanggarak, dan Tjibeureum dekat gap airnya. Hal ini juga disebutkan bahwa Tjihideung Timur memiliki perpindahan horizontal terbesar dan Tjimahi Barat memiliki jumlah perpindahan horizontal terendah.

Meskipun disepakati bahwa perpindahan murni sesar secara vertikal dari horizontal, catatan menunjukkan bahwa pergerakan mengiri dari sesar Lembang merupakan hasil dari *maximum compression* horizontal Timur-Barat selama beberapa kali di Asia Tenggara[Tjia, 1968].

Penyelidikan lebih lanjut terkait dengan sesar Lembang menggunakan metode GPS diterbitkan oleh Meilano et al. pada tahun 2012. Studi ini menunjukkan bahwa sesar Lembang memiliki komponen horizontal mengiri berdasarkan pengamatan GPS. Dikarenakan rendahnya kualitas pengamatan GPS pada komponen vertikal, kemungkinan mekanisme lain seperti *dip-slip* seperti yang dinyatakan dalam publikasi sebelumnya [Tjia, 1968] tidak dapat dideteksi [Meilano et al. 2012].

Publikasi lain yang berkaitan dengan sesar Lembang disajikan pada tahun 2015. *Depressurization reservoir* dari magma menyebabkan patahan normal dan awal mula terbentuknya sesar Lembang. Sesar ini memiliki lereng curam yang dipelajari oleh Tjia, kemudian menyimpulkan terjadinya perpindahan, baik *dip-slip* dan *strike-slip* [Afnimar et al., 2015].

Dengan demikian, sesar lembang dapat memicu gempa bumi di masa yang akan dating dengan kekuatan gempa yang sama besarnya di masa lampau. Meskipun penelitian paleoseismologi sesar Lembang memiliki bukti yang signifikan di masa lampau, kegempaan di sekitar sesar Lembang umumnya sangat rendah dan sebagian besar tidak dirasakan oleh orang-orang.

Pendekatan geologi yang tergolong baru pada Lembang penyelidikan sesar yaitu menggunakan metode paleoseismologi telah berhasil mempelajari studi karakteristik sesar aktif di daerah kering-subtropis [Daryono, 2016]. Hasil uji paritan menunjukkan bukti gempa bumi terakhir yang terjadi pada sesar Lembang di abad ke-15, yaitu tahun 1450-1460. Melalui perpindahan sungai dan analisis stratigrafi, itu terbukti bahwa sesar Lembang bergerak secara horizontal dengan 3-5,5 mm / tahun dengan 29km panjang. Sesar ini mampu menghasilkan gempa bumi berkekuatan 6,5-7.

Menurut Daryono, karakteristik sesar Lembang di utara (*compression*) dan *normal-faulting* pada selatan (ditandai dengan ekstensi); bagian *oblique-fauling* terletak di bagian tengah sesar dengan sekitar 6.5km sekitar Cihideung; dan *strike-slip faulting* dekat Cikapundung.

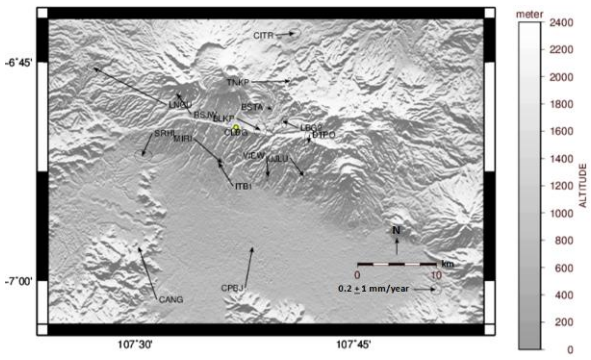
Metodologi

Jika lebih dari dua pengukuran GPS telah dilakukan, maka laju perpindahan dari masing-masing titik pengukuran dapat diestimasi [Abidin et al., 2009]. Pendekatan ini sangat tepat untuk jaringan skala kecil mencakup sesar geologi aktif karena dapat memperoleh tingkat presisi millimeter untuk acuan dasar kurang dari beberapa kilometer panjangnya.

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS pengamatan data yang membentang dari tahun 2006 sampai 2015. Kemudian data tersebut diolah untuk mendapatkan koordinat pada setiap titik pengamatan GPS. Setelah koordinat masing-masing titik diperoleh, transformasi koordinat dan perhitungan kecepatan dilakukan untuk selanjutnya kecepatan masing-masing titik direferensikan terhadap titik yang dianggap paling mendekati jalur sesar. Berikutnya adalah perhitungan regangan menggunakan segitiga Delaunay setelah uji signifikansi dilakukan. Kemudian hasil yang diperoleh berupa pola regangan sekitar sesar Lembang dipetakan.

Hasil dan Pembahasan

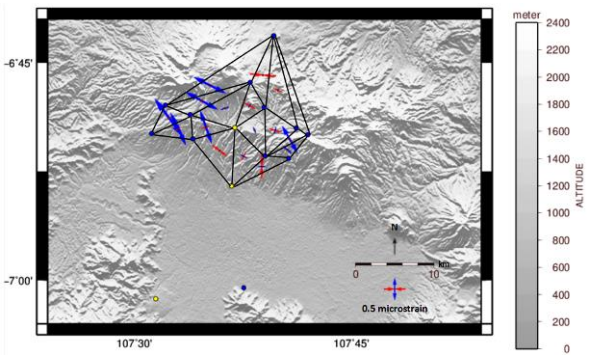
Hasil penelitian menunjukkan bahwa vektor kecepatan horizontal pada titik pengamatan di sekitar sesar bervariasi hingga 6 mm/tahun dengan pergerakan yang berbeda antara bagian utara dan selatan. Bagian utara dari sesar cenderung bergerak ke arah barat laut, sementara wilayah selatan sesar Lembang bergerak ke tenggara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kecepatan stasiun GPS terhadap sesar

Adanya regangan sekitar 0,5 microstrain sekitar sesar Lembang menunjukkan bahwa sesar tersebut masih aktif. Pola regangan (lihat Gambar 2) menunjukkan sesar dibagi menjadi beberapa segmen, yaitu barat dengan indikasi gerakan *oblique-faulting*, bagian tengah dengan *strike-slip faulting*, dan tenggara dengan *normal-faulting*.

Distribusi tingkat regangan sekitar sesar Lembang memiliki besaran microstrain/tahun. Dari Gambar 2, dapat dilihat dengan jelas bahwa tingkat regangan berbagai di setiap segitiga. Besarnya komponen ekstensional di daerah barat laut dari sesar dominan dari tenggara, sedangkan wilayah tenggara sesar telah pola pemendekan. Hal ini juga dapat dilihat sisi jauh tenggara dari sesar Lembang di mana lereng curam sesar utara menghadap memiliki komponen ekstensional yang signifikan, terutama di dekat Maribaya.



Gambar 2. Pola regangan disekitar sesar

Shortening pada bagian tengah dari sesar Lembang kemungkinan besar dipengaruhi oleh gunung berapi-tektonik Tangkuban Perahu yang terletak di sisi utara-barat laut dari sesar. Gaya yang timbul akibat migrasi magma memicu perpindahan posisi kerak bumi di permukaan. Hal ini juga dapat diprakarsai oleh efek samping dari *extension* yang terjadi di sebelah timur dan barat sesar. Hal ini yang

menyebabkan terjadinya *shortening* pada bagian tengah sesar Lembang. Dengan menghubungkan jenis sesar, *oblique-faulting* terjadi di barat laut, bagian tenggara sesar dengan karakter *normal-faulting*, dan s*trike-slip faulting* di tengah.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang dibahas dalam bab sebelumnya, dapat diringkas sebagai berikut: Vektor kecepatan horizontal pada titik-titik pengamatan di sekitar sesar bervariasi hingga 6 mm / tahun dan Adanya ketegangan dengan nilai sekitar 0,5 microstrain sekitar sesar Lembang menunjukkan bahwa sesar tersebut masih aktif. Pola regangan dengan berbagai karakteristik masing-masing laut dengan indikasi gerakan adalah patahan miring, bagian tengah dengan strike-slip faulting, dan tenggara dengan faulting normal.

Kata Pengantar

Penelitian ini didanai oleh Skema Penelitian Institut Teknologi Bandung 2016. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial Indonesia untuk penyediaan data.

Daftar Pustaka

[1] Setyadji, B., Murata, I., Kahar, J., Suparka, S. & Tanaka, T. (1997). Analysis of GPS Measurement in West-Java, Indonesia. Ann. Disas. Prev. Res. Inst. Kyoto Univ. 40, B-1, 27-33.

[2] Afnimar, Yulianto, E., and Rasmid. (2015). Geological and tectonic implications obtained from first seismic activity investigation around Lembang fault *Geoscience Letters*, 1-11.

[3] Tjia H.D. (1968). The Lembang Fault, West J ava. *Geologie En Mijnbouw* 47(2):126–130.

[4] Meilano, I., Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, I., Sarsito, D., Hanifa, R., Rino, Harjono, H., Kato, T., Kimata, F., and Fukuda, Y. (2012). Slip Rate Estimation of the Lembang Fault West Java from Geodetic Observation. *Journal of Disaster Research*, 7(1).

[5] Daryono, M.R,. (2016). Paleoseismologi Tropis Indonesia (Dengan Studi Kasus di Sesar Sumatera, Sesar Palukoro-Matano, dan Sesar Lembang). Dissertation, Institut Teknologi Bandung, Bandung, 2016.

[6] Abidin, Andreas, Kato, Ito, Meilano, Kimata, Natawidjaya, Harjono. (2009). Crustal Deformation Studies in Java (Indonesia) Using GPS. *Journal of Earthquake and Tsunami*, 77-88.

Analisis Deformasi Berdasarkan Pengolahan Data Pengamatan GPS Tahun 2010 – 2016 di Area Selat Madura

S. Wulandari, I[a]. Meilano [b.1], D. A. Sarsito [b.2], dan E. Gunawan [c]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika ITB (setia@students.itb.ac.id)
[b.1,] Graduate Research Active Tectonic (GREAT) ITB (irwan.meilano@gmail.com)
[b.2,] Graduate Research Active Tectonic (GREAT) ITB (endra1997@gmail.com)
[c,] Tim Peneliti Kelompok Keilmuan Geodesi (dsarsito@gd.itb.ac.id)

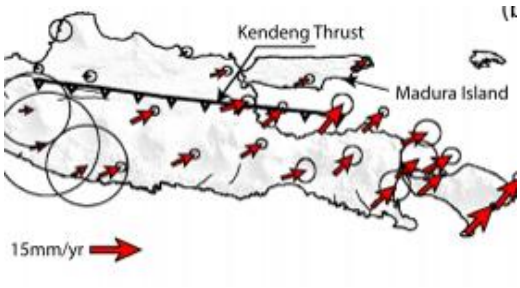
ABSTRACT

Madura Strait Area is part of Eastern Indonesia tectonic zone which is located on the convergence between the Australian Plate and Sunda Block in eastern Indonesia. That is partitioned between the subduction and a continous zone of back-arc thrusting extending 2000km from east Java to north of Timor. The impacts from this activity are many kinds of tectonic activity such a Kendeng Thrust which pass Java and Bali Basin to Flores Thrust which can be earthquake activity. The used data for doing deformation analysis in Madura Strait Area is Continously GPS data from 2010 – 2016. The data can be processed using GAMIT 10.5 that result geocentric coordinates, geodetic coordinates, and standard deviation which reference to ITRF2008. Geocentric coordinates are transformed into topocentric coordinates to know the rate of shift vector speed. The speed has been obtained later on referred to Sundaland Block. After that, it calculates the value of the strain that occurs at the points of observation. Based on the observations that have been carried out, observation points encounter vector velocity shifts, which have been in referenced to Sundaland Block. The rate of vector velocity shift is about 0,169 ± 0,011 – 0,585 ± 0.008 cm / year moving toward the northeast. Strain calculation result shows Madura Strait Area has a shortening. It indicates that there is tectonic activity as an impact from Kendeng Thrust.

Keywords: *Madura Strait Area, GPS, velocity, strain*

Pendahuluan

Wilayah Indonesia merupakan wilayah dengan aktivitas tektonik yang kompleks, hal ini dikarenakan wilayah tersebut merupakan tempat pertemuan empat lempeng tektonik yakni Lempeng Australia, Lempeng Pasifik, Lempeng Filiphina, dan Lempeng Eurasia. Area Selat Madura merupakan bagian dari kerangka sistem tektonik wilayah Indonesia bagian barat atau khususnya Pulau Jawa bagian timur yang berada pada zona pertemuan antara Lempeng Australia dengan *Sundaland Block* yang dibatasi oleh sumber gempa naik dan busur belakang sepanjang 2000 km dari Jawa bagian timur hingga utara Timor. Akibat dari aktivitas tersebut terdapat beragam aktivitas tektonik seperti subduksi dan adanya patahan yang melintasi Jawa dan melalui Cekungan Bali menuju Sesar Flores yang dapat memicu aktivitas kegempaan. Pada Gambar 1 di bawah ini dapat digambarkan kenampakan Patahan Kendeng yang melintasi sebagian wilayah Jawa Timur dan area Selat Madura (Kaoulali et al., 2016).



Gambar 1. Kenampakan Patahan Kendeng

Teknologi *Global Positioning System* (*GPS*) dapat digunakan untuk mendeteksi aktivitas tektonik seperti busur naik belakang (*back-arc thrust*). Terdapat beberapa stasiun pengamatan *GPS* kontinyu di Indonesia, khususnya yang melingkupi area Selat Madura. Stasiun *GPS* kontinyu yang digunakan dalam penelitian ini adalah Indonesia *Continuously Operating Reference System* (*InaCORS*) milik Badan Informasi Geospasial.

Pengamatan *GPS* dapat digunakan untuk menganalisis pergerakan titik dalam rentang waktu tertentu. Penelitian ini akan fokus pada pergerakan stasiun *GPS* dalam referensi

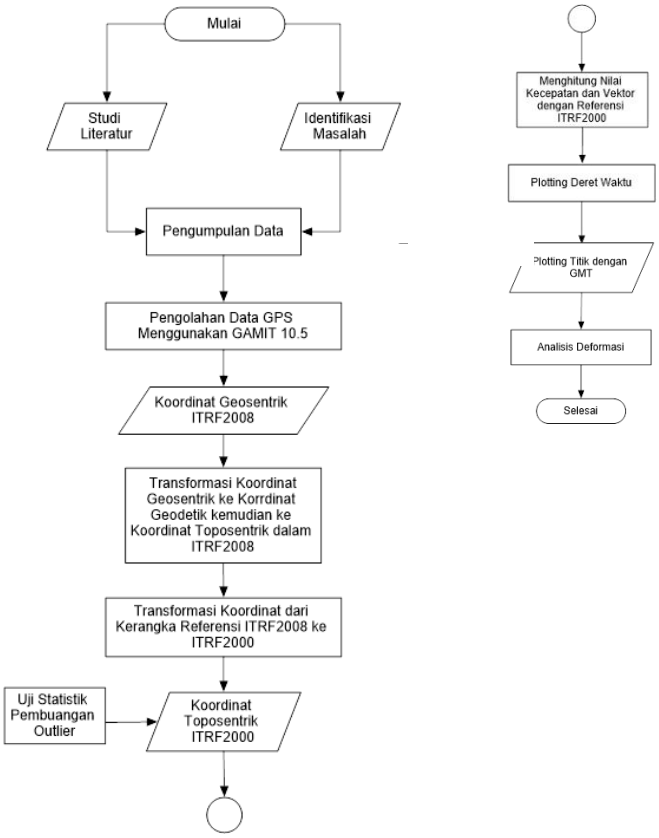
ITRF2000. Penelitian ini juga akan mempelajari pergerakan dan perpindahan aktivitas subduksi dan patahan di sekitar area Selat Madura dan untuk dapat mengindentifikasi aktivitas tektonik yang terjadi di wilayah tersebut.

Metodologi

Metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pendekatan secara deduktif. Pendekatan ini berawal dari hipotesa yang didukung dari latar belakang penelitian ini kemudian dilanjut melakukan pembuktian dengan sejumlah data. Sehingga alur kerja penelitian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur yang dapat diperoleh dari *textbook*, makalah, jurnal penelitian, artikel, dan situs internet yang berkaitan.
2. Pengumpulan data pengamatan *GPS* kontinyu tahun 2010 – 2016 yang diperoleh dari Badan Informasi Geospasial (BIG)
3. Pengumpulan data titik ikat *International GPS Service* (IGS) berdasarkan *International Terrestrial Reference Frame* (*ITRF*) 2008, dapat diakses pada situs www.igs.org
4. Pengolahan data pengamatan *GPS* kontinyu menggunakan perangkat lunak *GAMIT/GLOBK* 10.5 untuk memperoleh koordinat titik pengamatan *GPS* sehingga diperoleh koordinat geosentrik dan geodetik berdasarkan ITRF2008
5. Melakukan transformasi koordinat dari sistem koordinat geosentrik ke sistem koordinat geodetik, kemudian ke sistem koordinat toposentrik berdasarkan referensi ITRF2008. Selanjutnya, melakukan transformasi koordinat dari ITRF2008 ke ITRF2000.
6. Melakukan penghilangkan data *outlier*. Selanjutnya melakukan perhitungan arah vektor pergeseran dan kecepatan berdasarkan referensi ITRF2000.
7. Melakukan plotting deret waktu dengan nilai kecepatan yang dihasilkan beserta standar deviasinya.
8. Melakukan plotting dengan menggunakan *software Generic Mapping Tool* (GMT)
9. Melakukan analisis deformasi
10. Membuat kesimpulan dan saran terkait hasil penelitian

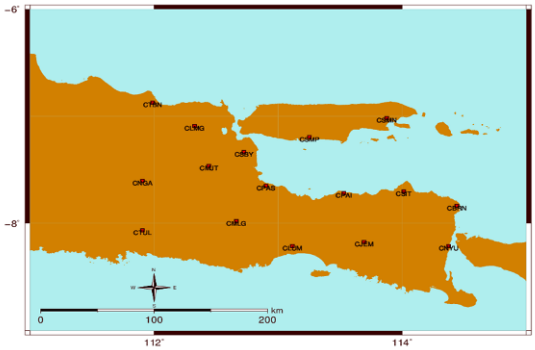
Untuk lebih jelas, metode penelitian digambarkan dalam diagram alir sebagai berikut pada Gambar 2:



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil pengamatan *GPS* kontinyu yang tersebar mencakup area Selat Madura tahun 2010 – 2016.

Stasiun Data pengamatan *GPS* kontinyu ini diperoleh dari Badan Informasi Geospasial. Stasiun pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebanyak 16 titik yaitu:

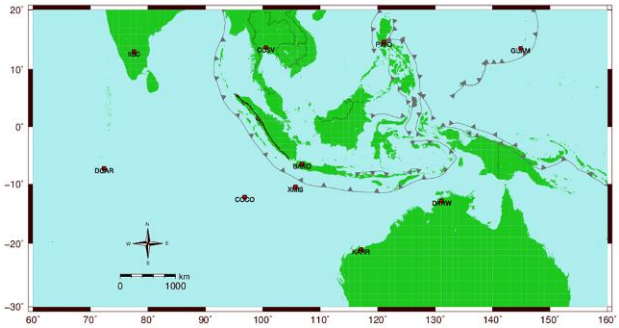


CJEM, CLMG, CLUM, CMJT, CMLG, CNYU,

CPAI, CPAS, CSBY, CSIT, CSMN, CSMP, CTBN, CTUL, CBRN, dan CNGA. Persebaran stasiun pengamatan *GPS* kontinyu dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini:

Gambar 3. Persebaran stasiun pengamatan *GPS* Kontinyu di area Selat Madura

Pengolahan data pengamatan *GPS* kontinyu membutuhkan titik ikat sebagai data pendukung. Titik ikat yang digunakan adalah stasiun *International GPS Service* (IGS) yang tersebar di permukaan bumi dan bereferensi kepada ITRF2008. Stasiun IGS yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 10 stasiun yaitu BAKO, COCO, CUSV, DARW, DGAR, KARR, IISC, GUAM, XMIS, PIMO. Persebaran titik IGS

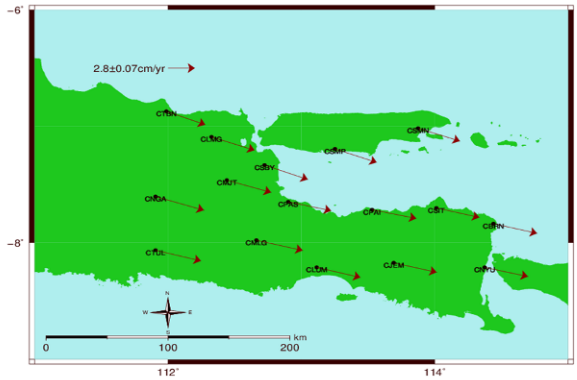


yang digunakan ditunjukkan oleh Gambar 4.

Gambar 4. Persebaran titik ikat IGS yang melingkupi area Selat Madura

Hasil dan Pembahasan

Kecepatan vektor pergeseran adalah besaran yang menyatakan perubahan suatu titik pengamatan dalam selang waktu tertentu, sehingga dapat dijadikan indikator terjadinya deformasi. Setelah mendapatkan koordinat toposentrik di titik pengamatan dari proses sebelumnya adalah menghitung kecepatan dan standar deviasinya. Kecepatan hasil yang diperoleh masih bereferensi terhadap ITRF2000



yang ditunjukkan Gambar 5.

Gambar 5. Kecepatan vektor pergeseran bereferensi ITRF2000

Kecepatan dan arah vektor pergeseran dengan Referensi ITRF 2000 sebesar 2.83 ± 0.007 cm/tahun ke arah tenggara. Kecepatan dan arah vektor pergeseran ini sebagai indikator adanya gaya yang menyebabkan terjadinya deformasi dari Blok Sunda yang menjadi zona perbatasan lempeng pada area peneltian tersebut.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, kecepatan vektor pergeseran titik–titik pengamatan di area Selat Madura yang bereferensi ITRF 2000 berkisar 1.5 – 2.8 ± 0.007 cm/tahun. Untuk arah vektornya berdasarkan referensi ITRF 2000 ke arah tenggara. Hal ini merupakan indikator adanya efek pergerakan dari Blok Sunda yang menjadi zona perbatasan lempeng pada area peneltian sehingga menyebabkan pergeseran titik – titik pengamatan..

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada peneliti dan staff dari GREAT ITB, Badan Informasi Geospasial, dan Kelompok Keilmuan Geodesi ITB yang telah memberikan banyak masukan dan bantuan dalam pembuatan dan pengembangan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. (2007). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Anderson, E.M. (1951). *The Dynamics of Faulting and Dyke Formations*. Oliver and Boyd.

Bock, Y., L. Prawirodirdjo, J.F. Genrich, C. W. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S. S. O. Puntodewo, and E. Calais. (2003). *Crustral motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements*, J. Geophys. Res., 108 (B8), 2367, doi:10.1029/2001JB000324.

Chrzanowski, A., Chen, Y.Q., Romero, P., J.M., (1986). Integration of Geodetic and Geotechnical Deformation Surveys in the Geosciences : *Tectonophysics*. 130, pp. 369-383.

Fajriyanto. (2011). *Pembuatan Model Deformasi Di Selat Sunda Berdasarkan Pengamatan GPS Kontinyu Tahun 2009-2011*, Tesis Magister Program Studi Tekni Geodesi dan Geomatika, FITB-ITB, Bandung.

Kuang, Shanlong. (1996). *Geodetic Network Analysis and Optimal Design: Concepts and*

Application. Chelsea, Michigan, ISBN : 1-57504-044-1, USA.

Sapi'ie, B. (2009). Diktat Kuliah Geologi Dasar, Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian.

Sapi'ie, B. (2007). Modul Perkuliahan Seismotektonik, Teknik Geologi, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian.

Scholz, C.H. (2002). The Mechanics of Earthquakes and Faulting. United Kingdom : Cambridge University Press. Second Edition.

Segall, P. (1997) : *GPS Applications for Geodinamics and Earthquake Studies*. Annu. Rev. Earth Planet Science, 25, pages 301-336.

Sieh, Kerry, and D.H. Natawidjaja. (2000). "Neotectonics of the Sumatran fault, Indonesia." Journal of Geophysical Research: Solid Earth (1978-2012), doi 105.B12 : 28295-28326.

Wolf, P.R and Ghilani,D. Charles. (1997). *Adjusment Computations Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*. Wiley-Interscience, New York, USA.

Prijatna, K. (2010). Sistem Koordinat & Datum Geodetik, Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian.

Stern, R. J. (2002). *Subduction Zones.* Texas: Geosciences Department, University of Texas.

Turcotte, D. L., & Schubert, G. (2002). *Geodynamics.* New York: Cambridge University Press.

Koulali, A. (2016). *Crustal Strain Partitioning and The Associated Earthquake Hazard In The Eastern Sunda – Banda Arc*. Geophysical Research Letter. 43, 1943 -1949

Satyana H. (2004). *Rembang – Madura – Kangean – Sakala (RMKS) Fault Zone, East Java Basin : The Origin and Nature of a Geologic Border.* Geology Research Letter. pp1-12

Clements B., Hall R., Smyth H.R., Cottam M.A. (2009). *Thrusting of A Volcanic Arc: A New Structural Model for Java*. SE Asia Research Group, Department of Earth Science, Royal Holloway University of London, Egham, Surrey TW20 0EX, United Kingdom. Pp159-174

Smyth H.R., Hall R., Nichols G.J. (2008). *Cenozoic Volcanid Arc History of East Java, Indonesia: The Statigraphic Record of Eruptions on An Active Continental Margin*. SE Asia Research Group, Department of Earth Science, Royal Holloway University of London, Egham, Surrey TW20 0EX, United Kingdom. Pp199-222

Estimation of Distribution of Horizontal Velocity Vector of Tectonic Plates/Blocks in Indonesian Region Using Least-Squares Prediction Method

Sidik Tri Wibowo, Kosasih Prijatna, Irwan Meilano

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika,
Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesa No. 10, Bandung 40132, Indonesia
(sidikt.wibowo@gmail.com)

With the enactment of Indonesian Geospatial Reference System 2013 (IGRS013), it is necessary to develop deformation model. Deformation models can be developed by doing gridding based on GPS stations velocity vector data. In this paper, we estimate the distribution of horizontal velocity vectors of six tectonic plates/blocks in Indonesian region (Sunda (SU), Mollucan Sea (MS), Banda Sea (BS), Timor (TI), Bird Head (BH), and Australia (AU)) in a regular grid (1^o) based on 253 GPS stations velocity vector using least-squares prediction (LSP) method. The predictions are performed separately for each plate/block and for each component of the vector (east-west and north-south component). Covariance function models were obtained by fitting the data with Gaussian function ($f(d)=a.exp(-b^2d^2)$, with a and b are constant parameters to be estimated. Based on the model covariance function optimally obtained, the residual value of the velocity vector is estimated at -7.2 to 7.1 mm for north-south component and 9.0 to 15.1 mm for east-west component.

Keywords *model deformasi, fungsi kovariansi, GPS, Least-Squares Prediction.*

Pendahuluan

Sebagai wujud kebijakan one map policy, pada tahun 2013, Indonesia menetapkan Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI2013) sebagai sistem referensi tunggal dalam kegiatan penentuan posisi di Indonesia menggantikan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN95). SRGI2013 merupakan datum semi-dinamik dengan kerangka referensi terdefinisi pada epok 2012,0 dan mengacu pada ITRF2008. Salah satu karakteristik dari SRGI2013 yang membedakan dengan DGN95, seperti tercantum dalam Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (Perka BIG) No. 15 Tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia Tahun 2013, adalah bahwa SRGI2013 telah memperhitungkan faktor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi dari waktu. Hal tersebut dapat diakomodir dengan pendekatan model deformasi.

Dalam perspektif datum semi-dinamik, model deformasi diperlukan untuk keperluan transformasi koordinat dari epok pengukuran ke dalam epok referensi. Deformasi itu sendiri secara garis besar terdiri dari dua komponen, yaitu deformasi sekular (bersifat linier) dan deformasi non-sekular (tidak linier). Dalam makalah ini, pembahasan dibatasi hanya untuk deformasi sekular komponen horisontal, dan untuk selanjutnya, model deformasi yang disebutkan di sini adalah model deformasi untuk komponen sekular horisontal.

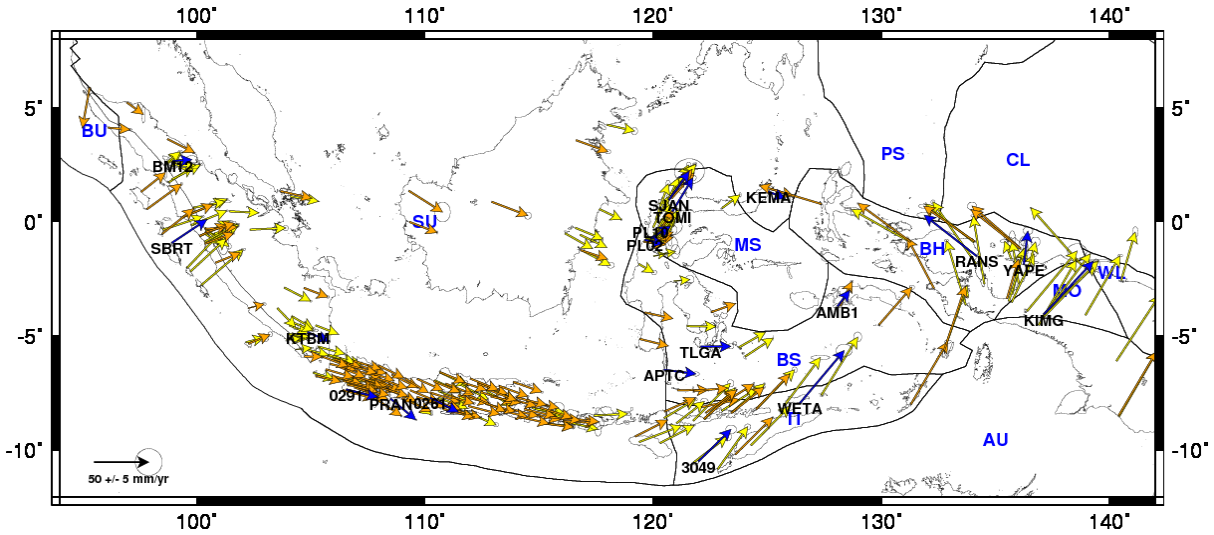
Model deformasi dapat dibangun dari data pengamatan geodetik (data pengukuran GPS). Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk membangun model deformasi (Stanaway dkk, 2014). Pemilihan metode yang digunakan bergantung pada ketersediaan (jumlah dan sebaran) data dan karakteristik tatanan tektonik area studi. Indonesia sendiri, merupakan salah satu wilayah dengan karakteristik tatanan tektonik paling kompleks di dunia karena terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif (Eurasia, Australia, Pasifik dan Laut Philippina) (Hamilton, 1989). Beberapa penelitian juga telah dilakukan yang mendefinisikan blok-blok/blok-mikro yang ada di wilayah Indonesia, diantaranya Bock dkk. (2003), Socquet dkk. (2006), Simons dkk. (2007), Nugroho dkk. (2009), Subarya (2010), dan Argus dkk. (2011) dengan jumlah total mencapai 15 blok.

Mengingat kompleksitas tatanan tektonik tersebut, jumlah dan sebaran stasiun GPS (terutama stasiun permanen GPS) masih relatif sedikit dan tersebar tidak merata, oleh karena itu, metode pemodelan deformasi yang dapat digunakan adalah dengan metode interpolasi (*gridding*) berdasarkan data kecepatan pergerakan stasiun GPS.

Metodologi

Untuk melakukan pemodelan deformasi, digunakan 253 data vektor kecepatan pergerakan stasiun GPS, yang terdiri dari 130 stasiun permanen (cGPS) dan 123 stasiun campaign (sGPS), sedangkan model batas blok yang digunakan adalah model batas blok yang didefinisikan oleh Argus dkk. (2011) seperti tampak pada Gambar 1. Metode interpolasi yang digunakan adalah metode *Least-Squares Prediction* (LSP). dibangun model fungsi kovariansinya. Jika data pengamatan adalah *l* dengan jumlah total data adalah n, maka kovariansi antar data pengamatan, C_{LL}, adalah sebagai berikut:

$$C_{LL}(0) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} L_i^2 \qquad (2)$$



Gambar 13. Data vektor kecepatan pergerakan stasiun GPS yang digunakan (dalam ITRF2008). Panah warna orange, kuning, dan bisu secara berurutan adalah vektor kecepatan pergerakan stasiun cgps, sgps dan validasi. Garis warna hitam adalah model batas blok (Argus dkk, 2011), yang terdiri dari 11 blok, yaitu BU (Burma), SU (Sunda), MS (Laut Maluku), BS (Laut Banda), TI (Timor), PS (Laut Philipina), CL (Caroline), BH (Kepala Burung), MO (Maoke), WL (Woodlark), dan AU (Australia).

Metode interpolasi LSP dipilih karena dapat mengakomodir korelasi antar data pengamatan melalui fungsi kovariasi. Model fungsi kovariansi diperoleh berdasarkan data pengamatan dengan melakukan *fitting* plot korelasi antar data terhadap jarak antar data dengan suatu fungsi yang bersifat definit positif. Dalam hal ini, fungsi yang digunakan adalah fungsi Gaussian, yaitu:

$$f(d) = ae^{-b^2 d^2} \qquad (1)$$

dengan *a* dan *b* adalah parameter konstanta yang harus diestimasi dengan menggunakan perataan *least-squares*, dan *d* adalah jarak antar titik pengamatan. Parameter *a* memiliki satuan yang sama dengan kovariansi dan parameter *b* disebut sebagai *correlation length* yang dapat menggambarkan dimensi dari tatanan tektonik area yang dipelajari.

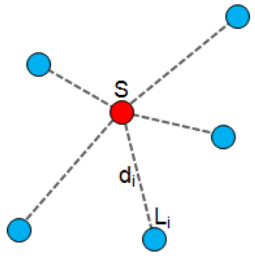
Fungsi kovariansi, dalam penelitian ini, dibangun dari data pengamatan berupa nilai laju kecepatan pergerakan stasiun-stasiun GPS yang terdistribusi di seluruh wilayah Indonesia. Dalam hal ini vektor kecepatan pergerakan stasiun didekomposisi menjadi dua komponen, yaitu laju kecepatan pergerakan komponen *east* dan laju kecepatan pergerakan komponen *north*. Masing-masing komponen tersebut

$$C_{LL}(d_p) = \frac{1}{n_p}\sum_{i<j}^{n_p} L_i L_j \qquad (3)$$

Dengan *d* adalah jarak antara dua titik pengamatan dengan interval kelas diskrit *P*. n_p adalah jumlah data yang ada dalam interval kelas. Jumlah data pada tiap interval kelas sangat penting karena dapat menentukan apakah nilai kovariansi yang diperoleh berarti secara statistik atau tidak. Jika jumlah data dalam satu interval kelas terlalu sedikit, dapat mengakibatkan nilai kovariansi pada interval kelas tersebut dapat berbeda sangat jauh dengan nilai yang lainnya, sehingga nilai tersebut perlu dihilangkan terlebih dahulu sebelum dilakukan *fitting* fungsi kovariansi. Model fungsi kovariansi yang diperoleh menggambarkan korelasi antar sinyal pada titik pengamatan, dan untuk selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung korelasi antar sinyal pada titik pengamatan (C_{sl}) dan titik prediksi dan korelasi antar sinyal pada titik prediksi (C_{ss}).

Metode LSP mensyaratkan bahwa data terdistribusi secara acak dan bersifat stasioner sehingga memenuhi *stationary random function* dimana fungsi kovariansi (*C*) akan mendekati nilai rata-rata jika nilai jarak (*d*) mendekati tak terhingga (Goudarzi dkk, 2015). Untuk

menyederhanakan formula, maka nilai rata-rata tersebut ditetapkan 0 (*C(d) => 0* jika *d => ∞*). Untuk itu, kecenderungan linier (*trend*) yang terdapat dalam data harus dihilangkan terlebih dahulu. *Trend* didefinisikan sebagai komponen dari fenomena acak yang memiliki periode lebih besar dari sample data yang terekam (Goudarzi dkk, 2015; Mikhail dan Ackerman, 1976). Jika *trend* tidak dihilangkan, maka dapat mengakibatkan matrik kovariansi data menjadi singular atau hampir singular. Dalam hal ini, *trend* yang digunakan adalah rata-rata data pengamatan. Jadi, sebelum dilakukan interpolasi, seluruh data dikurangkan terlebih dahulu dengan nilai rata-rata data tersebut. Hasil interpolasi yang diperoleh kemudian ditambahkan kembali dengan nilai rata-rata tersbut agar diperoleh hasil akhir berupa vektor kecepatan pergerakan titik-titik interpolasi.



Gambar 14. Ilustrasi interpolasi menggunakan metode LSP.

Selanjutnya, pergerakan lempeng tektonik diasumsikan homogen dan isotropik sehingga fungsi kovariansi dapat diterapkan dimana saja dan hanya bergantung pada jarak. Fungsi kovariansi yang dibentuk dari data pengamatan disebut dengan fungsi kovariansi empirik. Jika fungsi kovariansi sudah terbentuk, maka fungsi kovariansi tersebut dapat diterapkan untuk data set lain dengan interval yang berbeda untuk area yang sama atau untuk area yang lainnya yang memiliki tatanan tektonik yang mirip (Fiky dkk, 1997).

Prediksi dengan metode LSP selanjutnya dapat dijelaskan dengan melihat Gambar 2. Dari Gambar 2., jika akan ditentukan sinyal pada titik prediksi S (*s*) berdasarkan data pengamatan pada titik-titik L (l), dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$s = \alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_3 l_3 + \ldots + \alpha_n l_n \quad (4)$$

$$s = \sum_{i=1}^{n} \alpha_i l_i \quad (5)$$

dengan α_i adalah koefisien bobot yang akan ditentukan.

Kesalahan prediksi (v_s):

$$v_s = \tilde{s} - s = \tilde{s} - \sum_{i=1}^{n} a_i l_i \quad (6)$$

Jika v_s dikuadrakan, maka diperoleh:

$$v_s^2 = [\tilde{s}]^2 - 2\sum_{i=1}^{n} a_i \tilde{s} l_i + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i a_j l_i l_j \quad (7)$$

Jika M adalah operator rata-rata (averaging operator), maka:

$$M(v_s^2) = M([\tilde{s}]^2) - 2\sum_{i=1}^{n} a_i M(\tilde{s} l_i) + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i a_j M(l_i l_j) \quad (8)$$

atau:

$$\sigma^2 = C_s - 2\sum_{i=1}^{n} a_i C_{sl_i} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} a_i a_j C_{l_i l_j} \quad (9)$$

Dalam notasi matriks dan vektor:

$$\sigma^2 = C_s - 2a^T C_{sl_i} + 2a^T C_{l_i l_j} \quad (10)$$

Dengan *a* adalah vektor bobot (n x 1), C_{sli} adalah matriks kovariansi sinyal pada titik prediksi dan sinyal pada titik pengamatan (1 x n), dan C_{lilj} adalah matriks kovariansi antar sinyal pada titik pengamatan (n x n).

Dalam prinsip *least-squares*, jumlah kuadrat kesalahan harus minimum, maka:

$$\frac{\partial \sigma^2}{\partial a} = 0 = -2C_{sl_i} + 2a^T C_{l_i l_j} \quad (11)$$

sehingga nilai koefisien *a* dapat diperoleh dengan:

$$a^T = C_{sl_i} C_{l_i l_j}^{-1} \quad (12)$$

Telah diketahui sebelumnya pada persamaan xxx, bahwa:

$$s = \sum_{i=1}^{n} a_i l_i \quad \text{atau,}$$

$$s = a^T L \quad (13)$$

Subtitusi persamaan xxx ke dalam persamaan xxx menghasilkan:

$$s = \mathrm{C}_{\mathrm{sl_i}} C_{l_i l_j}^{-1} L \quad (14)$$

yang digunakan untuk menentukan *s*. Dengan *L* adalah vektor data pengamatan (n x 1).Selanjutnya,

matriks kovariansi untuk sinyal pada titik prediksi yang diestimasi, E_{ss} (n x n), adalah sebagai berikut:

$$E_{ss} = C_{ss} - C_{sl_i} C_{l_i l_j}^{-1} C_{l_i s} \quad (15)$$

Dengan C_{ss} adalah matriks kovariansi antar sinyal pada titik prediksi, C_{sl} adalah matriks kovariansi antara sinyal pada titik prediksi dan titik pengamatan, C_{ll} adalah matriks kovariansi antar sinyal pada titik pengamatan. C_{ss}, C_{sl}, C_{ll} diperoleh berdasarkan parameter fungsi kovariansi optimal yang telah diperoleh. Untuk memperoleh hasil akhir, yaitu sinyal pada titik prediksi, nilai *s* kemudian ditambahkan lagi dengan nilai rata-rata data.

Metode interpolasi yang telah dijabarkan di atas kemudian diterapkan untuk data pada masing-masing lempeng/blok. Dalam hal ini hanya enam lempeng/blok yang dapat dilakukan interpolasi, yaitu Blok SU, MS, BS, BH, AU, TI, sedangkan blok lainnya tidak dapat dilakukan interpolasi karena kekuranggan data yang diperlukan dalam pembentukan model fungsi kovariansi.

Hasil dan Diskusi

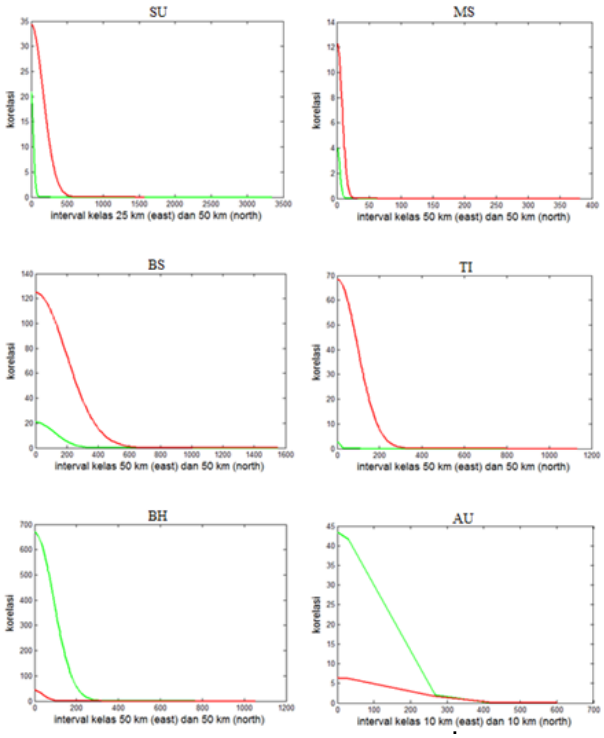
Dengan mengunakan metode yang telah dijelaskan di atas, model fungsi kovariansi optimal yang diperoleh untuk setiap lempeng/blok dapat dilihat pada Gambar 3. Dari Gambar 3 tersebut, terlihat bahwa Blok MS memiliki jarak korelasi data yang gpaling pendek yang menunjukkan bahwa Blok MS adalah yang paling rigid dibanding dengan blok lainnya. Tetapi hal tersebut masih harus diperbaiki karena data yang tersedia tidak merata untuk keseluruhan blok, melainnya hanya terdapat di daerah sekitar Palu hingga Toli-toli.

Nilai parameter model fungsi kovariansi *a* dan *b* untuk keenam blok tektonik dapat dilihat pada Tabel 1. Dari nilai parameter yang diperoleh tersebut, dapat diketahui jarak maksimum korelasi antar data pengamatan untuk setiap blok.

Tabel 9. Parameter model fungsi kovariansi enam blok tektonik yang ada di wilayah Indonesia.

Blok Tek.		Parameter fungsi kovariansi	
		a (km)	$1/b^2$
SU	*east*	21.023	0.00047833
	north	34.4	0.000017445
MS	*east*	4.0241	0.032035
	north	12.292	0.0089278
BS	*east*	20.668	0.000033782
	north	124.75	0.000012825
TI	*east*	2.6969	0.0026548
	north	68.53	0.000054337
BH	*east*	668.05	0.000061435
	north	43.123	0.00031461
MO	*east*	327.59	0.000065614
	north	-13.973	0.000062412
AU	*east*	43.259	0.000041666
	north	6.4254	0.0000181

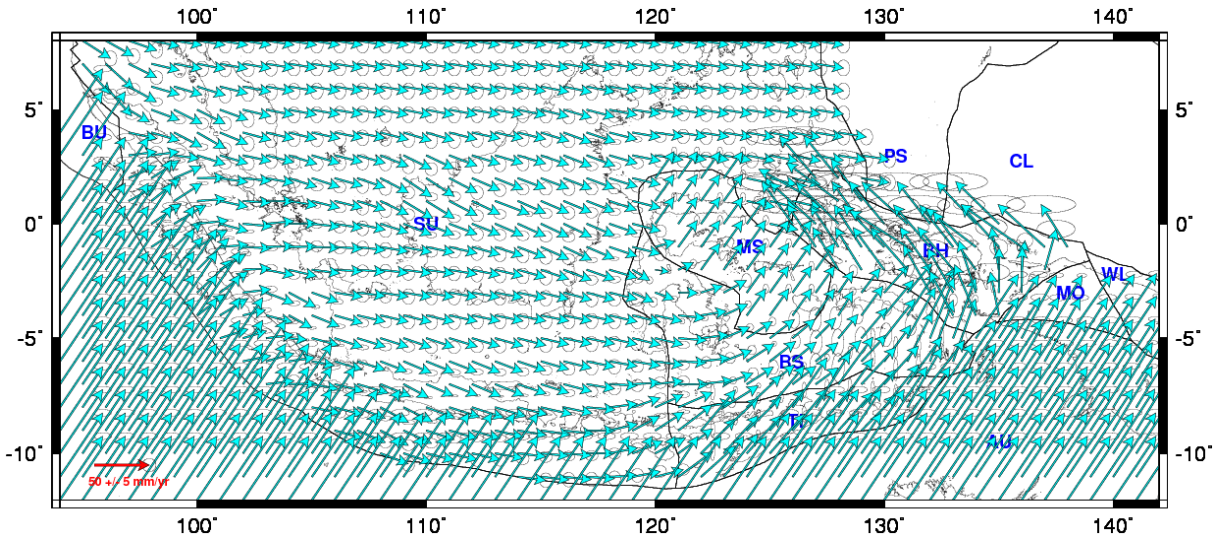
Hasil *gridding* secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4. Dari Gambar 4 tersebut, terlihat bahwa vektor kecepatan pergerakan pada titik grid Blok BH memiliki ellips kesalahan yang relatif besar. Hal tersebut terjadi karena jumlah data yang terlalu sedikit yang dapat digunakan untuk pembentukan model fungsi kovariansi.



Gambar 15. Model fungsi kovariansi optimal untuk setiap blok.

Gambar 5 memperlihatkan vektor residual hasil pemodelan dan hasil validasi. Dilihat dari vektor hasil pemodelan, terdapat data yang memiliki nilai residual relatif besar, yaitu data yang terdapat pada batas blok (SU – MS dan BH - WL) serta pada daerah sekitar patahan di Sumatera Barat. Hal tersebut dapat dipahami karena daerah tersebut adalah daerah batas blok atau patahan sehingga variasi lokal dari vektor kecepatan pergerakan tergenalisir oleh fungsi kovariansi. Untuk meminimalisir nilai residu, maka pada daerah tersebut sebaiknya dilakukan pemodelan lokal berupa model *locked fault*.

Hasil peodelan yang diperoleh kemudian dengan divalidasi dengan data vektor kecepatan pergerakan seperti tampak pada Gambar 1. Hasil validasi dapat dilihat pada Gambar 5. Dari hasil validasi yang diperoleh, secara umum menunjukkan kesesuaian arah dan besar vektor kecepatan pergerakan antara hasil pemodelan dan data aktual. Nilai absolut residual hasil validasi berkisar antara -5,2 s.d 9,2 mm



Gambar 16. Hasil *gridding* dengan metode LSP.

untuk komponen *east* dan -12,9 s.d 6,5 untuk komponen *north.*

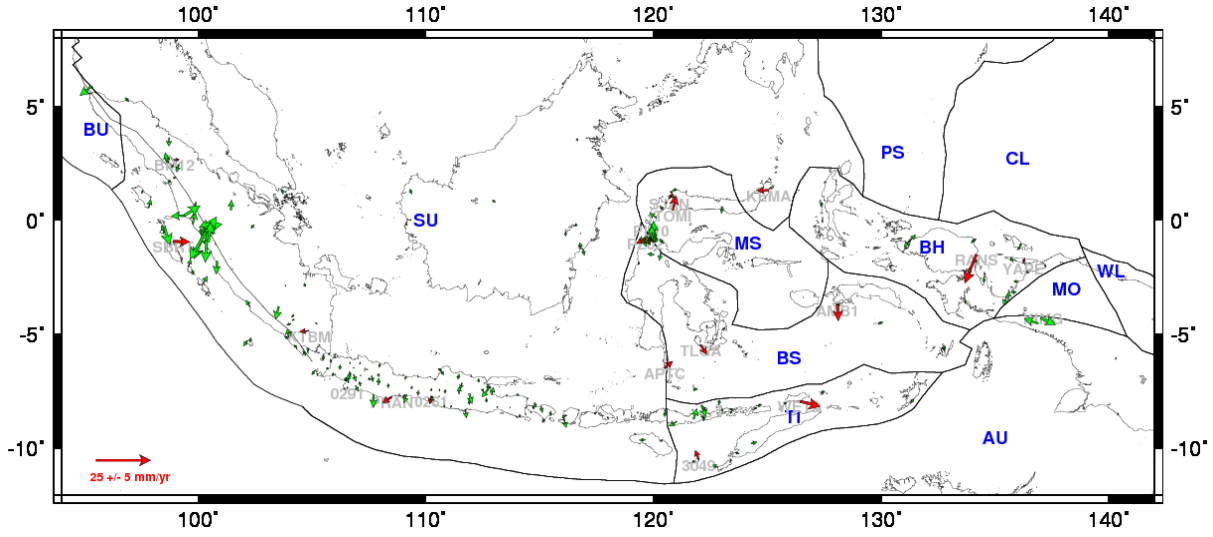
Kesimpulan dan Saran

Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Model deformasi yang dihasilkan dengan menggunakan data dan metode yang digunakan di atas menghasilkan nilai residual dalam rentang -15,1 s.d 9,0 mm untuk komponen *east* dan -7,2 s.d 7,1 untuk komponen *north* dengan nilai standar deviasi maksimal 25,8 mm untuk komponen *east* dan 10,6 mm untuk komponen *north*.
2. Model fungsi kovariansi dapat digunakan untuk menentukan kebutuhan distribusi titik kontrol pada daerah bukan rigid dengan melihat jarak maksimum korelasi data. Sebagai contoh adalah Blok SU. Dari Gambar 3, data berkorelasi hingga sejauh sekitar 500 km untuk komponen north dan sekitar 100 km untuk komponen east. Sehingga distribusi titik kontrol yang diperlukan adalah per 30 km (100 km/3) untuk komponen east dan per 150 km (500 km/3) untuk komponen north.
3. Model fungsi kovariansi dapat memperlihatkan tingkat rigiditas lempeng/blok tektonik yang diwakili.

Untuk dapat meningkatkan kualitas hasil yang diperoleh, maka saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya yaitu:

1. Penambahan data agar lebih rapat, terutama pada daerah batas blok.
2. Mengganti trend (nilai rata-rata data vektor kecepatan pergerakan tiap komponen) yang



Gambar 17. Vektor residual pemodelan dan validasi. Panah warna hijau adalah vektor residual hasil pemodelan, panah warna merah adalah vektor residal hasil validasi.

digunakan dengan nilai laju kecepatan berdasarkan parameter rotasi kutub Euler.

3. Mencoba skenario pembentukan model fungsi kovariansi berdasarkan azimut antar data.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Ir. Joni atas data dan fasilitas pengolahan data GPS yang disediakan. Terima kasih juga disampaikan kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) atas bantuan biaya pendidikan selama menjalani tugas belajar selama dua tahun; staf bidang kepegawaian dan organisasi BIG atas pelayanan yang diberikan; serta kepada semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas semua bantuan yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

Argus, D. F., Gordon, R.G., dan Demets, C. (2011): Geologically Current Motion Of 56 Plates Relative To The No-Net-Rotation Reference Frame, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 12(11), Q11001, doi:10.1029/2011GC003751.

Badan Informasi Geospasial. (2013): Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15 Tahun 2013. Badan Informasi Geospasial. Cibinong.

Bock, Y., L. Prawirodirdjo, J. Genrich, C. Stevens, R. McCaffrey, C. Subarya, S. Puntodewo, dan E. Calais (2003): Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements, *J. Geophys. Res.*, 108(B8), 2367, doi:10.1029/2001JB000324.

El-Fiky, G.S., Kato, T., Fujii, Y., (1997): Distribution of vertical crustal movement rates in the Tohoku district, Japan, predicted by least-squares collocation, *J. Geodyn*. 71, 432–442.

Goudarzi, M. A., Cocard, M., dan Santerre, R. (2015): GeoStrain: An open source software for calculating crustal strain rates, *Computers & Geosciences*. 82 (2015) 1–12.

Mikhail, E.M., dan Ackermann, F.E., (1976): *Observations and Least Squares*. IEP, New York, USA.

Simons, W.J.F., Socquet, A., Vigny, C., Ambrosius, B.A.C., Abu, S.H., Promthong, C., Subarya, Sarsito, D.A., Matheussen, S., Morgan, P., dan Spakman, W., (2007): A decade of GPS in Southeast Asia: resolving Sundaland motion and boundaries, *Journal of Geophysical Research* 112, B06420.doi:10.1029/2005JB003868.

Socquet, A., Simons W. J. F., Vigny, C., McCaffrey, R., Subarya, C., Sarsito, D. A., Ambrosius, B., dan Spakman, W. (2006): Microblock Rotations and Fault Coupling in SE Asia Triple Junction (Sulawesi, Indonesia) from GPS and Earthquake Slip Vector Data, *J. Geophys. Res*., 111, B08409, doi:10.1029/2005JB003963.

Stanaway, R., Roberts, C., dan Blick, G. (2014): Realisation of a Geodetic Datum Using a Gridded Absolute Deformation Model (ADM), *International Association of Geodesy Symposia* 139, doi: 10.1007/978-3-642-37222-3_34.

Subarya, C. (2010): *Pemodelan Estimasi Dinamika Pergerakan Lempeng Tektonik di Wilayah Indonesia dari Pengamatan GPS*, Disertasi. Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Analisis Deformasi di Kepulauan Mentawai dan Sekitarnya Berdasarkan Pengamatan Data GPS Kontinu Tahun 2012-2015

Suchi Rahmadani[a], Irwan Meilano[b], Nuraini Rahma Hanifa[c]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika ITB (suchi.rahmadani18@gmail.com)
[b,] Graduate Research on Earthquake and Active Tectonic (GREAT) ITB (irwan.meilano@gmail.com)
[c,] Pusat Penelitian Mitigasi Bencana (PPMB) ITB (rahma.hanifa.15@gmail.com)

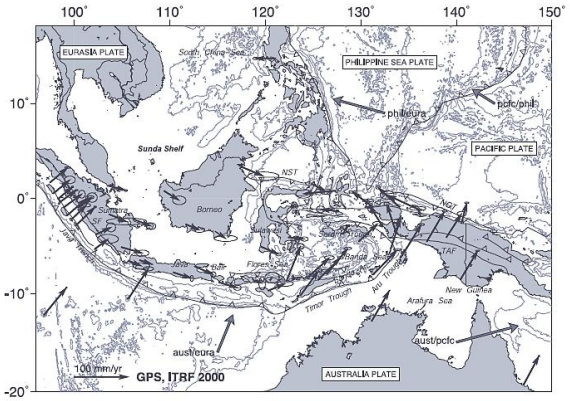
ABSTRACT

This research tries to understand the deformation characteristic occurred in the Mentawai Islands which are located near to subduction zone between Indian-Australian Plate and Eurasian Plate. The movement of these plates generate earthquakes and affect deformation on the Earth surface. Surface deformation can be detected using geodetic equipment, such as Global Positioning System (GPS). The GPS data are derived by Sumatran GPS Array (SuGAr) and Indonesia Continuously Operating Reference Station (InaCORS) from 2012-2015. The data are processed using GPS Analyze at Massachusetts Institute of Technology (GAMIT) software and Global Kalman Filter (GLOBK) software to generate the daily solutions of each GPS station. Then, the daily solutions are used to calculate velocity and strain in each GPS station. The results show that the velocities are at range 2.45±0.23 mm/year to 51.78±0.14 mm/year in ITRF2000 reference, moving to north-northeastward in the northern of Mentawai Islands and to surrounding in the southern part. Moreover, the projected velocities relative to Sunda trench shows that 15 stations in the Northern Mentawai Islands are moving away from the trench and 9 stations in the southern part are moving toward to the trench. These projected velocities cleared up that Mentawai Islands is divided into two zones that are dominated by two different seismic phases, those are interseismic phase in the northern part of Mentawai Islands due to subduction of Indian-Australian Plate to Eurasian Plate, and post-seismic phase in the southern part due to 2010 Mentawai Earthquake.

Keywords: *Mentawai Islands, GPS, deformation, earthquake*

Pendahuluan

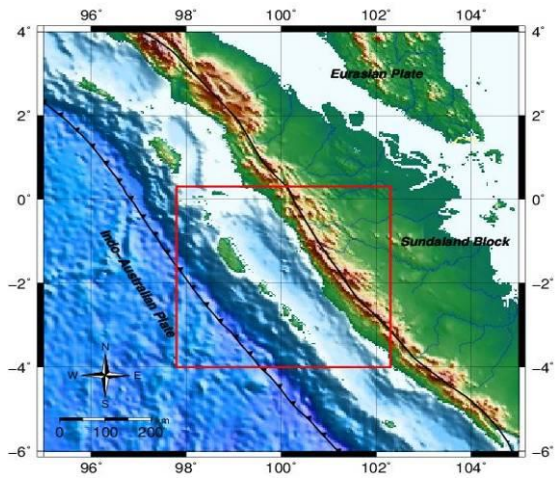
Indonesia merupakan salah satu negara dengan aktivitas tektonik yang tinggi, seperti yang terlihat pada peta tektonik aktif Indonesia pada Gambar 1.



Gambar 1. Peta tektonik Indonesia dan sekitarnya
Sumber: Bock et al. (2003)

Hal ini disebabkan karena Indonesia terletak pada pertemuan empat lempeng tektonik aktif dunia, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, lempeng Pasifik, dan satu lempeng mikro Filipina. Batas pertemuan dua lempeng menyebabkan subduksi dengan pola interaksi baik secara divergen (saling menjauh), konvergen (saling mendekat), dan transform (bergerak menyamping), sehingga semua lempeng tektonik akan mengalami pergerakan relatif terhadap lempeng lainnya.

Kepulauan Mentawai terletak di sebelah barat Pulau Sumatera dan berada pada batas konvergen pertemuan lempeng Indo-Australia serta lempeng Eurasia (Gambar 2). Lempeng Indo-Australia mensubduksi ke bawah lempeng Eurasia dengan kecepatan 5-6 cm/tahun (Prawirodirdjo, 2000), sehingga menghasilkan palung laut yang akhirnya menjadi zona subduksi di sepanjang pantai barat Pulau Sumatera yang biasa dikenal sebagai *Sunda Megathrust*. Pergerakan lempeng tersebut memicu terjadinya gempa bumi yang dapat menimbulkan deformasi permukaan.

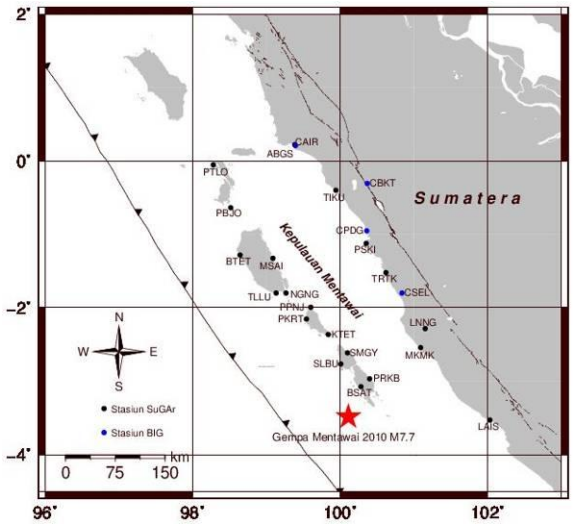


Gambar 2. Kepulauan Mentawai dan sekitarnya. Kotak merah merupakan area penelitian.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik fenomena deformasi yang terjadi di Kepulauan Mentawai dan sekitarnya berdasarkan pengolahan data *Sumatran GPS Array* (SuGAr) dan *Indonesia Continuously Operating Reference Station* (InaCORS) tahun 2012-2015. Deformasi permukaan dapat dianalisis dari vektor kecepatan setiap stasiun pengamatan.

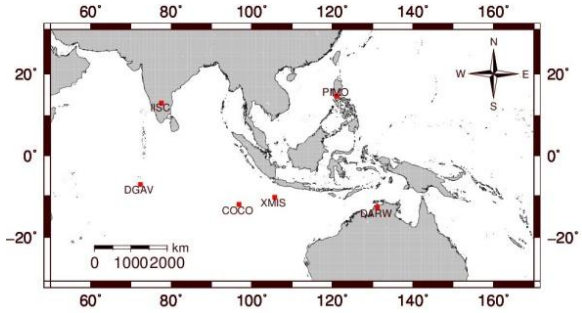
Metodologi

Data yang digunakan penelitian ini adalah data *Reciever Independent Exchange Format* (RINEX) dari SuGAr dan InaCORS yang berlokasi di sekitar daerah penelitian. Data stasiun SuGAr dan InaCORS yang digunakan dalam penelitian ini adalah data dari Januari 2012 hingga Maret 2015. Sebaran stasiun pengamatan SuGAr dan InaCORS dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Sebaran stasiun pengamatan SuGAr dan InaCORS-BIG.

Penelitian ini juga menggunakan data *International GNNS System* (IGS) sebagai titik ikat yang tersebar melingkupi daerah penelitian. Sebaran titik IGS yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Sebaran stasiun pengamatan IGS yang digunakan.

Semua data tersebut kemudian diolah menggunakan perangkat lunak *GPS Analyze at Massachusetts Institute of Technology* (GAMIT) dan *Global Kalman Filter* (GLOBK) untuk memperoleh koordinat harian dalam ITRF2000 dari setiap stasiun pengamatan.

Setelah koordinat harian dalam ITRF2000 diperoleh, dilakukan beberapa tahap pengolahan lagi sebelum melakukan perhitungan vektor kecepatan. Tahapan tersebut adalah pembuangan *outlier* serta *shifting* efek *coseismic* gempa. Hal ini dilakukan karena dalam rentang waktu penelitian terdapat satu kejadian gempa, yaitu gempa Pantai Barat Sumatera 2012. Tahapan selanjutnya adalah menghitung vektor kecepatan dari setiap stasiun pengamatan yang diperoleh dengan melakukan *linear fitting* terhadap data deret waktu. Dalam tahap ini digunakan persamaan *linear* seperti pada Persamaan (1), karena mempertimbangkan deret waktu yang memperlihatkan pola *linear*.

$$y(t) = vt + c \quad (1)$$

$y(t)$ adalah posisi pada epok t, v adalah gradien dari fungsi linear yang diestimasi sebagai kecepatan setiap stasiun pengamatan mengacu pada kerangka referensi ITRF2000, dan c adalah konstanta. Nilai v dan c diperoleh dari perhitungan *least square* menggunakan Persamaan (2) dan (3) berikut ini:

$$X = (A^T PA)^{-1} (A^T PF) \quad (2)$$

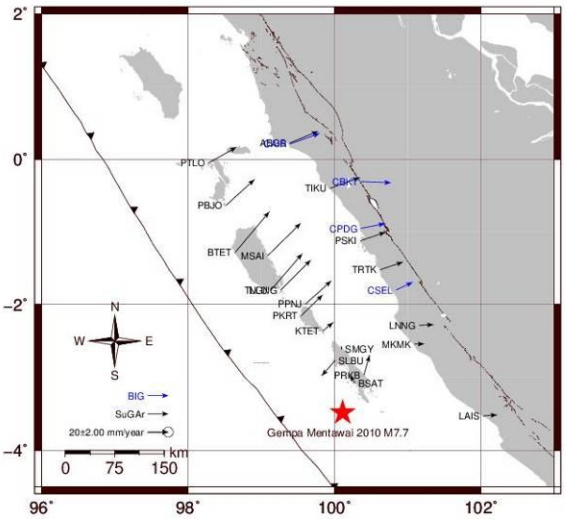
$$A = \begin{vmatrix} t_2 & 1 \\ \vdots & \vdots \end{vmatrix}; F = \begin{vmatrix} y_2 \\ \vdots \end{vmatrix}; X = \begin{vmatrix} v \\ c \end{vmatrix} \quad (3)$$

A = matriks desain, X = matriks parameter, dan F = matriks koordinat harian setiap stasiun.

Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan vektor kecepatan horizontal setiap stasiun pengamatan dalam kerangka referensi ITRF2000 dapat dilihat pada Gambar 5. Hasil perhitungan kecepatan horizontal menunjukan variasi kecepatan dengan nilai minimum sebesar 2.45±0.23 mm/tahun di stasiun SMGY dan nilai maksimum sebesar 51.78±0.14 mm/tahun di stasiun BTET.

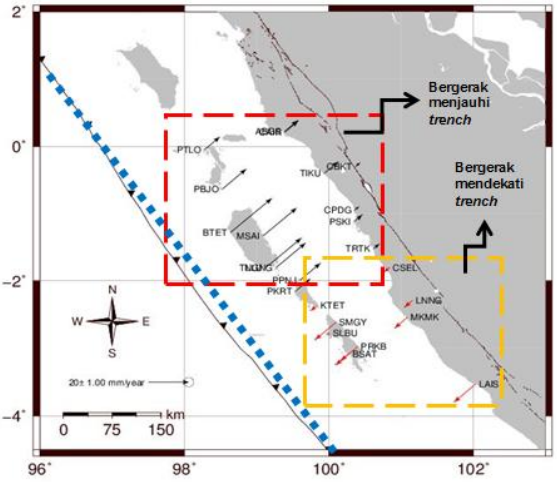
Secara umum, stasiun pengamatan di bagian utara Kepulauan Mentawai dominan bergerak ke arah utara dan timur laut, sedangkan di bagian selatan arah pergerakannya sangat bervariasi. Hal ini dapat mengindikasikan bahwa di bagian utara dan selatan Kepulauan Mentawai sedang mengalami dua fenomena deformasi yang berbeda.



Gambar 5. Vektor kecepatan horizontal setiap stasiun pengamatan dalam ITRF2000.

Di samping itu, untuk mendukung analisis deformasi horizontal, penulis mencoba memproyeksikan vektor kecepatan horizontal yang sudah dihitung sebelumnya ke suatu sumbu artifisial yang paralel dengan *Trench Sunda,* seperti yang terlihat pada Gambar 6. *Trench Sunda* dipilih karena merupakan batas konvergen dari lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Hasil proyeksi kecepatan horizontal terhadap sumbu artifisial yang paralel dengan *Sunda Trench* memperlihatkan bahwa di bagian utara Kepulauan Mentawai stasiun-stasiun pengamatan bergerak menjauhi *trench*, dan di bagian selatan bergerak mendekati *trench*. Berdasarkan fakta tersebut dapat diasumsikan bahwa di bagian utara Kepulauan Mentawai sedang dominan dipengaruhi oleh fenomena *interseismic* dan di bagian selatan masih dipengaruhi oleh efek *postseismic* gempa bumi.

Pola deformasi di bagian utara Kepulauan Mentawai hasil penelitian ini sejalan dengan hasil penelitian Chlieh, et al., (2008) dan Caroline, et al., (2015) yang menyatakan bahwa pola deformasi yang terjadi di bagian utara Kepulauan Mentawai adalah akibat *interseismic (interplate coupling)*. Sedangkan pola deformasi di bagian selatannya juga sejalan dengan hasil penelitian Mona, et al., (2015) yang menyatakan bahwa efek *postseismic* di beberapa stasiun di bagian selatan (BSAT, KTET, LNNG, MKMK, PRKB, dan SLBU) Kepulauan Mentawai ini disebabkan oleh



Gempa Mentawai 2010 M7.7.

Gambar 6. Vektor kecepatan horizontal setiap stasiun pengamatan yang diproyeksikan terhadap sumbu artifisial yang paralel dengan *Trench Sunda* (diilustrasikan dengan garis putus-putus warna biru).

Kesimpulan dan Saran

Hasil vektor kecepatan horizontal dengan referensi ITRF2000 menunjukan bahwa stasiun-stasiun pengamatan bergerak ke arah utara dan timur laut di bagian utara Kepulauan Mentawai dan bergerak cenderung ke segala arah di bagian selatannya. Variasi kecepatan stasiun-stasiun pengamatan di Kepulauan Mentawai adalah dalam rentang 2.45±0.23 mm/tahun hingga 51.78±0.14 mm/tahun. Kecepatan minimum berada di titik SMGY dan kecepatan maksimum berada di titik BTET.

Hasil proyeksi vektor kecepatan horizontal terhadap *trench* Sunda menunjukan bahwa 15 stasiun di bagian utara Kepulauan Mentawai bergerak menjauhi *trench*, yang mengindikasikan bahwa di area tersebut sedang terjadi fase *interseismic*, yang diakibatkan oleh *locking* ketika lempeng Indo-Australia mensubduksi lempeng Eurasia. Sedangkan 9 stasiun di bagian selatan bergerak mendekati *trench*, yang mengindikasikan bahwa di area tersebut masih dipengaruhi oleh fase *post-seismic* gempa bumi Mentawai 2010 M7.7. Hasil proyeksi ini memperjelas bahwa daerah Kepulauan Mentawai terbagi atas dua zona yang didominasi oleh dua fase seismik yang berbeda.

Penelitian terkait karakteristik deformasi di Kepulauan Mentawai sebaiknya perlu dikembangkan lebih lanjut agar menghasilkan analisis yang mendalam, seperti menghitung nilai regangan antar titik-titik pengamatan di daerah penelitian.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada peneliti dan staf *Graduate Research on Earthquake and Active Tectonic* (GREAT) ITB dan Pusat Penelitian Mitigasi Bencana (PPMB) ITB yang telah memberikan banyak masukan dalam pembuatan dan pengembangan penelitian ini.

Daftar Pustaka

Bock, Y., L. Prawirodirdjo, Genrich, J. F., Stevens, C.W., McCaffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, S.S.O., dan Calais, E., 2003, "Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements", *Journal of Geophysical Research*.

Caroline, F., P., Kosasih, Meilano, I., 2015, *Interplate Coupling Beneath Siberut Island*, Tesis Magister Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung.

Chlieh, M., J. P. Avouac, K. Sieh, D. H. Natawidjaja, and J. Galetzka, 2008, "Heterogeneous coupling of the Sumatran megathrust constrained by geodetic and paleogeodetic measurements", *Journal of Geophysical Research*, doi:10.1029/2007JB004981.

Mona, A., Meilano, I., Gunawan, E., 2015, "Postseismic Deformation Parameters of the 2010 M7.8 Mentawai, Indonesia, Earthquake Inferred from Continuous GPS Observations', *Asian Journal of Earth Sciences*, doi: 10.3923/ajes.2015.127.133.

Prawirodirdjo, L. M., 2000, *A Geodetic Study of Sumatra and the Indonesian Region: Kinematics and Crustal Deformation from GPS and Triangulation*, San Diego: University of California.

Kajian Penyesuaian NJOP Bumi Menggunakan Jaring Saraf Tiruan
(Studi Kasus Kota Bandung)

Dr. Andri Hernandi, ST, MT[a], Alfita Puspa Handayani, ST, MT[b], Gede Yatha Pradipta, ST, MT[c]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung (andri.hernandi.gd90@gmail.com)
[b,] Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung (alfitapuspa@gmail.com)
[c,] Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung (gdyatha@gmail.com)

ABSTRACT

The land market price have tendency to increased, but the adjustment of NJOP doesn't comply with the increasement. The number of land assessor and assessment time were not proportional to the amount of land and building, therefore it's difficult doing an assessment for NJOP adjustment. Some mass valuation method developed, one of which is to assess the spatial characteristics influence the changes of NJOP in a region. The method used in this study is a neural network with backpropagation models, and spatial factors that give most influence is the availability of shopping centers both traditional and modern markets.

Keywords. *Land and Building Tax, backpropagation, neural network*.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Penetapan NJOP yang tidak wajar menyebabkan ketidaksesuaian pajak yang yang harus ditanggung oleh subyek pajak dengan daya beli. Apabila tidak ada metode penilaian tanah secara massal yang baik, pajak terutang setiap tahun akan meningkat dan menyebabkan penurunan penerimaan di bidang pajak.

Faktor yang paling mempengaruhi besarnya NJOP adalah kondisi bidang yang digambarkan dengan jarak menuju fasilitas umum atau lokasi yang menguntungkan secara ekonomi. Dalam penelitian ini dilakukan kajian besarnya pengaruh ketersediaan pusat perbelanjaan terhadap penyesuaian NJOP. Data perubahan NJOP diambil dari tahun 1995 sampai 2006 di Kecamatan Coblog, Kota Bandung.

Sesuai acuan pada *Standard on Automated Valuation Models* yang dikeluarkan oleh *Internasional Association of Assesing Officers* (IAAO), model penilaian yang digunakan adalah jaringan syaraf tiruan *backpropagation* (*Backpropagation Neural Network* / BPNN). Penggunaan BPNN bertujuan untuk pengenalan pola pada karakteristik faktor spasial. Dengan bentuk propagasi pada BPNN diharapkan dapat menghasilkan estimasi yang baik menggunakan variabel berdimensi besar dan kecenderungan tidak linear.

Jaringan saraf tiruan (JST) adalah suatu sistem pemrosesan informasi yang cara kerjanya memiliki kesamaan tertentu dengan jaringan saraf biologis [Fausett,1994]. Jaringan saraf tiruan dikembangkan sebagai model matematis dari saraf biologis dengan berdasarkan asumsi bahwa pemrosesan terjadi pada elemen-elemen sederhana yang disebut neuron, sinyal dilewatkan antar neuron melalui penghubung, setiap penghubung memiliki bobot yang akan mengalikan sinyal yang lewat dan setiap neuron memiliki fungsi aktivasi yang akan menentukan nilai sinyal output. Informasi (sebagai input) dikirim ke neuron melalui suatu pembobotan input. Input ini diproses oleh suatu fungsi propagation yang menaikan nilai bobot input. Pembobotan input inilah yang nantinya akan menjadi kunci penyesuian NJOP.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menghasilkan penyesuaian NJOP secara wajar dengan penilaian tanah massal dan pendekatan Jaringan saraf Tiruan (JST).

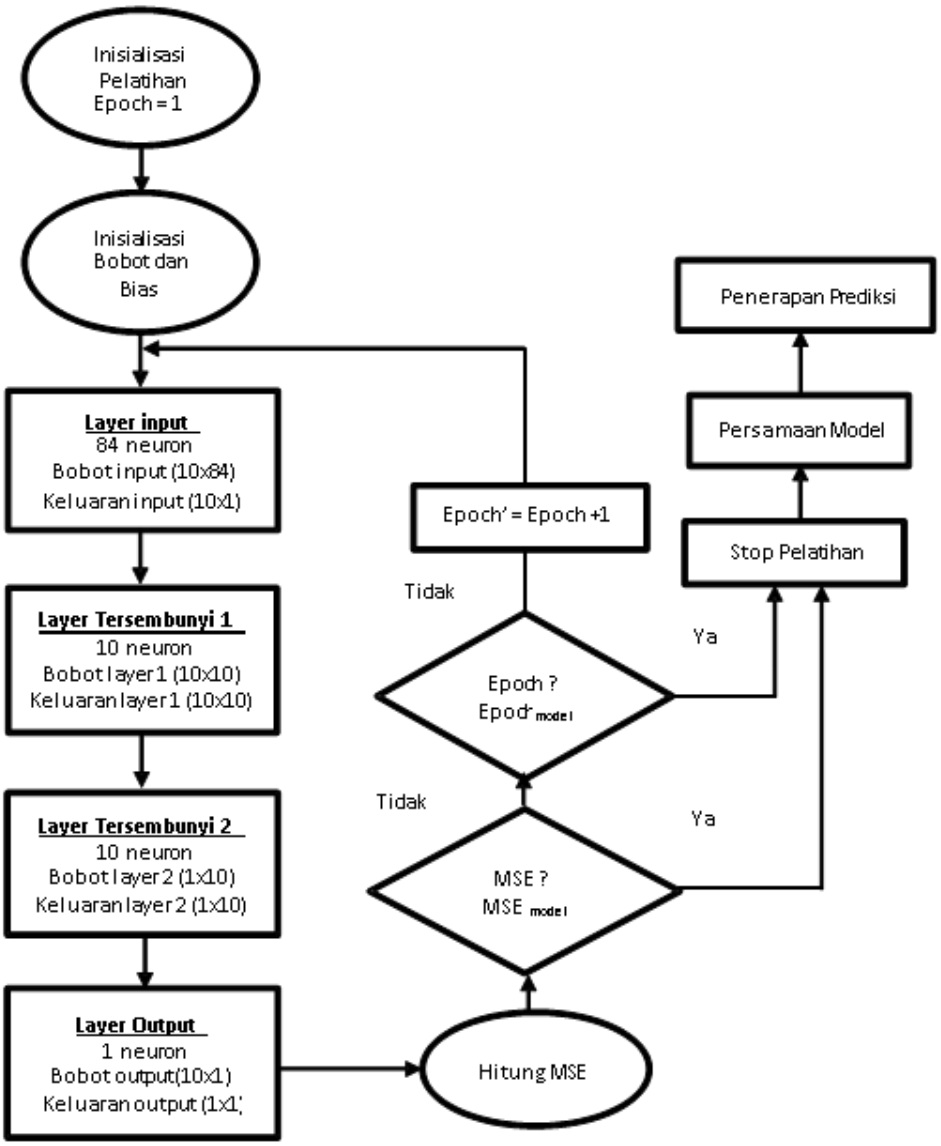
2. Metode Penelitian

JST BPNN yang digunakan dalam penelitian ini memiliki algoritma pelatihan menggunakan target NJOP agar input dapat dikenali dan diproses mendekati target. Bobot akhir pada proses

pembelajaran JST sebagai koefisien dari masing-masing variabel untuk digunakan dalam menghasilkan simulasi saat memasukkan input baru. Model bekerja berdasarkan gradien bobot negatif, yaitu setiap iterasi laju perubahan bobot semakin kecil hingga menghasilkan keluaran yang lebih stabil.

Pengolahan data dimulai dari pembentukan model BPNN dari variabel yang dimiliki, kemudian melakukan proses pelatihan jaringan dengan target NJOP dari tahun 1995 sampai 2006. Pelatihan dimulai dari inisasi bobot, penentuan normalisasi data, penentuan batas optimasi pelatihan, dan verifikasi dengan target. Selanjutnya dilakukan validasi yang bertujuan mengetahui karakter model dan besarnya kesalahan dalam melakukan prediksi.

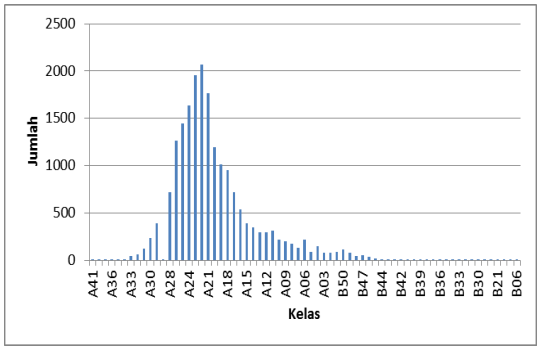
Beberapa penelitian sebelumnya menggunakan JST dalam mengestimasi nilai tanah dengan pendekatan nilai pasar dilakukan pada tahun yang sama. Pada penelitian ini model JST digunakan untuk memprediksi NJOP dari data beberapa tahun sebelumnya yang tersedia. Semakin banyak tahun data, menghasilkan prediksi yang lebih baik. Penelitian ini menggunakan pusat perbelanjaan sebagai faktor yang mempengaruhi perubahan NJOP.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Jaringan Syaraf Tiruan BPNN

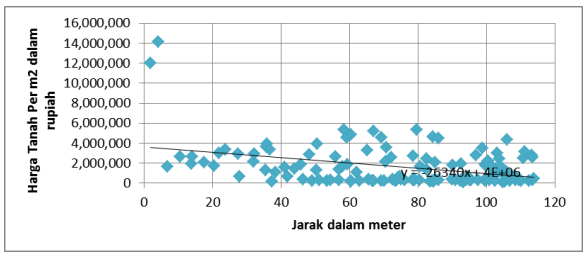
3. Hasil dan Pembahasan

Bidang tanah yang dapat diidentifikasi pada data sampai tahun 2007 memiliki rentang harga yang cukup besar dari Rp 1.340.000 sampai Rp 87.299.506.000. Luas tanah bervariasi antara 2,75 m^2 sampai 10,12 Ha. Dalam klasifikasi data NJOP digunakan kelas nilai tanah yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Pajak, sehingga sebaran kelas tanah pada tahun 2007 dapat digambarkan pada gambar 2 sebagai grafik terdistribusi normal. Kelas tanah terendah adalah A41 sedangkan tertinggi adalah B06.

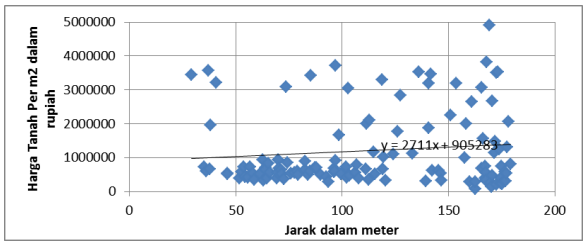


Gambar 2. Sebaran Kelas Data NJOP

Dari model JST dapat dilihat hubungan pusat perbelanjaan dalam mempengarhi perubahan NJOP. Sedangkan untuk melihat hubungan sebuah variabel, dapat menggunakan grafik seperti gambar 3 dan 4. Grafik mengambil sampel beberapa titik dengan jarak tertentu dari pusat perbelanjaan tradisional dan modern. Dari grafik terlihat hubungan yang berbeda, yakni pada pasar simpang memiliki hubungan negatif, semakin jauh dari pasar NJOP mengalami penurunan. Sedangkan NJOP mengalami peningkatan menjauh dari CIWALK.



Gambar 3. Grafik Hubungan Pasar Simpang Dago Terhadap NJOP



Gambar 4. Grafik Hubungan CIWALK Terhadap NJOP

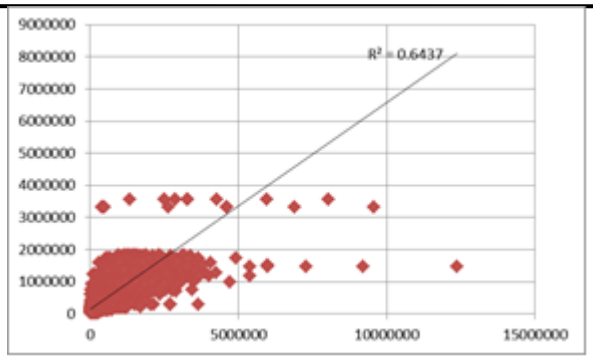
Untuk pembentukan model JST diperlukan uji signifikan variabel input, untuk menilai apakah masing-masing variabel bebas mempengaruhi model secara signifikan. Metode dilakukan dengan menilai koefisien determinasi (R^2) data spasial dengan NJOP bidang di Kecamatan Coblong. Pendekatan uji variabel dengan metode *wrapper*, proses ini melibatkan pelatihan pada JST dengan memasukkan satu persatu variabel sebagai inputnya, yang dikenal juga dengan *single variable regression.*

Fungsi sigmoid sangat cocok untuk model JST *backpropagation* karena mudah dilakukan diferensiasi untuk propagasi mundur. Untuk penelitian ini layer tersembunyi pertama menggunakan fungsi transfer tansig, layer tersembunyi kedua menggunakan fungsi transfer logsig, dan layer keluaran menggunakan fungsi transfer linear. Dilakukan beberapa uji coba parameter model untuk mengetahui kecepatan proses. Nilai optimasi yang digunakan setelah uji coba adalah MSE 0.0001, learning rate 0.2, dan 10 neuron pada lapisan tersembunyi.

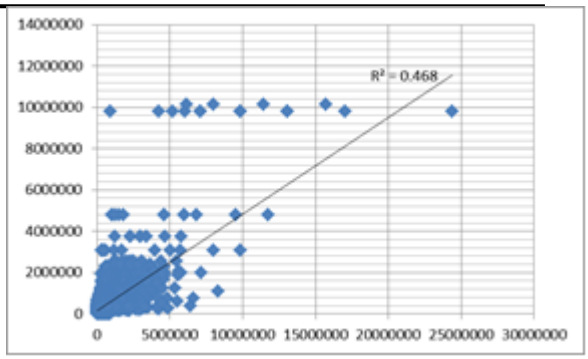
Jika melihat dari hasil pelatihan JST yang bervariasi terlihat pada tabel 1, korelasi didapat dari perbandingan output jaringan dan target NJOP yang sudah diketahui dari tahun 1995-2006. Korelasi tertinggi pada Kelurahan Siliwangi dan terendah pada Kelurahan Sekeloa. Hasil pelatihan yang rendah disebabkan adanya beberapa bidang tanah dengan NJOP jauh lebih tinggi dari bidang lainnya terlihat dari gambar 9.

Tabel 1. Hasil pelatihan dan prediksi JST

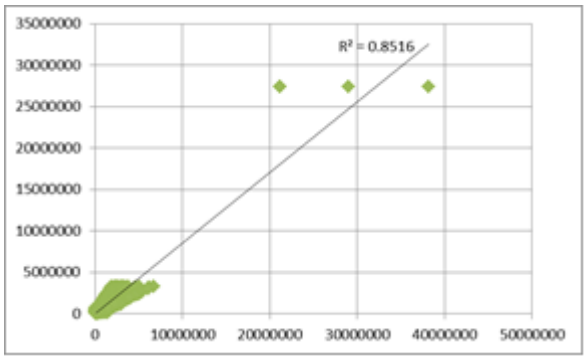
No	Kelurahan	Jumlah	R (training)	R (prediksi)
1	Cipaganti	996	0.80231	0.90399
2	Siliwangi	690	0.92282	0.98219
3	Lebak Gede	2616	0.75129	0.88476
4	Sadang Serang	4230	0.82699	0.80007
5	Sekeloa	2279	0.68413	0.68953
6	Dago	4982	0.77678	0.78662



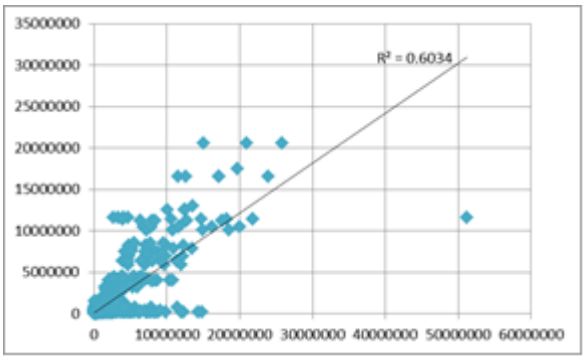
Gambar 5. Hasil pelatihan Kelurahan Cipaganti



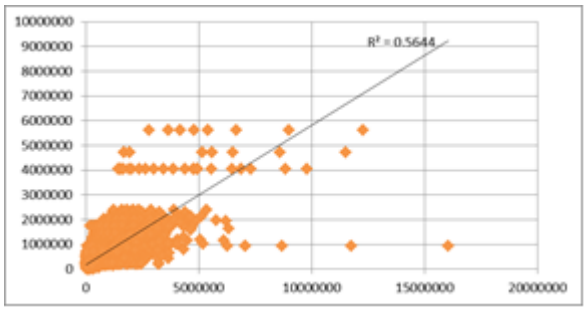
Gambar 9. Hasil pelatihan Kelurahan Sekeloa



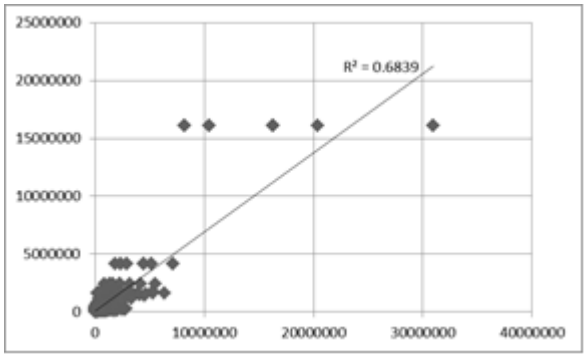
Gambar 6. Hasil pelatihan Kelurahan Siliwangi



Gambar 10. Hasil pelatihan Kelurahan Dago



Gambar 7. Hasil pelatihan Kelurahan Lebak Gede

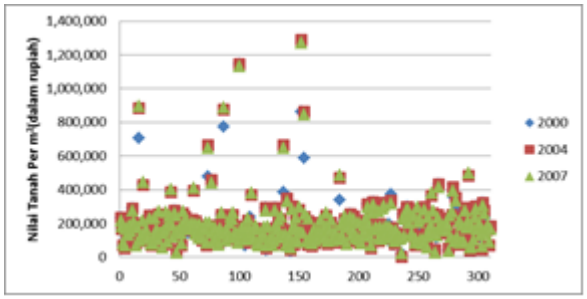


Gambar 8. Hasil pelatihan Kelurahan Sadang Serang

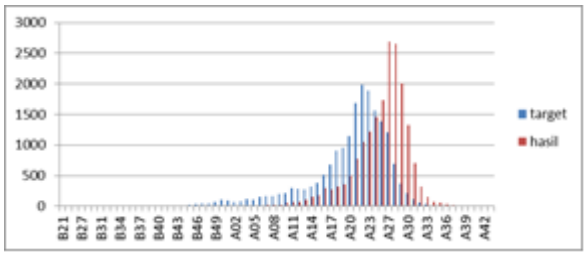
Dalam proses pelatihan model perlu dilakukan validasi untuk mengetahui tingkat presisi dan keseragaman hasil estimasi model. Dalam penelitian ini digunakan *Price Related Differential* (PRD) dan *Coefficient Of Variation* (COV). Dari hasil PRD disimpulkan selisih output dan target cukup presisi, output tidak jauh diatas atau dibawah target. Sedangkan dari hasil COV disimpulkan besarnya selisih antara output dan target tidak signifikan terhadap target. Dari hasil validasi disimpulkan JST model BPNN sudah bekerja dengan baik dalam penyesuaian NJOP berdasar pusat perbelanjaan.

	Nilai	**Batas ambang**
PRD	1.02	0.98 < x < 1.03
COV	9.01	x < 10%

Akurasi model untuk tahap prediksi lebih baik dibandingkan saat pelatihan. Hal ini dikarenakan proses pelatihan menggunakan data dari tahun 1995-2006, beberapa bidang tanah dapat terhitung 12 kali sehingga output yang dihasilkan memiliki koefisien korelasi tidak sebaik pada proses prediksi tahun 2007. Besarnya korelasi antara output dan NJOP pada prediksi tahun 2007 adalah 84.12%. Sedangkan output pada pelatihan menggunakan nilai tanah per m^2 memiliki koefisien korelasi rata-rata 79.40%.



Gambar 11. Perbandingan Sebaran NJOP pada 300 bidang tanah secara acak



Gambar 12. Perbandingan Jumlah Kelas Target NJOP 2007 dengan hasil prediksi JST

Dari gambar 11 dapat dilihat hasil prediksi JST mendekati tahun 2000 dan 2004 sebagai tahun pembanding. Dan pada gambar 12 memperlihatkan masih adanya perbedaan jumlah kelas tanah, dimana hasil prediksi JST lebih banyak pada kelas tanah rendah.

4. Kesimpulan

a. Dari validasi PRD (*Price Related Differential)* pada pelatihan model, didapatkan bahwa model bersifat *progrefsif*, yang berarti kebanyakan hasil keluaran lebih kecil dari pada target model JST. Sedangkan dari hasil validasi COV (*Coefficient Of Variation*), didapatkan kesalahan estimasi model relatif kecil dibandingkan target NJOP.

b. Hasil penerapan model JST *backpropagation* dalam memprediksi nilai tanah tahun 2007 dengan data tahun 1995-2006 di Kecamatan Coblong dan pusat perbelanjaan sebagai variabel utama, memiliki tingkat akurasi 84.12%.

c. Keberhasilan pelatihan JST juga tergantung pada sebaran NJOP pada suatu wilayah. Jika terdapat beberapa bidang dengan nilai jauh lebih besar dari yang lainnya, maka hasil korelasi output dan target menjadi semakin kecil (kasus kelurahan Sekeloa dan Sadang Serang).

5. Saran

a. Penentuan NJOP menggunakan penilaian massal menggunakan model JST perlu diteliti pada daerah luar perkotaan untuk melihat keakuratan model dan bermanfaat untuk beberapa kasus pembebasan lahan di luar wilayah perkotaan.

6. Ucapan Terima Kasih

Penelitian ini dibuat berdasarkan dana dari LPPM ITB 2016.

Daftar Pustaka

Darmawan D. 2009. Kaya dari Bisnis Properti. Jakarta : Visimedia.

Garcia, et al. 2008. ANN+GIS: An Automated System for Property Valuation. Albacete, Spain : Faculty of Business and Economics, University of Castilla-La Mancha.

Hidayati, W., & Harjanto, B. 2003. Konsep Dasar Penilaian Properti. Yogyakarta: BPFE.

Hidayanto, E. 2008. Analisis Model Nilai Tanah Untuk Metode Penentuan Nilai Jual Objek Pajak Bumi. Tesis. Bandung: Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.

Imawan, D. W. 2007. Pengembangan Metode Penilaian Tanah Dengan Menggunakan Analisis Spasial Dan Jaringan Syaraf Tiruan. Tesis. Bandung: Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung.

Kusumadewi, S. 2006. Neuro Fuzzy Integrasi Sistem Fuzzy dan Jaringan Syaraf Tiruan. Yogyakarta: Graha Ilmu.

Rusmanto, Budi. 2005. Analisis Proses Pemodelan Nilai Adjusment dari Faktor-Faktor yang Berpengaruh Terhadap Nilai Jual Obyek Pajak Bumi. Tesis. Bandung : ITB.

Sandra A, 2010, Analisis Tingkat Akurasi Penetapan NJOP Tanah Terhadap Nilai Pasar Dengan Metode Assessment Sales Ratio (Studi Kasus Di Kecamatan Kelapa Gading Kotamadya Jakarta Utara), Institut Bisnis dan Informatika Indonesia, Jakarta

Sukada, 2014, Pelaksanaan Penilaian Tanah Dalam Menentukan Njop Per M2, Artikel Badan Pendidikan dan Pelatihan Keuangan Kementrian Keuangan, tanggal 31 Desember 2014

Pemetaan Jasa Lingkungan dan Estimasi Stok Karbon pada Ekosistem Mangrove di Pulau-pulau Kecil

Budi Utami Hanjaniputri[a], Wiwin Windupranata[b]

[a,] Program Studi Magister Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (budiutamihanjaniputri@gmail.com)

[b,] Kelompok Keahlian Sains dan Sistem Kerekayasaan Wilayah Pesisir dan Laut, Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumian, Institut Teknologi Bandung (w.windupranata@itb.ac.id)

ABSTRACT

Mangrove ecosystem is one of most productive, complex, and valuable coastal and marine ecosystems. Mangrove ecosystem provides lot of environmental services that directly and indirectly influence human life, including protection from storms and sea level rise, prevention of shoreline erosion, regulation of coastal water quality, provision of habitat for numerous commercially important and endangered marine species. Beside those services, mangrove ecosystems play important role in climate change mitigation by sequester carbon dioxide (CO2) from the atmosphere and oceans. Furthermore, mangrove ecosystems can sequester carbon at higher rates than terrestrial forests, per unit area. The objective of this research is to map mangrove ecosystem and estimate its carbon stock in Pramuka Islands and its surrounding islands. Remote sensing with Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) method is used to map mangrove ecosystems. Carbon stock in mangrove ecosystems is estimate through field survey by calculate the mangrove biomass and sediment sampling which to be analized in laboratorium later. The results shows that mangrove ecosystems in Pramuka Islands can sequester CO_2 about 31 ton/ha CO_2 in mangrove biomass and about 75 ton/ha CO_2 in the organic sediment below. The rehabilitation of mangrove ecosystem on small islands play important role in climate change mitigation by increase carbon sequestration rate.

Keywords Blue Carbon, Ecosystem Services, Mangrove, NDVI, Remote Sensing

Pendahuluan

Mangrove adalah tumbuhan yang hidup di perairan payau dan dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove memiliki berbagai jasa lingkungan secara ekonomis maupun ekologi yang secara langsung maupun tidak langsung mendukung kehidupan manusia. Ekosistem mangrove dapat berfungsi sebagai habitat bagi berbagai komoditas perikanan yang penting, pencegah erosi pantai, serta penyesuaian kualitas periaran. Selain itu, ekosistem mangrove juga berperan penting dalam mitigasi perubahan iklim dengan cara menyerap sejumlah besar karbon dioksida (CO_2) dari atmosfer dan lautan dan menyimpannya di dalam biomassa dan tanah organik dibawahnya.

Ekosistem mangrove yang termasuk dalam ekosistem Karbon Biru dapat menyerap karbon dioksida (CO_2) lebih tinggi dibandingkan penyerapan karbon dioksida (CO_2) dari hutan daratan (McLeod *et al*. 2011). Sebagian besar karbon akan disimpan di bawah tanah organik dan dapat mencapai hingga enam meter di bawah tanah.

Indonesia memiliki ekosistem mangrove terluas dengan luas 21% dari total luas mangrove di dunia. Selain itu, Indonesia memiliki 45 dari 75 spesies mangrove, keragaman jenis tertinggi di dunia (Spalding *et al*, 2010). Tetapi selama beberapa tahun terakhir, mangrove di Indonesia telah mengalami degradasi yang sebagian besar diakibatkan oleh aktivitas manusia yang berupa konversi lahan menjadi tambak udang serta penebangan liar (Bashan *et al*, 2010)

Kegiatan penanaman mangrove merupakan salah satu upaya rehabilitasi ekosistem yang telah rusak. Rehabilitasi juga dapat dilakukan pada lokasi relatif tidak ditumbuhi mangrove. Terdapat tiga alasan untuk melakukan rehabilitasi mangrove antara lain konservasi, perlindungan area pesisir, dan sistem multi pemanfaatan untuk produksi berkelanjutan (Field, 1998). Ketiga alasan tersebut yang membuat rehabilitasi mangrove penting dilakukan di pulau kecil.

Pemetaan merupakan proses penting dalam mengetahui informasi dasar tentang kondisi ekosistem dan jasa lingkungannya. Teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit dapat mempermudah proses memetakan ekosistem.

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan kondisi mangrove di pulau kecil yang terdapat aktivitas penanaman mangrove serta mengestimasi stok karbon yang dapat diserap oleh ekosistem

mangrove tersebut.

Metodologi

Penelitian ini dilakukan dalam 2 tahap. Tahap pertama adalah memetakan ekosistem mangrove dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh untuk mengetahui kondisi ekosistem mangrove di lokasi penelitian. Tahap selanjutnya adalah survey lapang untuk mengestimasi stok karbon dalam ekosistem mangrove tersebut.

Lokasi Penelitian

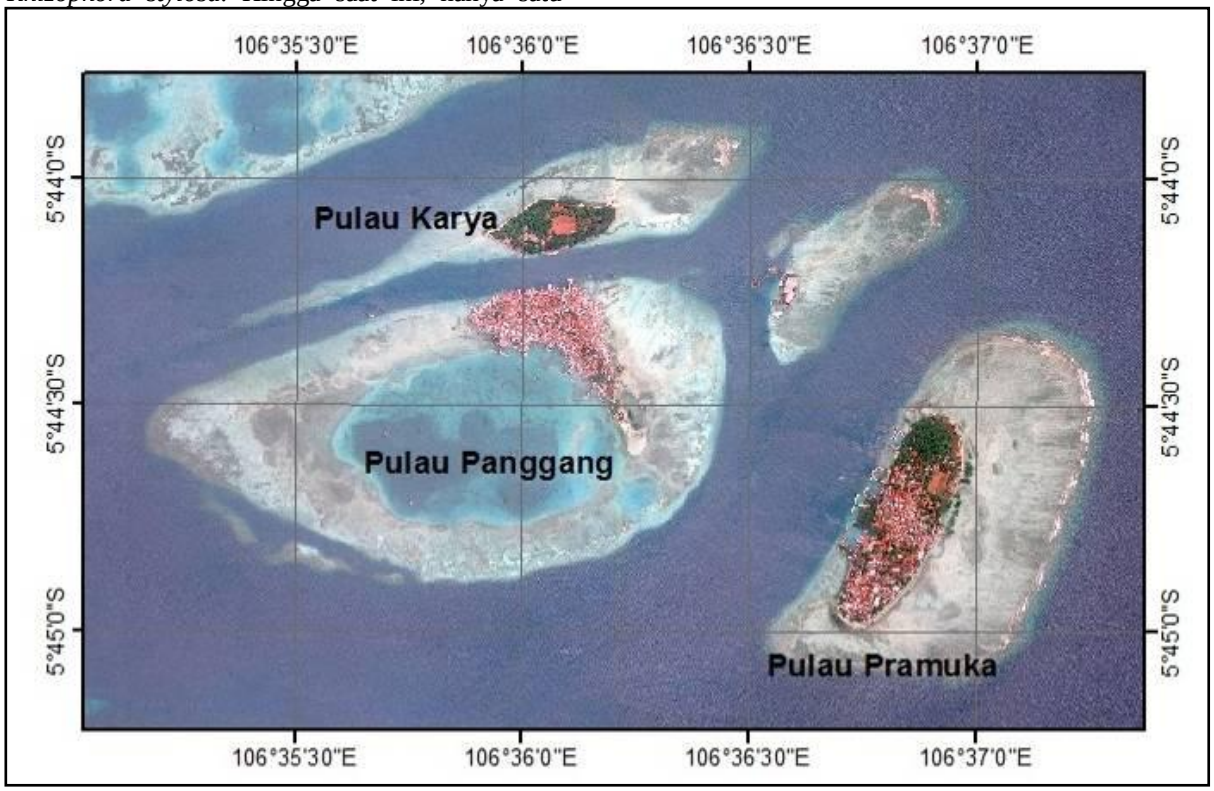
Lokasi penelitian dilakukan di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya, Kabupaten Kepulauan Seribu (Gambar 1). Pulau Pramuka, Panggang, dan Karya menjadi salah satu pulau yang menjadi lokasi penanaman mangrove di Kepulauan Seribu. Penanaman mangrove telah dilakukan oleh Balai Taman Nasional Kepulauan Seribu (BTNKpS) sejak tahun 2002, tetapi rehabilitasi dianggap tidak efektif dan gagal. Tahun 2004, BTNKpS menemukan metode baru dalam penanaman mangrove yang dianggap lebih efektif dan berhasil. Satu-satunya jenis mangrove yang dapat ditanam dan mampu bertahan hidup hanya *Rhizophora stylosa*. Hingga saat ini, hanya satu spesies mangrove yang terdapat di Pulau Pramuka dan sekitarnya (Haryanto, 2013).

Pemetaan Ekosistem Mangrove

Pemetaan ekosistem mangrove memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan menggunakan citra satelit Landsat 8 akuisisi tanggal 31 Agustus 2015.

Ekosistem mangrove terletak pada daerah peralihan darat dan laut, sehingga perlu dilakukan pemisahan antara darat dan lautan (*masking*). Pemisahan objek darat dan laut dilakukan dengan delineasi garis pantai yang menggunakan kanal inframerah. Kanal inframerah dapat memberikan informasi delinieasi garis pantai karena air adalah penyerap gelombang inframerah yang baik.

Tahap selanjutnya adalah identifikasi objek mangrove menggunakan index vegetasi yang disebut *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI). NDVI dapat mendeteksi tingkat kehijauan suatu vegetasi dengan menggunakan rasio kanal inframerah dekat (NIR) dan kanal merah, yaitu kanal 5 dan kanal 4 pada Landsat 8 (NASA, 2010). Persamaan NDVI dapat dilihat pada Persamaan (1).



Gambar 1. Wilayah kajian

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (1)$$

Dimana,

NIR : kanal inframerah dekat pada citra satelit
Red : kanal merah pada citra satelit

Estimasi Stok Karbon Ekosistem Mangrove

Pemetaan mangrove dapat memberikan informasi luas ekosistem mangrove di wilayah kajian dan sebaran mangrove. Informasi sebaran mangrove digunakan dalam tahap selanjutnya, yaitu survey lapangan untuk mengestimasi stok karbon. Stok karbon mangrove dapat diukur dari biomassa pohon dan kandungan karbon dalam tanah organik.

Stok Karbon dari Biomassa

Biomassa mangrove terdiri dari dua bagian, yaitu biomassa di atas permukaan tanah (*Above Ground Biomass* / ABG) dan biomassa di bawah permukaan tanah (*Below Ground Biomass* / BGB). Biomassa di atas permukaan tanah terdiri dari bagian pohon yang berada di atas permukaan seperti batang dan daun, sedangkan biomassa di bawah permukaan tanah terdiri dari bagian pohon yang berada di bawah tanah, seperti akar dan pangkal batang. Pengukuran biomassa dapat dilakukan dengan pendekatan perhitungan alometrik biomassa. Perhitungan ini memerlukan data jenis pohon dan diameter pohon. Rumus perhitungan alometrik biomassa beberapa jenis pohon mangrove dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Persamaan Alometrik Beberapa Jenis Mangrove

Spesies	Persamaan AGB	Persamaan BGB	ρ
Ceriops tagal	$0.251\rho DBH^{2.46}$	$0.199^{0.899}D^{2.22}$	0,97
Rhizophora spp.	$0.235*DBH^{2.42}$	$0.00698*DBH^{2.61}$	-
Bruguiera spp.	$0.186*DBH^{2.31}$	$0.0188\ (D^2H)^{0.909}$	-
Avicennia spp.	$0.308*DBH^{2.11}$	$1.28*DBH1^{.17}$	-
Sonneratia alba	$0.251\rho DBH^{2.46}$	$0.199^{0.899}D^{2.22}$	0.78
Xylocarpus	$0.251\rho DBH^{2.46}$	$0.199^{0.899}D^{2.22}$	0.74

Sumber: Komiyama et al (2005)

Keterangan:

AGB : *Above Ground Biomass* atau biomassa di atas permukaan tanah (kg C)
BGB : *Below Ground Biomass* atau biomassa di bawah permukaan tanah (kg C)
DBH : *diameter at breast height* atau diameter batang setinggi dada (cm)
D : diameter batang (cm)
H : tinggi pohon (cm)

Stok karbon biomassa pohon didapat dengan mengalikan biomassa dengan persentase konsentrasi karbon. Konsentrasi karbon untuk beberapa jenis mangrove tertentu antara lain pada *Bruguiera gymnorrhiza* sebesar 46.3%, pada *Rhizophora apiculata* sebesar 45.9%, dan pada *Sonneratia alba* sebesar 47.1%. Oleh karena itu, stok karbon dari biomassa didapat dari perkalian total berat biomassa dengan 0,45 jika tidak terdapat konsentrasi karbon pada spesies tertentu (Kauffman *et al*, 2011).

Stok Karbon dari Tanah

Pengukuran stok karbon tanah memerlukan beberapa parameter, yaitu kedalaman sampel tanah, kerapatan lindak (*bulk density*), dan konsentrasi karbon organik Kerapatan lindak dan konsentrasi karbon organik didapatkan dari analisis laboratorium. Persamaan untuk menghitung stok karbon tanah dapat dilihat pada Persamaan (2) berikut ini:

$$Ct = D * \rho * \%Corg \quad (2)$$

Dimana,

Ct : stok karbon tanah (g/cm^2)
D : kedalaman sampel tanah (cm)
ρ : *bulk density* (g/cm^3)
%Corg : persentase karbon organik (%)

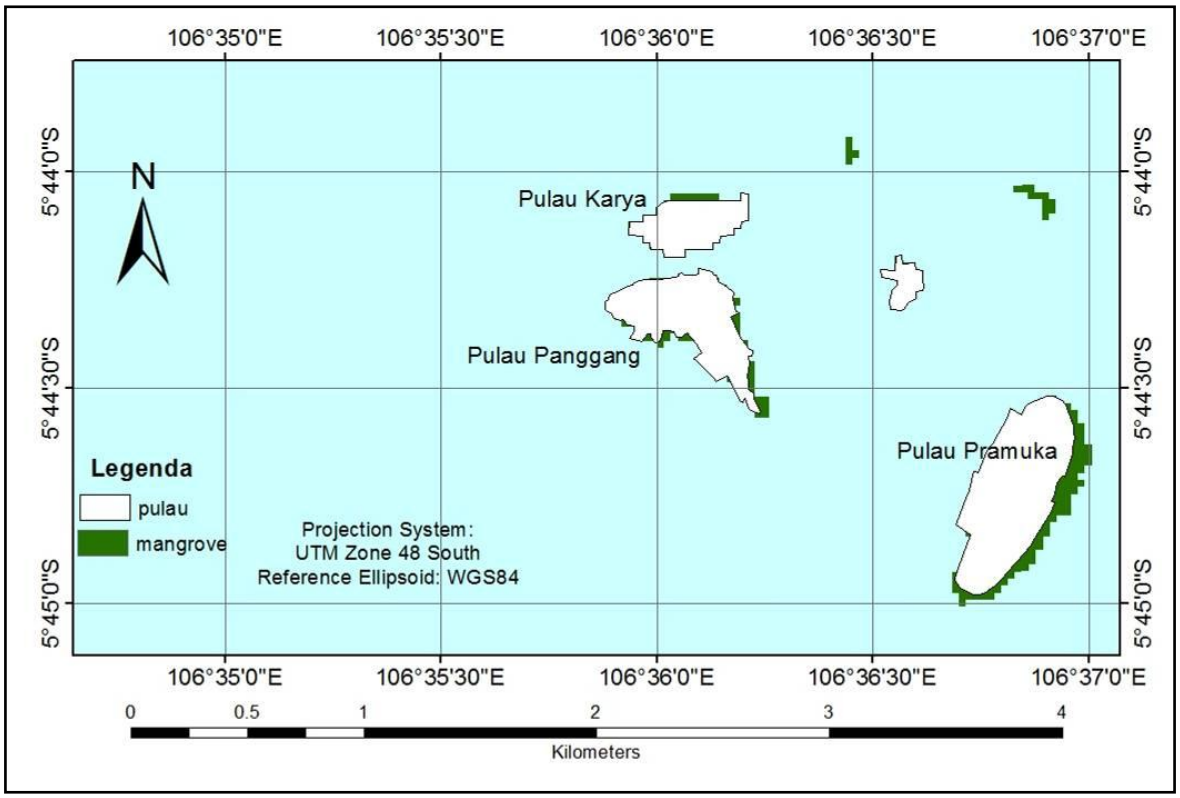
Konversi Karbon menjadi Karbon dioksida (CO_2)

Penyerapan dan emisi gas rumah kaca umumnya diekspresikan dalam satuan karbon dioksida (CO_2) ekuivalen, atau CO2e. Hal ini dikarenakan karbon dioksida merupakan bentuk paling umum dari karbon dalam gas rumah kaca. Total stok karbon dikonversikan menjadi CO_2e dengan cara mengalikan stok karbon dengan rasio berat molekul antara karbon dioksida (44) dan karbon (12), yaitu 3,67. (Kauffman *et al*, 2012)

Hasil dan Pembahasan

Kondisi Sebaran Mangrove

Hasil pengamatan dari citra satelit tahun 2015 menunjukkan luas mangrove Pulau Pramuka sebesar 0,944 ha, Pulau Panggang sebesar 0,12 ha, dan Pulau Karya sebesar 0,09 ha. Mangrove di Pulau Pramuka sebagian besar terdapat di sebelah timur, mangrove di Pulau Panggang terdapat di sebelah selatan, dan mangrove di Pulau Karya terdapat di sebelah utara pulau (Gambar 2).



Gambar 2. Sebaran Mangrove di Lokasi Penelitian

Stok Karbon Ekosistem Mangrove

Perhitungan stok karbon mangrove didapatkan dari pengukuran biomassa mangrove dan pengambilan sampel tanah pada survey lapang. Spesies mangrove pada lokasi penelitian hanya terdiri dari satu spesies, yaitu *Rhizophora stylosa.* Oleh karena itu, persamaan alometrik yang digunakan adalah persamaan alometrik untuk *Rhizophora* spp. (Tabel 1).

Tabel 2 menunjukkan total stok karbon dari biomassa mangrove pada Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya, sedangkan Tabel 3 menunjukkan total stok karbon setelah dikonversi menjadi karbon dioksida (CO_2). Stok karbon tanah organik mangrove Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya ditunjukkan dalam Tabel 4, sedangkan stok karbon tanah organic yang dikonversi menjadi karbon dioksida (CO_2) ditunjukkan pada Tabel 5.

Tabel 2. Stok Karbon Biomassa Mangrove

	Stok karbon AGB (ton C/ha)	Stok karbon BGB (ton C/ha)
P. Pramuka	4.486	0.136
P. Panggang	2.212	0.071
P. Karya	1.654	0.050

Tabel 3. Stok Karbon Biomassa setelah dikonversi menjadi CO_2

	Stok CO_2 AGB (ton CO_2/ha)	Stok CO_2 BGB (ton CO_2/ha)
P. Pramuka	16.464	0.501
P. Panggang	8.119	0.259
P. Karya	6.070	0.185

Tabel 4. Stok Karbon Tanah Organik

	%C-organik	stok karbon tanah (ton C /ha)
P. Pramuka	8.42	17.542
P. Panggang	7.08	1.955
P. Karya	7.33	1.116

Tabel 5. Stok Karbon Tanah Organik setelah dikonversi menjadi CO_2

	stok karbon tanah (ton CO_2 /ha)
P. Pramuka	64.380
P. Panggang	7.176
P. Karya	4.094

Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan stok karbon diatas dapat dilihat stok karbon Pulau Pramuka lebih besar dibandingkan Pulau Panggang dan Pulau Karya. Hal ini disebabkan karena penanaman mangrove selama ini lebih difokuskan ke Pulau Pramuka, sehingga ekosistem mangrove di Pulau Pramuka lebih luas dibandingkan Pulau Panggang dan Pulau Karya. Penanaman mangrove yang lebih difokuskan ke Pulau Pramuka ini merupakan salah satu program pemerintah kabupaten Kepulauan Seribu dalam pembuatan taman mangrove (Suparni, 2015).

Mangrove yang terdapat di pulau-pulau kecil Kepulauan Seribu tergolong kecil jika dibandingkan dengan pulau-pulau kecil lainnya di Indonesia. Pulau Pramuka dan sekitarnya terbentuk dari akumulasi sedimen dari pecahan karang sehingga didominasi oleh substrat pasir yang tergolong tempat tumbuh mangrove yang rentan terhadap perubahan atau gangguan. Jenis substrat sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan mangrove. Penelitian yang dilakukan oleh Setyawan (2010) menghasilkan bahwa mangrove yang ditanam di pantai yang berpasir, terjal dan bermorfologi rendah tidak dapat hidup atau hidup pada kondisi yang buruk.

Stok karbon pada lokasi penanaman mangrove di Pulau Pramuka dan sekitarnya relatif kecil. Penelitian yang dilakukan oleh Camacho *et al* (2011) pada lokasi penanaman mangrove di Bohol, Filipina menemukan stok karbon mencapai 149.5 ton C/ha sampai 370.7 ton C/ha pada mangrove yang telah berusia 15 tahun sampai 40 tahun. Penelitian mengenai stok karbon pada lokasi penanaman mangrove juga dilakukan oleh Sahu *et al* (2016) di Mahanandi Mangrove Wetlands (MMW), India yang menunjukkan stok karbon pada mangrove yang ditanam mencapai 151.5 ton C/ha.

Pulau Pramuka dan sekitarnya merupakan pulau yang berpenduduk, sehingga partisipasi masyarakat sangat penting dalam kegiatan penanaman mangrove. Upaya pengelolaan yang dilakukan masyarakat adalah dengan tidak merusak mangrove yang telah ditanam dan membersihkan mangrove dari sampah (Haryanto, 2013).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Ekosistem mangrove yang terdapat di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya merupakan hasil dari kegiatan penanaman mangrove. Berdasarkan pemetaan dengan citra satelit, total luas ekosistem mangrove yang terdapat pada Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya mencapai 1,154 ha, dengan Pulau Pramuka memiliki mangrove terluas.

Stok karbon yang dapat diserap mangrove di Pulau Pramuka, Pulau Panggang, dan Pulau Karya mencapai 31 ton CO_2e/ha untuk stok karbon biomassa dan 75 ton CO_2e/ha untuk stok karbon tanah organik.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai perhitungan stok karbon mangrove setiap tahun agar diketahui tingkat penyerapan karbon seiring dengan perrtumbuhan mangrove.

Daftar Pustaka

Bashan Y, Moreno M, Salazar BG, Alvarez L. 2013. "Restoration and recovery of hurricane-damaged mangroves using the knickpoint retreat effect and tides as dredging tools". *Jenvman*. 116: 196-203.

Camacho L.D.,. Gevaña D.T., Carandang A.P.,. Camacho S.C. , Combalicer E.A., Rebugio L.L., Youn Y., 2011, "Tree biomass and carbon stock of a community‐managed mangrove forest in Bohol, Philippines", *Forest Science and Technology*, Vol. 7, No. 4, Hal. 161-167

Field C. 1998. "Rehabilitation of Mangrove Ecosystems: an Overview". *Marine Pollution Bulletin* 37: 383-392.

Haryanto, A. 2013. "Efektifitas Rehabilitasi Mangrove di Pulau Pramuka, Kepulauan Seribu", thesis. Sekolah Pascasarjana.Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Kauffman, J.B., Heider, C., Cole, T., Dwire, K.A., Donato, D.C. 2011 "Ecosystem C pools of Micronesian mangrove forests: implications of land use and climate change". *Wetlands* 31: 343-352

Kauffman, J.B., Donato, D.C. 2012 "Protocols for the Measurement, Monitoring, and Reporting of

Structure, Biomass and Carbon Stocks in Mangrove Forests". Center for International Forestry Research (CIFOR).

McLeod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Bjork, M., Duarte, C.M., Lovelock, C.E., Schlesinger, W.H. and Silliman, B.R. 2011. "A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO2." *Frontiers in Ecology and the Environment*, Vol. 9, pp. 552–560.

NASA. 2010. Landsat Data Continuity Mission Brochure. http://www.landsat.gsfc.nasa.gov.

Sahu S.C., Kumar M., Ravindranath H., 2016, "Carbon Stocks in Natural and Planted Mangrove Forest of Mahanadi Mangrove Wetland, East Coast of India", *Current Science*,Vol. 110, No.12, 25 June 2016.

Setyawan W.B., 2010, "Pengamatan terhadap mangrove yang ditanam di pesisir utara, Pulau Jawa bagian barat", *Ilmu Kelautan*,Vol. 15, No.2, Hal 91-102.

Spalding, M., M. Kainuma, and L. Collins. 2010. "World Atlas of Mangrove". *Earthscan*. London, UK.

Suparni, 2015, "Bupati akan Fokuskan Penanaman Mangrove di Pulau Pramuka", Berita Jakarta, 31 Agustus 2015, http://www.beritajakarta.com/read/14937/Bupati_akan_Fokuskan_Penanaman_Mangrove_di_Pulau_Pramuka (akses tgl. 7 Oktober 2016).

Waas, H.J.D., Nababan. B. 2005. "Pemetaan dan Analisis Index Vegetasi Mangrove di Pulau Saparua, Maluku Tengah". *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 1, Hal. 50-58, Juni 2010.

Studi Konsentrasi Klorofil-A Berdasarkan Teknik Penginderaan Jauh

Alifah Noraini[a], Feny Arafah[b], Fourry Handoko[b]

[a,]Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang (alifah.aini09@gmail.com)
[b,] Program Studi Teknik Geodesi, Institut Teknologi Nasional Malang (fenyarafah@gmail.com)
[b,] Pasca Sarjana Teknik Industri, Institut Teknologi Nasional Malang (fourryhand@gmail.com)

ABSTRACT

Indonesia is one of the Maritime State which has potential of Natural Resources Ocean. The main characteristic of fish are gathered in the rich waters, one of its parameter is contained chlorophyll-a in these water. As this study aims to get the value of chlorophyll-a concentration in the waters of Sempu Island, Malang District. The result of correlation between in situ and data processing of Landsat 8 satellite image shows that the estimation of chlorophyll-a concentration retrieval algorithm produced an acceptable accuracy (RE of 19% and R^2 of 0.5499).

Keywords- *Landast 8 satellite imagery; Chlorophyll-a concentratio*

Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu Negara Maritim yang memiliki luas laut sekitar 70% dari luas total teritorial Indonesia. Pada sepanjang bentang perairan laut Indonesia terkandung kekayaan sumber daya alam yang berlimpah dari sumber daya yang dapat diperbaruhi (misalnya ikan, rumput laut, dan terumbu karang) maupun sumber daya yang tidak dapat diperbaruhi (misalnya minyak dan gas bumi) (Dahuri.dkk, 1996).

Salah satu potensi sumber daya alam di lautan yang memiliki nilai ekonomis penting adalah sumber daya perikanan. Salah satu karakteristik ikan adalah biasanya berkumpul di perairan yang subur. Perairan yang subur adalah perairan yang memiliki produktivitas primer yang tinggi. Terdapat hubungan yang linear antara produktivitas primer dengan kelimpahan plankton (Wardani, 2012). Semakin tinggi kandungan klorofil fitoplankton dalam suatu perairan, berarti semakin tinggi pula produktivitas perairan tersebut, sehingga daya dukung terhadap komunitas penghuninya semakin tinggi. (Afdal, 2004).

Klorofil merupakan parameter yang sangat menentukan produktivitas primer lautan. Sebaran dan tinggi rendahnya konsentrasi klorofil berkaitan langsung dengan kondisi oseanografi perairan itu sendiri. Beberapa parameter fisika-ki-mia yang mengontrol serta mempengaruhi sebaran klorofil adalah intensitas cahaya dan nutrien (terutama nitrat, fosfat dan silikat) (Sverdrup et al., 1961 dalam Nuriya dkk, 2010).

Lokasi penelitian berada di perairan Pulau Sempu, (8° 26'2,63"LS;112° 41'5,19"BT) yang terletak di selatan Kabupaten Malang, Propinsi Jawa Timur. Adapun lokasi penelitian yang dimaksud terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian

(Sumber: Google Maps, 2015)

Metodologi

Data Citra Satelit Landsat 8

Landsat 8 diluncurkan pada Februari 2013 yang membawa 2 instrumen, yaitu *Operational Land Imager* (OLI) dan *Thermal Infrared Sensor* (TIRS)

dengan resolusi spasial 30 meter (band visible, NIR, SWIR), 100 meter (band termal), dan 15 meter (band pankromatik). Data citra satelit Landsat 8 yang digunakan pada path/raw 118/66 perekaman tanggal 21 Agustus 2016. Dilakukan koreksi atmosfer dengan mengubah nilai reflektan dari *Top of Atmospheric* (ToA, yang direkam oleh sensor satelit) menjadi *Bottom of Atmospheric* (BoA, merupakan reflektan permukaan). Untuk mendapatkan nilai *Remote Sensing Reflectance* (R*rs*), nilai *surface reflectance* (SR) dibagi dengan konstanta π (65,66).

Data *In situ* klorofil-a

Pada penelitian ini diambil 10 titik di lokasi penelitian pada tanggal 21 Agustus 2016 sesuai dengan taggal perekaman citra satelit. Data sampel klorofil-a dimasukkan dalam botol kedap cahaya agar konsentrasi klorofil tidak berubah. Data tersebut diolah dan dianalisis di laboratorium lingkungan untuk mengetahui konsentrasi kandungan klorofil-a di perairan Pulau Sempu.

Algoritma klorofil-a

Algoritma yang digunakan untuk mengolah klorofil berdasarkan algoritma Laili.dkk (2015), yaitu:

$$chl-a = 4180{,}5\left(\frac{\log Rrs_2}{\log Rrs_2}\right)^2 - 6211{,}4\left(\frac{\log Rrs_2}{\log Rrs_2}\right) + 2540{,}2$$

Chl-a : nilai estimasi nilai klorofil-a

Rrs_2 : reflektan permukaan band 2

Rrs_4 : reflektan permukaan band 4

Akurasi pemetaan klorofil diperoleh dari nilai persamaan regresi antara data citra dan data lapangan menggunakan persamaan regresi linear:

$$y = ax + b$$

Penilaian akurasi parameter kualitas air menggunakan *Root Mean Square Error* (RMSE), *Relative Error* (RE), dan *Determination Coefficient* (R^2). Adapun persamaan tersebut adalah:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left(x_{\text{esti,i}} - x_{\text{meas,i}}\right)^2}{N}}$$

$$RE = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left|\frac{x_{\text{esti,i}} - x_{\text{meas},i}}{x_{\text{meas}}}\right| 100\%$$

$$R^2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(x_{\text{esti,i}} - x_{\text{meas},i}\right)^2$$

$x_{\text{esti,i}}$: nilai estimasi hasil pengolahan citra

$x_{\text{meas,i}}$: nilai pengukuran *in situ*

N : jumlah data sampel

Hasil nilai RMSE mendeskripsikan parameter konsentrasi R_{rs}, RE merepresentasikan nilai kesalahan pengukuran dari citra satelit, dan R^2 merupakan nilai korelasi antara pengukuran data R_{rs} *in situ* dan R_{rs} estimasi pengukuran dalam citra satelit Landsat 8.

Berikut merupakan kriteria korelasi berdasarkan Sarwono (2015):

Tabel 1. Kriteria korelasi data

Nilai korelasi	Kekuatan korelasi
0	Tidak ada korelasi
>0-0,25	Korelasi sangat lemah
>0,25-0,5	Korelasi cukup
>0,5-0,75	Korelasi kuat
>0,75-0,99	Korelasi sangat kuat
1	Korelasi sempurna

Hasil dan Pembahasan

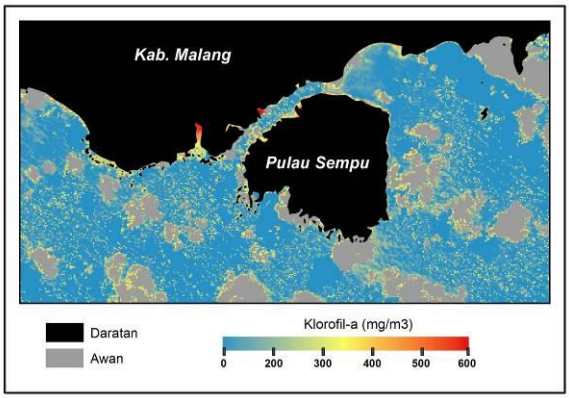
Berikut merupakan nilai perbandingan konsentrasi klorofil-a hasil pengukuran *in situ* dan pengolahan citra satelit Landsat 8

Tabel 1. Data *in situ* dan hasil pengolahan klorofil-a di perairan Pulau Sempu, Kabupaten Malang

No.	Chl-a Lapangan (mg/m^3)	Chl-a Citra (mg/m^3)
1	266,000	234,053
2	248,000	264,148
3	310,000	298,701
4	288,000	277,527
5	177,000	259,490
6	221,000	235,712
7	252,000	272,692
8	226,000	233,067
9	400,000	345,663
10	222,000	301,269
11	192,000	250,161
12	144,000	241,268

Adapun persebaran titik pengambilan data in situ terlihat dalam Gambar 4.

Dari hasil pengolahan data citra satelit Landsat 8 menggunakan algoritma sebelumnya didapatkan nilai validasi lapangan sebagai berikut:



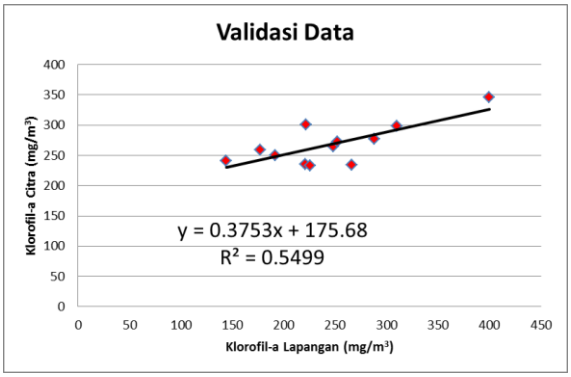
Gambar 2. Estimasi konsentrasi klorofil-a di Perairan Pulau Sempu, Kabupaten Malang

(Sumber: Hasil Pengolahan, 2016)

Dari hasil pengolahan estimasi berdasarkan citra Landsat 8, terlihat umumnya daerah pengamatan yang digunakan dalam penelitian ini memiliki nilai konsentrasi rendah, yaitu berkisar antara 0 hingga 300 mg/m^3. Selanjutnya, dilakukan validasi data estimasi nilai konsentrasi klorofil-a antara data lapangan dan data hasil pengolahan citra satelit.

Pengujian akurasi dari estimasi klorofil-a di perairan Pulau Sempu berdasarkan citra Landsat 8 memiliki korelasi kuat, yakni memiliki nilai korelasi 0,5499 (korelasi kuat memiliki rentang >0,5-0,75) dengan nilai RE 19,794%, dan RMSE 50,907.

Gambar 3. Validasi data klorofil-a



(Sumber: Hasil pengolahan, 2016)

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa nilai konsentrasi klorofil di perairan Pulau Sempu berkisar antara 0 – 300 mg/m^3 dengan nilai korelasi 0,5499. Hal ini menunjukkan bahwa nilai korelasi >0,5 dan RE 19% diterima, dengan batas RE maksimal <30%.

Ucapan Terimakasih

Penulis template mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Institut Teknologi Nasional Malang.

Daftar Pustaka

Afdal. (2004), "Sebaran Klorofil-a Kaitannya Dengan Kondisi Hidrologi Di Selat Makassar", Jurnal Oseanografi dan Limnologi di Indonesia 2004 Bidang Dinamika Laut Pusat Penelitian Oseanografi, LIPI, Hal. 36: 69-82.

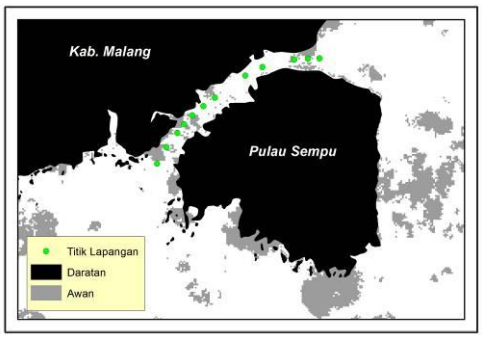
Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., dan Sitepu, M.J., 1996, Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Sedara Terpadu, Cetakan Pertama, Pradnya Paramita, Jakarta.

Laili, N.dkk., 2015, "Development of Water Quality Parameter Retrieval Algorithms for Estimating Total Suspended Solids and chlorophyll-A Concentration using Landsat-8 Imagery," in Joint International Geoinformation Conference ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.

Nuriya. H., Hidayah. Z., dan Nugraha. W.A., 2011, "Pengukuran Konsentrasi Klorofil-A dengan Pengolahan Citra Landsat-7 dan Uji Laborato-rium di Perairan Selat Madura", Jurnal Kelautan, ISSN: 1907-9931, Volume 3 No.1, Kuala Lumpur, Malaysia.

Sarwono, 2015, Rumus-rumus popular dalam SPSS 22 untuk riset skripsi, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Wardani, R. T., 2012, Analisa Hubungan Karakteristik Spektral dan Konsentrasi Klorofil Citra Satelit Aqua MODIS Di Perairan Teluk Jakarta Dan Kepulauan Seribu, Tesis Magister, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.



Gambar 4. Persebaran titik pengambilan data in situ

(Sumber: Hasil pengolahan, 2016)

Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Membantu Pelaku Ekonomi Menjalankan Kegiatan Ekonominya
(Studi Kasus Kel. Tasikmadu Kec. Lowokwaru Kota Malang)

Dedy Kurnia Sunaryo
Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional (ITN) Malang
Jalan Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang
Email : dekaitn@gmail.com dan dkitn@lecturer.itn.ac.id

ABSTRACT
Economic system can't run in the absence of economic actors. Actually, who are the economic actors? And what economic actors role in economic activities? Initially in a simple economy, only two economic actors, there are households and companies. The Households function as a consumer and factor provider of production such as land, labor, capital, and others. The company manages production factors to make goods and services which required by households. Furthermore, according to the current development and constitutional development, the existence of government and trade between countries is absolutely necessary to accelerate the economic life. Due to fact, that a country is not able to meet their own needs, so they require a trade with other countries. Thus, economic operators have developed into four kinds, namely households, firms, governments, and communities abroad. The fourth economic actors have their respective roles for opperate their own economic activity. To explain the role of each economic actor, this activity applying Geographic Information System (GIS) based WEB assist economic actors to perform its role in carrying out economic activities until make the economic actors easy to role their function as a producer or consumer and provider factors of production such as land and labor, so involved relationship between households, firms, government and the wider community, including foreign.
Keywords : economic actors, economic activities, SIG WEB

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kelurahan Tasikmadu Kota Malang yang memiliki luas 219.255 Ha. Dan memiliki jumlah penduduk ± 4.884 orang yang terdiri dari 1.508 KK (2.344 orang pria dan 2.540 orang wanita). Dari sekian banyaknya jumlah penduduk yang ada di Kelurahan Tasikmadu ada sekitar ±100 orang menjadi pelaku ekonomi atau disebut juga pelaku usaha. Dalam Pasal 1 angka 3 UU Nomor 8 Tahun 1999 tentang Perlindungan Konsumen menentukan bahwa *"pelaku usaha adalah setiap orang perorangan atau badan usaha, baik yang berbentuk badan hukum maupun bukan badan hukum yang didirikan dan berkedudukan atau melakukan kegiatan dalam wilayah hukum negara Republik Indonesia, baik sendiri maupun bersama-sama melalui perjanjian menyelenggarakan kegiatan usaha dalam berbagai bidang ekonomi"*.

Upaya peningkatan kesejahteraan hidup masyarakat di Kelurahan Tasikmadu sudah seringkali dicanangkan, akan tetapi dalam pelaksanaannya seringkali tidak sesuai dengan kebutuhan yang ada. Program pemberdayaan masyarakat yang dilakukan pemerintah sering salah sasaran.

Bisnis usaha merupakan salah satu program pemerintah untuk meningkatkan perekonomian pedesaan atau kelurahan, selain bertani masyarakat Kelurahan Tasikmadu juga melakukan Bisnis Usaha Kecil.

Banyak Bisnis Usaha Kecil sebagai pelaku ekonomi yang berkembang di Kelurahan Tasikmadu, termasuk produksi bisnis usaha juga telah berkembang , tetapi masyarakat diluar kelurahan Tasikmadu belum banyak yang mengetahui produksi-produksi bisnis usaha, untuk itu perlu ada suatu sistem untuk membantu memasarkan produk-produk bisnis usaha yang ada di Kelurahan Tasikmadu.

Pada kegiatan ini akan diterapkan sistem informasi yang berbasis WEB untuk membantu pelaku ekonomi di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, sehingga diharapkan dapat membantu pemasaran bisnis usaha di Kelurahan Tasikmadu.

1.2. TUJUAN

Membuat Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Pelaku Usaha atau Ekonomi untuk membantu pelaku usaha di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru Kota Malang dalam menjalankan kegiatan ekonominya.

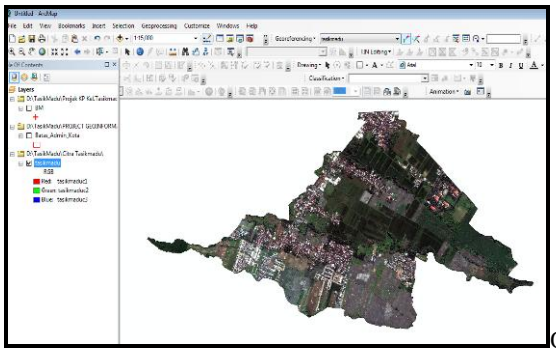
1.3. MANFAAT

Adapun manfaat dari pekerjaan ini yaitu :

a. Dihasilkan sistem informasi berbasis Web pelaku usaha yang ada di Kelurahan Tasikmadu, sebagai salah satu penyedia informasi yang modern dan global.
b. Dari hasil informasi tersebut diharapkan dapat meningkatkan penghasilan pelaku usaha di kelurahan Tasikmadu Lowokwaru Kota Malang serta dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang terkait.

2. METODOLOGI

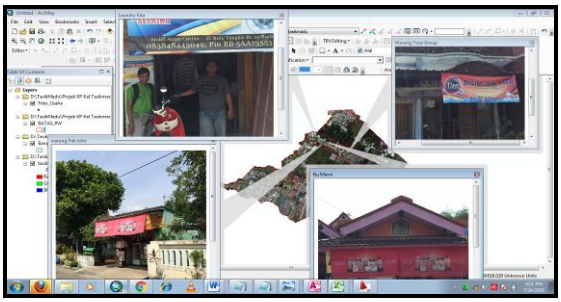
Gambaran lokasi sebagai sampel untuk pembuatan Sistem Informasi berbasis WEB pelaku usaha di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru Kota Malang secara garis besar dapat dilihat pada gambar 1.



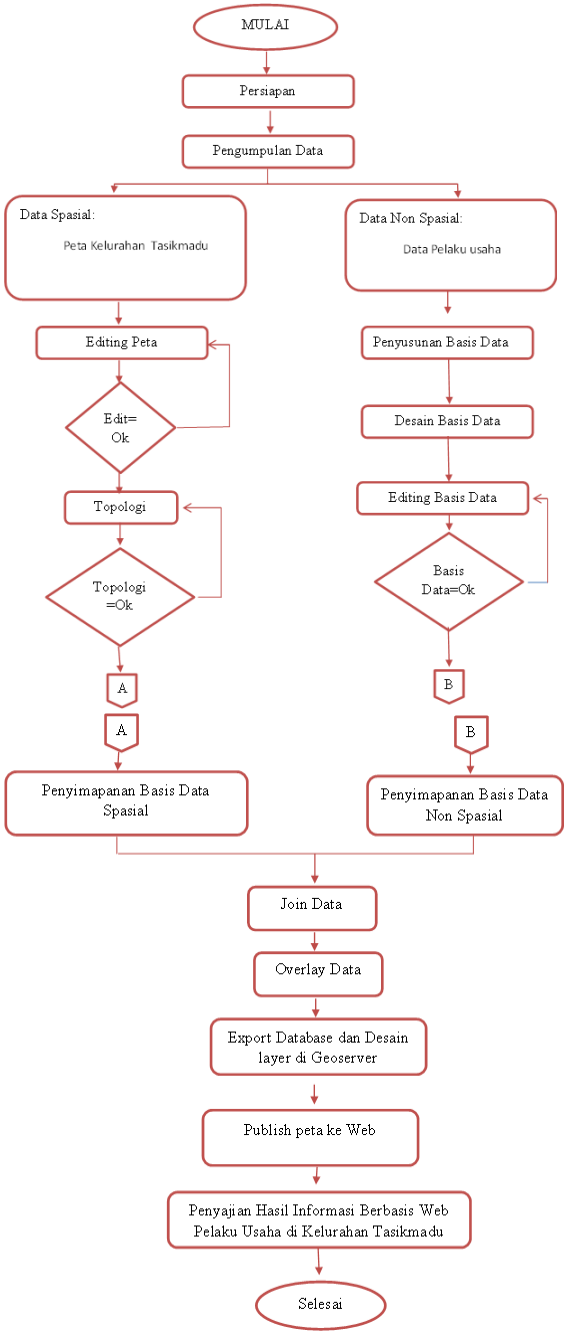
Gambar 1. Lokasi Kelurahan Tasikmadu Kota Malang

Untuk mengetahui gambaran secara garis besar tahapan pekerjaan pembuatan sistem informasi geografis berbasis WEB Pelaku Usaha dapat dilihat pada gambar .2.

Untuk mengetahui gambaran hasil data toponimi dan masukan data foto dalam proses untuk menampilkannya klik Point menggunakan icon HTML Popup yang terdapat di toolbar Tools sehingga menghasilkan tampilan seperti dibawah ini :



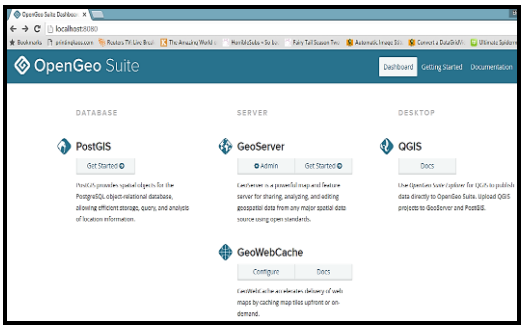
Gambar 3. Hasil data toponimi dan foto diargis



Gambar 2. Tahapan pekerjaan pembuatan sistem informasi geografis berbasis WEB

2.1 *Interface* Peta Digital Berbasis Web

1. Buka *OpenGeo Suite* dengan cara membuka browser dan ketik halaman berikut http://localhost:8080/ lalu *interface* dari *OpenGeo Suite* akan muncul.



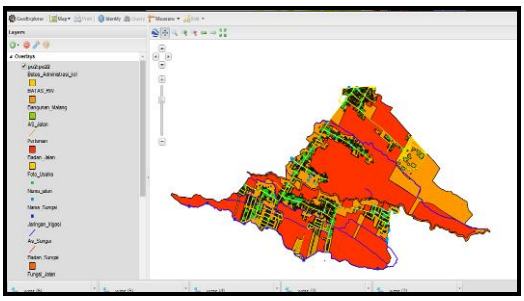
Gambar 4. Membuka *OpenGeo Suite*

2. Lalu buka *GeoExplorer* , dimana *GeoExplorer* ini membutuhkan internet koneksi untuk menampilkan peta/citra yang tersedia secara *online* dan tidak untuk file yang telah di *import*.



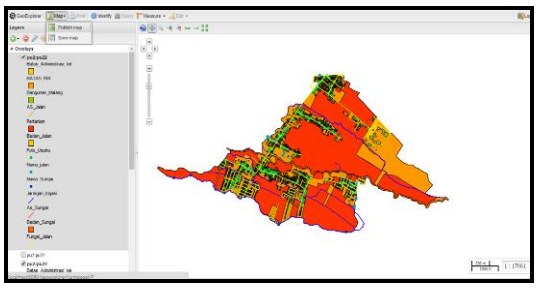
Gambar 5. Menampilkan peta/citra secara online

3. Klik 2 kali pada peta komersial, ini merupakan *layer group* yang telah di buat pada *GeoServer* yang dimana semua layer yang telah di *import* telah di gabungkan. Maka akan muncul gambar seperti dibawah ini



Gambar 6. Hasil gabungan layer

4. Untuk mendapatkan *source code* yang akan di tampilkan di web maka klik *map* > *publish*.



Gambar 7. Publish ke web

5. Maka akan muncul window yang akan menunjukkan code yang digunakan untuk menampilkan peta pada web.



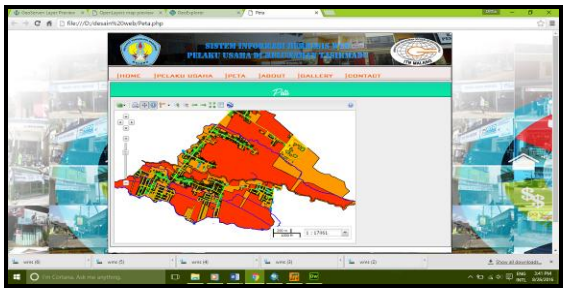
Gambar 8. Hasil peta di web

6. Setelah itu *copy code* dan masukan kedalam Dreamweaver untuk menampilkan peta kedalam desain *interface*.



Gambar 9. Memasukkan *souce code ke Dreamweaver*

7. Maka peta dapat ditampilkan kedalam desain interface sebagai berikut:



Gambar 10. Hasil peta kedalam *desain interface*

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Interface

Proses desain interface dilakukan dengan menggunakan aplikasi *Adobe Dreamweaver Cs6*

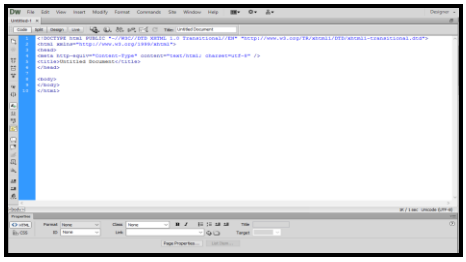
dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Klik tombol **" *start – all program – Adobe Dreamweaver cs6* ,** maka akan muncul jendela seperti dibawah ini.



Gambar 11. *Adobe Dreamweaver*

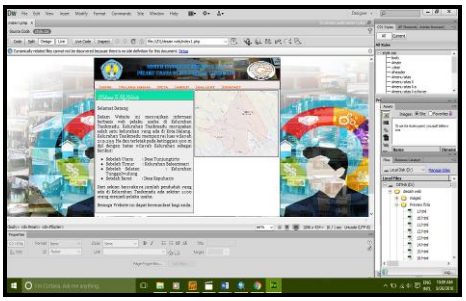
2. Pilih creat new lalu klik ***" PHP"*** maka akan muncul form sebagai berikut, lalu beri nama index maka file tersebut akan menjadi index.php:



Gambar 12. *Creat index.php*

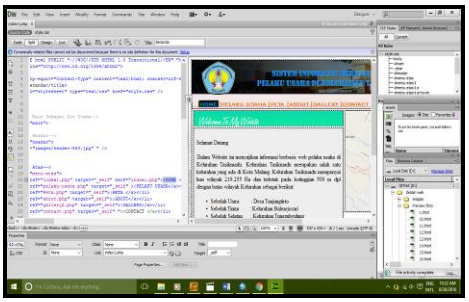
3. Hasil desain index

   Gambaran hasil desain index dapat dilihat pada gambar 13.



Gambar 13. Hasil desain index

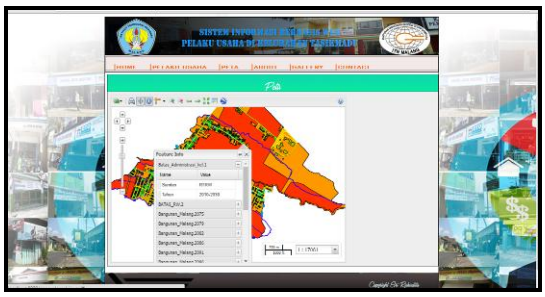
4. Lakukan langkah yang sama untuk membuat desain pada halaman pelaku usaha, peta, gallery, about, dan contact
5. Untuk menyambungkan setiap halaman maka pada pada menu header di blok lalu pada properties pilih link dan pilih file yang akan di sambungkan dengan menu home



Gambar 14. Hasil Menu Home

Lakukan pada hal yang sama pada setiap menu.

6. Untuk melihat preview web atau debug in browser klik icon  lalu pilih preview disalah satu browser yang diinginkan maka akan muncul tampilan



Gambar 15. Preview web

Hasil desain website di setiap halaman;

a. Home



Gambar 16. Visualisasi Home

b. Pelaku Usaha



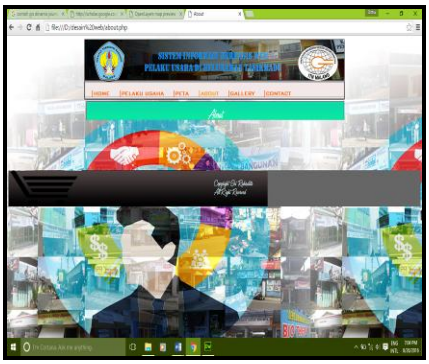
Gambar 17. Visualisasi Pelaku Usaha

c. Peta



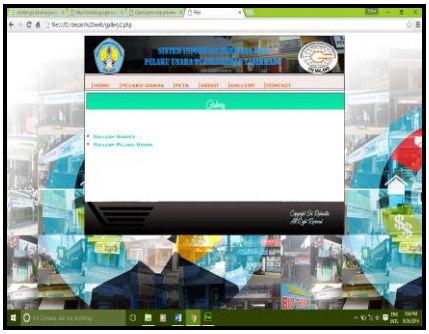
Gambar 18. Visualisasi Peta

d. About

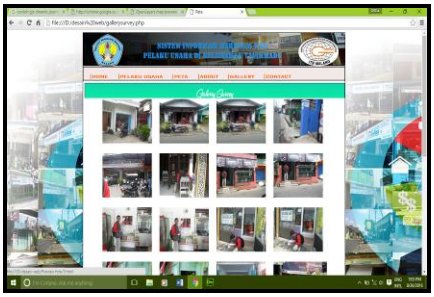


Gambar 19. Visualisasi About

e. Gallery

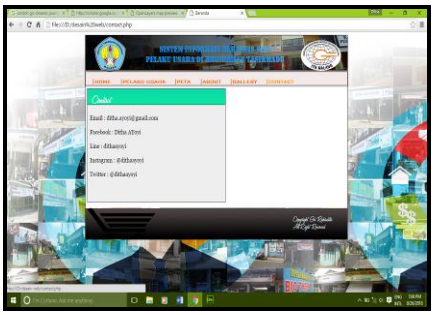


Gambar 20. Visualisasi Gallery



Gambar 21. Visualisasi Pelaku Usaha

f. Contact



Gambar 22. VisualisasiContact

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Membuat sebuah Sistem Informasi Geografis berbasis website sebenarnya sangat umum. Tetapi menampilkan Sistem Informasi Geografis berbasis Web untuk membantu para pelaku usaha atau pelaku ekonomi dalam menjalankan kegiatan ekonominya merupakan suatu hal yang sangat baik sebab tidak terpikirkan bagi para pelaku usaha kecil dan menengah memasarkan produksinya ke ajang global internasional. Terbukti dari hasil wawancara terakhir kepada para pelaku usaha dan ekonomi di kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru ada peningkatan penjualan dan permintaan yang sangat drastis. Sehingga kita diminta terus untuk melakukan control dan monitoring demi kelancaran dan keberhasilan usaha kecil dan menengah yang ada di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru kota Malang. Diharapkan kedepan pemanfaatan sistem informasi geografis berbasis WEB Pelaku Usaha dapat terus ditingkatkan terutama sistem basis datanya sehingga dapat membantu pelaku usaha atau ekonomi dalam menjalankan kegiatan ekonominya. Pelaku Usaha dapat memonitor produksi dan penjualan secara lebih kompetitip sehingga dapat memprediksi keuntungan demi meningkatkan kesejahteraan masyarakat kedepan terutama yang ada

di Kelurahan Tasikmadu Kecamatan Lowokwaru Kota Malang.

Saran dari hasil kegiatan ini adalah diharapkan kedepan dibuat SIG WEB yang terintegrasi ke semua instansi yang terkait sehingga mempermudah memonitor dan mengevaluasi hasil monitor untuk peningkatan program kedepan demi tercapainya kesejahteraan masyarakat.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih Kita sampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat ITN Malang yang telah membantu pendanaan dalam proses kegiatan ini berdasarkan surat penugasan Nomor: ITN.02.172.026/ I.LPPM/2016.

DAFTAR PUSTAKA

Aronoff, Stan. 1989. "*Geographic Information System a Management Perspective"*.WDL Publication, Ottawa-Canad.

Chrisman, Nicholas. 1997. Exploring *Geographic Information System*. John Wileyand Sons,Inc. New York.

Connolly, Thomas M., Carolyn E. Begg. (2005). *Database Systems : A practical approach to design, implamentation, and management, fourth edition*. USA : Pearson Education Limited.

Dedy Kurnia Sunaryo, 2015. *Sistem Informasi Geografis & Aplikasinyas*, CV, Dream Litera Buana, Malang.

Edi Pharasta. 2001. *Konsep Dasar system informasi Geografis*, CV, Informatika, Bandung.

Ground Movement Research in Air Dingin Districts Solok Regency, Using Closed Traverses Method and GPS Geodetic

Masrinedi Umar, M.Eng, Delfi Saputra

Geodesy Institute of Technology Padang
Jl. Kandis Nanggalo Padang Gajah Mada Phone 0751-443317, 0751-443317 Fax,
Email: masrinedi.umar@gmail.com

ABSTRACT

Closed Traverses and Geodetic GPS coordinates methods with a static horizontal positioning methods that have the ability to determine position with accuracy (1-0.5 cm). , This study will assess the level of danger of ground movement that occurred in Nagari Air Dingin , Gumanti District, Solok Regency, with about 50 families

This study emphasized on the length of the ground movement occurs so that it can be predicted how long a block of land were maintained until a saturation point.

This research was conducted using Trimble GPS and Total Station (TS). The research location chosen Km 89 Provincial Road that connects the city of Padang - Solok Selatan. They chose this location because of the topography varies steep, bumpy and many collapsed road, sliding and movement.

The observation was done by making a series of triangles marked with a control point reinforced concrete. Measurements were performed by measuring the coordinates of several points by reference and made a base line tied towards the south at the top of Mount Kerinci with a distance of about 100 km and to the north top of the rock at a distance of about 10 km, observations were made using a Total Station FOI.

The results of this study showed that the horizontal position of the points after 71 days of planting point of control, moving toward the West 55 cm and the current study continued for at least 1 (one) year

The results showed that the method Polygon Open and assisted GPS coordinates geodetic observations can be applied to determine the movement of the ground as a warning to people who were around the study site

Keywords Kerinci Montaint,Ground Movement, Solok Regency,Closed Traverses

BAB .I. PENDAHULUAN

Pergerakan tanah *(landslide)* adalah salah satu bencana kebumian yang cukup sering terjadi di Indonesia, terutama musim hujan di kawasan perbukitan dan pegunungan. Bencana ini tidak hanya menghancurkan lingkungan hidup serta sarana dan prasarana tapi juga umumnya juga menimbulkan korban jiwa. Oleh karena itu proses pemantauan pergerakan tanah ini sangat penting dilaksanakan secara baik dan berkesinambungan.

Kecamatan Lembah Gumanti berada di ketinggian 1.000 – 1.500 meter diatas permukaan laut secara astronomis terletak di antara 100º44'20"BT - 100°49'00"BT dan 1º1'40"LS - 1º6'20"LS merupakan salah satu wilayah yang terdapat di Kabupaten Solok yang cukup rawan terhadap pergerakan tanah, salah

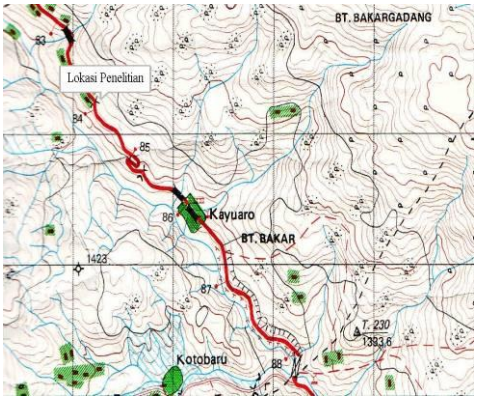
satu penyebabnya adalah karena kedudukan Kabupaten Solok secara tektonik yang termasuk dalam lempeng Eoruasia yang ditunjam lempeng samudera hindia di pantai barat sumatera. Penunjaman kedua lempeng tersebut menghasilkan beberapa patahan aktif di daratan Sumatera berupa Patahan Besar Sumatera (Patahan Semangko).

Pergerakan tanah *(landslide)* yang terjadi di Kabupaten Solok umumnya disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kondisi geologi, morfologi, curah hujan, bahaya gunung api dan kegempaan. Hasil pengamatan yang telah dilakukan di lapangan, daerah penelitian termasuk pada daerah cekungan Sumatera Tengah (Silitonga & Kastowo ,1995) yang terdiri dari napal lempungan , breksi andesit dan batulumpur, sesuai dengan informasi penduduk setempat dibawah daerah penelitian dikenal dengan nama tanah lilin (sejenis napal lempungan) .

Pergerakan tanah berupa galodo pernah terjadi di desa Anau Kadok, Gunung Talang disebelah timur lokasi penelitian pada tahun 1926 dan tahun 1987, mengakibatkan rusaknya lahan pertanian di daerah tersebut.

1.2. Lokasi Peneltian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Kabupaten Solok, yang mencakup daerah Kecamatan Lembah Gumanti. Dan untuk lokasi pengamatan dan pemantauan pergerakan tanah tersebut diadakan di Bukit Saroban, Jorong Kayu Aro, Kenagarian Aia Dingin.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

BAB. II. METODOLOGI

2.1. Landasan Teori

2.1.1. Pergerakan Tanah

Pergerakan tanah atau Gerakan tanah (*mass movement*) secara umum dapat didefinisikan sebagai proses pergerakan material yang besar dari satu tempat ke tempat lain yang lebih rendah akibat pengaruh gravitasi baik cepat maupun lambat (Zuidam, 1986). Varnes (1978) mengemukakan bahwa gerakan tanah atau longsor adalah perpindahan material pembentuk lereng dapat berupa batuan asli, tanah pelapukan, bahan timbunan atau kombinasi dari material-material tersebut yang bergereak kearah bawah atau ke luar lereng.

2.1.1.1. Tipe-Tipe Pergerakan Tanah

Berdasarkan tipenya:

1. Gerakan tanah tipe aliran lambat *(slow flowage) :*
2. Gerakan tanah tipe aliran cepat (rapid flowage) :
3. Gerakan tanah tipe luncuran (landslides) yang terdiri dari:

2.1.1.2. Fakor Penyebab Pergerakan Tanah

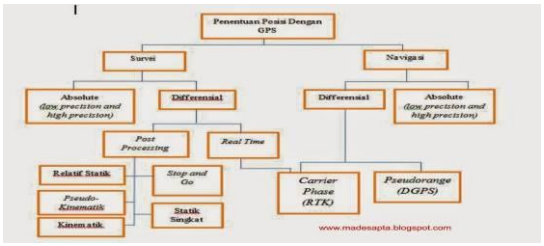
Pergerakan tanah yang merupakan perpindahan tanah ini disebabkan oleh faktor eksternal maupun faktor internal, kedua faktor ini saling mempengaruhi satu sama lainnya pada saat kesetimbangan mengalami perubahan oleh kedua faktor tersebut.

1. Faktor eksternal

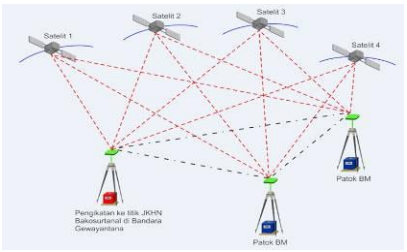
2. Faktor internal

2.1.2. Penentuan Posisi dengan Survei GPS menggunakan Metode Relatif Statik

Secara umum sistem penentuan posisi dengan GPS ditunjukkan sbb.

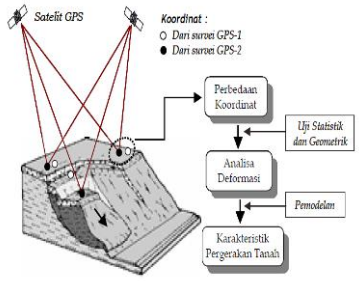


Gambar 2.1. Metode Penentuan Posisi dengan GPS



Gambar 2.2. Penentuan Posisi Metode Relatif Statik

Prinsip studi gerakan tanah dengan metode survei GPS adalah dengan membandingkan koordinat dari beberapa titik pada daerah rawan gerakan tanah yang diperoleh dari beberapa survei GPS yang dilakukan dengan selang waktu tertentu (Abidin, 2008).
Karakteristik gerakan tanah diperoleh dengan melakukan analisa pergeseran terhadap perbedaan koordinat dari titik-titik GPS yang diperoleh tersebut.



Gambar 4. Gerakan tanah

2.2. Jenis Penelitian

Penelitian ini memantau pergerakan tanah dengan melakukan pengamatan titik acuan menggunakan alat GPS Geodetik dan Total station untuk melihat perubahan posisi titik kontrol yang dipasang beberapa control point.

2.2.1 Alat Penelitian

2.2.1.1. GPS Trimble R4 PP

Trimble R4 PP (Post-Processing) merupakan receiver GPS yang memiliki kemampuan untuk melacak sinyal satelit GPS untuk melakukan pengukuran koordinat menggunakan metode statik pada posisi daerah yang diprediksi ada pergerakan



Gambar 2.4. Trimble R4 PP (Post-Processing)

2.2.1.2 Total Station

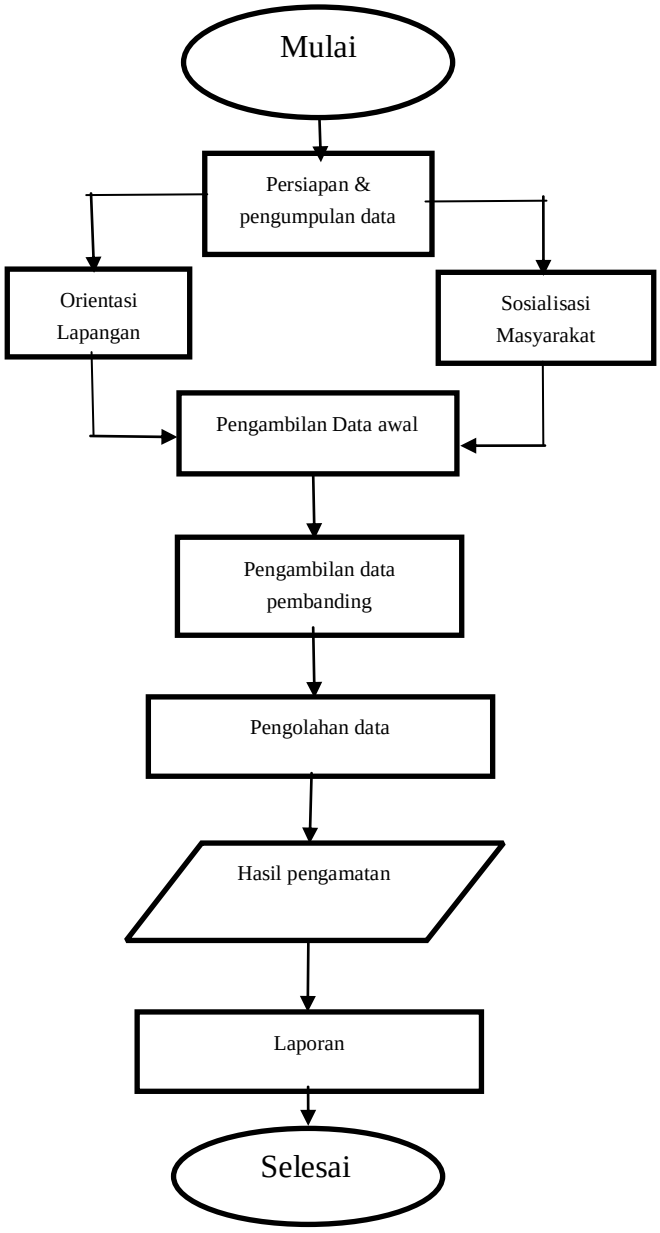
Total station adalah peralatan theodolit yang dilengkapi dengan EDM (Electronic Distance Measurement) dan aplikasi-aplikasi yang terintegrasi menjadi satu kesatuan



Gambar 2.7. Total station

2.3. Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan Penelitian Pergerakan Tanah di Kecamatan Lembah Gumanti Kabupaten Solok dengan metode Survei GPS dan Jaring Kontrol Koordinat, adapun tahap pengerjaannya seperti yang tergambar pada diagram alir berikut ini :



149° 42’ 12”

Pembacaan Sudut akhir (05 Okt. 2016) = 149°44’ 00”

Titik Kontrol (Control Point) awal

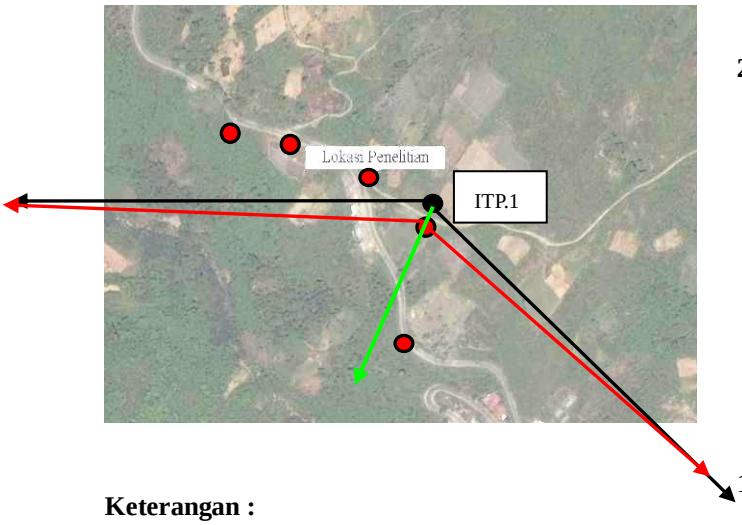
Titik Kontrol (Control Point) setelah 45 hari

Arah Pergerakan Tanah



Puncak Gunung Kerinci sebagai Titik Acuan



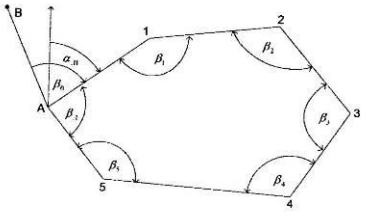


Keterangan :

Pembacaan Sudut awal (26 Jui 2016) =

2.4 . PENGOLAHAN DATA

2.4.1 Pengolahan data TS digunakan rumus sebagai berikut



1. Syarat Sudut :

$\sum\beta = (n - 2)\ 180°$ jika yang dibaca sudut dalam

$\sum\beta = (n + 2)\ 180°$ jika yang dibaca sudut luar

2. Syarat Absis

$$\sum d \sin \alpha = 0$$

$$\sum d \cos \alpha = 0$$

3.Menghitung sudut jurusan

tg αab = (Xb –Xa) / (Yb – Ya)

4.Menghitung Koordinat titik P dari ttk A

dab1 = (Xb – Xa) / (Sin αab)

dab2 = (Yb – Ya) / (Cos αab)

Xp = Xa + dap .sin αap

Yp = Ya + dap . cos αap

2.4.2. Pengolahan Data GPS Trimble R4 PP

Untuk pengolahan data koordinat dari alat GPS Geodetik ini dengan melakukan pengiriman data yang telah di simpan pada aplikasi Trimble DL tersebut ke email, setelah data tersebut sudah ada di email lalu data tadi dikirim ke Trimblertx.com untuk diproses. Setelah pemrosesan selesai kemudian Trimblertx.com mengirim kembali hasil dari pengambilan data koordinat tersebut ke email. Dan jarak pergerakan tanah dihitung dengan rumus sbb.

$$AB = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

BAB. III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisa Data GPS Trimble R4 PP

Dari pengamatan awal yang menggunakan alat GPS Geodetik untuk pemantauan koordinat dari titik-titik yang mewakili lokasi penelitian yang diolah langsung oleh Trimblertx.com dan juga dilakukan transformasi pada koordinat UTM dengan hasil pengolahan data tersebut sebagai berikut :

Tabel 3.1. Hasil Pengamatan awal

Nama titik	Nilai X	Nilai Y
ITP.1	703518.41	9870997.43
ITP.2	703384.53	9871064.63
ITP.3	703318.04	9871090.49
ITP.4	703451.61	9871034.71
ITP.5	703498.04	9870901.05

Tabel 3.2. Perbandingan 2 pengamatan koordinat GPS Geodetik setelah 71 hari

No.TTK	26 Juli 2016		5 Okt. 2016	
	Nilai X	Nilai Y	Nilai X	Nilai Y
ITP.1	703518.41	9870997.43	703518.41	9870997.41
ITP.2	703384.53	9871064.63	703384.51	9871064.63
ITP.3	703318.04	9871090.49	703318.03	9871090.48
ITP.4	703451.61	9871034.71	703451.71	9871034.80
ITP.5	703498.04	9870901.05	703498.13	9870901.02

3.2. Analisa Data Pergerakan Tanah dari Total Station

Pengukuran sudut yang menggunakan alat Total Station (TS) pada titik ITP.1 dengan target ke Selatan puncak Gunung Kerinci yang berjarak sekitar 90 km, sedangkan target ke Utara Puncak rumah yang berjarak sekitar 15 km didapat pembacaan sudut horizontal telah bergeser sepanjang 0,55 m dalam waktu 71 hari ,dapat dilihat pada Tabel 3.2

BAB. IV KESIMPULAN DAN SARAN

4.I. Kesimpulan

Hasil penelitian pergerakan tanah ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Berdasarkan hasil pengamatan selama 71 hari

dengan GPS Geodetik, ITP.1 = 2 cm, ITP.2 = 2,2 cm, ITP.3 = 1,4 cm, ITP.4 = 10,3 cm dan ITP.5 4,1 cm.

2. Sedangkan hasil pengukuran sudut ITP.1 selama 71 hari bergerak ke arah Barat sepanjang 55 c m
3. Ada perbedaan hasil pengamatan GPS Geodetik dengan pengamatan sudut, ini disebabkan karena sering cuaca jelek berkabut , posisi target tidak jelas

4.2. S a r a n

1. Pemantauan pergerakan tanah ini sebaiknya dilaksanakan terus menerus karena sekitar daerah pemantauan banyak pemukiman masyarakat
2. Sebaiknya pemantauan pergerakan tanah ini dilakukan dengan banyak GPS Geodetik statik dengan waktu yang bersamaan dan lama pengamatan minimal 3 Jam agar mendapatkan data yang akurat

V. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimkasih dan penghargaan yang sangat tinggi kepada bapak Camat Lembah Gumanti, Wali Nagari Aia Dingin Kabupaten Solok dan masyarakat Jorong Kaya aro. Beliau-beliau ini telah menyiapkan waktu untuk diskusi serta menyiapkan data dan dokumen yang diperlukan.

Daftar Rujukan

*Arsyad, S. 2006, Konservasi Tanah dan Air, Bogor : IPB Press

*Hary Christady Hardiyatmo, 2006, Penanganan Tanah Longsor dan Erosi, Yogyakarta : Gajah Mada University Press.

*Puntodewo A, Dewi S, dan Tarigan J. 2003. Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumber Daya Alam. Bogor Barat: Center for International Forestry Research

*Abidin, H.Z., Andreas, H., Gamal, M., Surono and Hendrasto, M., 2004, "On the Use of GPS Survey Method for Studying Land Displacements on the Landslide Prone Areas" *FIG Working Week 2004*, Greece.

*Anbalagan, R., Chakraborty, D., and Kohli, A., 2008, "Landslide hazard zonation (LHZ) mapping on meso-scale for systematic town planning in mountainous terrain" *Journal of Scientific & Industrial Research*, Vol. 67, No. 2, pp. 486-497.

*Arnous, M. and Green, D., 2010, "GIS and remote sensing as tools for conducting geo-hazards risk assessment along Gulf of Aqaba coastal zone, Egypt." *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 2, No.1, pp. 1-19

*Djawahir, F., 2004, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

BIOGRAFI PEMAKALAH

Masrinedi Umar, lulus D III Teknik Geodesi UGM 1983 , D IV Teknik Sungai UNDIP 1993 , Master of Engineering (M.Eng) University of Roorkee India 1999, Kasubdin Pengairan Dinas KIMPRASWIL Kota Payakumbuh dari 2003 - 2005 Kabid Pengairan Dinas PU Kabupaten Solok Selatan dari 2005 - 2008, Ka.Prodi dan dosen Teknik Geodesi Institut Teknologi Padang dari 2013 -Sekarang. Matakuliah yang di ajarkan Ilmu Ukur Tanah, Team Asesor Teknik Sipil di LPJK Pusat , Ka.Ikatan Surveyor Indonesia Komwil Sumatera Barat dan Team Asesor Terestris Ikatan Surveyor Indonesia.

Analisa Proses Perbaharuan Peta Menggunakan Data Citra Satelit Resolusi Tinggi dengan Metode Klasifikasi Digital dan Klasifikasi Digital
(Studi Kasus: Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya)

Cherie Bhekti Pribadi[a], Teguh Hariyanto[b], Udiana Wahyu Deviantari[c]

[a,] Institut Teknologi Sepuluh Nopember (cherie_b@geodesy.its.ac.id)
[b,] Institut Teknologi Sepuluh Nopember (tgh_hary@yahoo.com)
[c,] Institut Teknologi Sepuluh Nopember (udiana@geodesy.its.ac.id)

ABSTRACT

Dinamika dan aktivitas kota Surabaya dalam kurum waktu sepuluh tahun (2002-2012) menyebabkan terjadinya perubahan tata ruang yang menuntut adanya perbaharuan jenis tutupan lahan dalam suatu wilayah dan secara konkret disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan. Proses perbaharuan peta tutupan lahan dari citra satelit resolusi tinggi dapat digunakan menggunakan metode klasifikasi dijital dan klasifikasi manual, kemudian dilakukan analisa perbandingan antara kedua metode tersebut dalam proses perbaharuan peta tutupan lahan di kecamatan Sukolilo, kota Surabaya. Hasil yang diperoleh, metode klasifikasi dijital menghasilkan lima kelas tutupan lahan diantaranya bangunan, lahan kosong, vegetasi, rawa, dan tambak. Penentuan lima kelas tutupan lahan ini didasarkan pada jenis tutupan lahan di peta garis kota Surabaya skala 1:5000 tahun 2002. Besar *confusion matrix* dari hasil pengolahan data menggunakan metode klasifikasi dijital yang telah dilakukan menghasilkan hasil uji ketelitian seluruh hasil klasifikasi untuk citra satelit *Worldview*-2 tahun 2012 sebesar 96.34%.

Keywords Peta, Klasifikasi, Tutupan Lahan, Citra Satelit

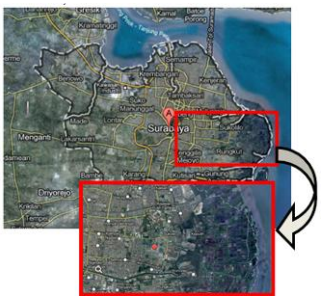
Pendahuluan

Kota Surabaya sebagai salah satu kota terbesar kedua di Indonesia memiliki kedudukan yang sangat strategis baik skala regional maupun nasional. Menurut Badan Pusat Statistik kota Surabaya tahun 2011, luas kota Surabaya seluruhnya kurang lebih 326,36 km^2. Dinamika dan aktivitas kota Surabaya yang sangat tinggi memacu terjadinya perkembangan kota yang sangat pesat pula. Tingkat dinamika kota yang sangat tinggi tersebut menyebabkan terjadinya perubahan tata ruang terutama pada wilayah dengan tingkat dinamika yang cukup tinggi ataupun pada wilayah yang sedang berkembang. Secara konkret perubahan tata ruang tersebut dapat diketahui secara keseluruhan melalui sebuah peta.

Peta mempunyai pengaruh yang besar atas kegiatan manusia. Dewasa ini, kebutuhan peta lebih besar daripada sebelumnya serta ketersediaan peta menjadi sesuatu yang tak dapat ditinggalkan, terlebih-lebih untuk pembangunan fisik. Perubahan tata ruang tersebut menuntut adanya perbaharuan jenis tutupan lahan yang terdapat dalam suatu wilayah yang disebut sebagai perbaharuan peta tutupan lahan. Oleh karena, perlu dilakukan sebuah analisa dan kajian secara berkala terhadap kelayakan terhadap metode yang digunakan dalam proses perbaharuan peta tutupan menggunakan citra satelit resolusi tinggi. Penelitian yang revelan pernah dilakukan sebelumnya mengenai perubahan tata guna lahan perkotaan menggunakan citra multispektral. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu klasifikasi terbimbing *maximum likelihood* untuk mengklasifikasikan piksel yang tidak dihetahui berdasarkan pada kemiripan nilai kerapatan piksel yang sama. Perubahan tutupan lahan identik dengan perubahan tata guna lahan, serta diperlukan *groundtruth* untuk mengintegrasikan tata guna lahan dan tutupan lahan untuk memperoleh informasi yang lebih benar (Hasyim, et al, 2011). Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu Bagaimana melakukan perbaharuan peta tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi dijital dan klasifikasi manual. Tujuan dalam penelitian ini adalah melakukan perbaharuan peta tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi dijital dan klasifikasi manual.

Lokasi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kecamatan Sukolilo, kota Surabaya, Berdasarkan analisa secara geografis

Kecamatan Sukolilo, Surabaya Timur terletak pada 7°18’22”,368 LS - 7°17’19”,187 LS dan 112°45’43”,085 BT - 112°50’52”,249 BT.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Metodologi

Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Citra Satelit Worldview-2 tahun 2012 dan peta garis kota Surabaya tahun 2002

Peralatan

Perangkat Lunak yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *software* pengolah citra, ArcGIS, dan Autocad Land Desktop. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini meliputi seperangkat komputer.

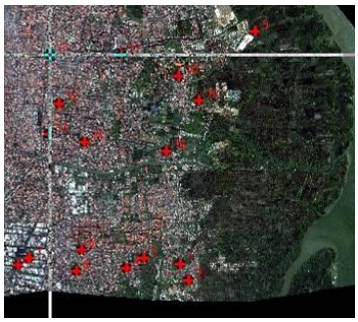
Berikut merupakan penjelasan dari tahap pengolahan data :

a. Mosaik Citra

   Mosaik citra merupakan tahapan penggabungan enam *scene* citra satelit Worldview-2 bulan Mei tahun 2012 sehingga terbentuk satu kesatuan area yang mencakup area penelitian yaitu kecamatan Sukolilo dan kecamatan Gunung Anyar, pengolahan ini menggunakan *software* pengolah citra.

b. Koreksi Geometrik

   Proses ini bertujuan untuk merubah posisi citra sesuai dengan koordinat peta garis kota Surabaya tahun 2002. Dalam pengolahan koreksi geometrik ini menggunakan 17 titik *Ground Control Point* (GCP) dari desain *strength of figure* (SoF) dengan acuan peta vektor skala 1:5000. Proses ini menggunakan metode polinomial orde satu dengan parameter yang tidak diketahui serta metode *resampling nearest neighbor* menggunakan *software* pengolah citra satelit. Perhitungan *Root Mean Square Error* yang dihasilkan dari proses ini sebesar 0.497, hal ini menandakan bahwa koreksi geometrik memenuhi syarat yaitu *RMSerror* harus kurang dari sama dengan satu (Purwadhi, 2001)



Gambar 2. Sebaran Ground Control Point (GCP)

c. Pemotongan peta garis

   Proses ini bertujuan untuk memotong peta garis kota Surabaya yang masih mencakup semua kecamatan menjadi kecamatan Sukolilo, kota Surabaya.

d. *Overlay* peta garis tahun 2002 dan citra terkoreksi

   Hasil pemotongan peta garis tahun 2002 kemudian di-*overlay*kan dengan citra terkoreksi untuk dilakukan proses klasifikasi manual yang bertujuan untuk melakukan *perbaharuan* dari peta tahun 2002 menjadi tahun 2012

e. Klasifikasi Dijital

   Klasifikasi dijital yang digunakan dalam proses klasifikasi citra ini yaitu klasifikasi terbimbing *(supervised classification)* dengan tipe klasifiaksi *maximum likelihood.* Klasifikasi terbimbing merupakan tahap melakukan perbandingan antara setiap piksel citra dengan setiap kategori pada kunci interpretasi yang dikerjakan secara numerik dengan menentukan *training area*. Pada klasifikasi terbimbing ini, diperoleh lima kelas unsur tutupan lahan, yaitu bangunan, lahan kosong, rawa, vegetasi, dan tambak. Hasil dari proses klasifikasi tutupan lahan ini dapat dilihat pada lampiran.

f. Pemotongan citra

   Proses ini dilakukan untuk memperoleh citra yang hanya mencakup area kecamatan Sukolilo, kota Surabaya, supaya proses pengolahan nya menjadi lebih efektif dan memperkecil memori penyimpanan.

g. *Overlay* citra terklasifikasi dan peta garis tahun 2012

Proses *overlay* antara citra terklasifikasi dan peta garis tahun 2012 ini bertujuan untuk menggabungkan antara kedua data ini sehingga dapat dilakukan proses analisa data

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Koreksi Geometrik

Proses koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan 17 *ground control point* (GCP). Acuan yang digunakan dalam proses koreksi geometrik ini menggunakan peta vektor kota Surabaya skala 1:5000 tahun 2002. Sehingga diperoleh RMS *error* rata-rata yang dihasilkan sebesar 0.497. Nilai RMSerror. dari hasil perhitungan RMSerror ini diketahui bahwa nilainya kurang dari sama dengan 1, maka koreksi geometrik dianggap benar (Purwadhi, 2001)

Klasifikasi Dijital

Klasifikasi dijital yang digunakan dalam proses klasifikasi citra yaitu klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) jenis *maximum likelihood.* Jenis ini digunakan dalam proses klasifikasi karena memiliki hasil yang lebih teliti dibandingkan menggunakan strategi lainnya (Purwadhi, 2011). Hasil klasifikasi ini terdiri atas lima kelas tutupan lahan yang didasarkan pada tutupan lahan pada peta garis kota Surabaya tahun 2002 yaitu bangunan, lahan kosong, vegetasi, tambak, dan rawa.

Dari hasil perhitungan *confusion matrix* yang telah dilakukan menghasilkan hasil ketelitian seluruh hasil klasifikasi untuk citra satelit *Worldview*-2 tahun 2012 sebesar 96.34 %. Menurut Anderson (1971), tingkat ketelitian interpretasi minimum dalam kategori identifikasi tata guna lahan dan tutupan lahan dari data penginderaan jauh minimal 85%. Dengan hasil perhitungan uji ketelitian klasifikasi tersebut, maka hasil klasifikasi tutupan lahan dengan lima kelas tutupan lahan telah memenuhi persyaratan uji ketelitian klasifikasi dan dianggap benar karena nilainya lebih dari 85%.

Perbaharuan Peta menggunakan Metode Klasifikasi Dijital dan Klasifikasi Manual

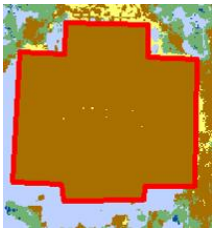
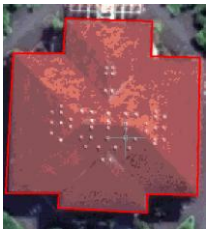
Kegiatan perbaharuan peta dengan menggunakan metode klasifikasi dijital dilakukan dengan menggunakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) tipe *maximum likelihood.* Tipe klasifikasi ini digunakan sebab hasil klasifikasinya lebih teliti daripada strategi lainnya (Purwadhi, 2001). Hasil klasifikasi ini terdiri dari lima kelas tutupan lahan, yaitu bangunan, lahan kosong, vegetasi, rawa, dan tambak. Penentuan lima kelas tutupan lahan ini didasarkan pada jenis tutupan lahan di peta garis kota Surabaya skala 1:5000 tahun 2002. Kegiatan klasifikasi dijital ini mengandalkan kemampuan dari perangkat lunak (*software*) dalam pengenalan obyek tutupan lahan.

Kegiatan perbaharuan peta dengan menggunakan metode klasifikasi manual dilakukan dengan menggunakan teknik visual dari hasil tumpang tindih (*overlay*) antara peta garis tahun 2002 dengan citra terkoreksi tahun 2012. Kegiatan ini mengandalkan kemampuan dan pengalaman interpreter dalam pengenalan obyek tutupan lahan. Pengenalan kenampakan fisik tutupan lahan yang dilakukan oleh interpreter harus berdasarkan acuan kunci interpretasi. Pendefinisan letak tutupan lahan yang dianggap kurang sesuai dengan kunci interpretasi dapat diatasi dengan mengecek obyek yang dianggap kurang sesuai dengan kunci interpretasi tersebut ke lapangan.

Hasil pelaksanaan klasifikasi dijital dan klasifikasi manual pada tiap kelas tutupan lahan adalah sebagai berikut:

a. Bangunan

Tabel 1. Kelas Bangunan

Hasil Klasifikasi Dijital	**Hasil Klasifikasi Manual**
	

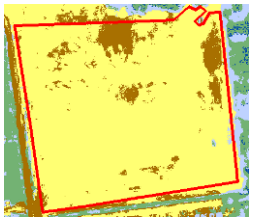
Dari hasil klasifikasi tutupan lahan kelas bangunan tersebut menandakan bahwa hasil klasifikasi dijital menunjukkan kebenaran yang akurat saat hasil tersebut dibandingkan dengan data hasil klasifikasi manual yaitu hampir tidak ada piksel-piksel kelas lain yang masuk ke dalam klasifikasi kelas bangunan ini. Area bangunan ditandai dengan area yang berada dalam garis batas poligon berwarna merah pada hasil klasifikasi dijital dan klasifikasi manual.

Tabel 2. Unsur Interpretasi Obyek Bangunan

Jenis Obyek		Bangunan
Unsur Interpretasi	Warna	Kecoklatan
	Bentuk	Segi 12
	Lokasi	Dipinggir Jalan
	Ukuran	Luas
	Bayangan	Ada bayangan apabila bangunan lebih dari satu lantai
	Pola	Linier
	Tekstur	Halus

b. Lahan Kosong

Tabel 3. Kelas Lahan Kosong

Hasil Klasifikasi Dijital	**Hasil Klasifikasi Manual**
	

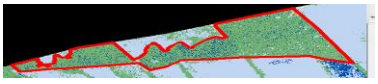
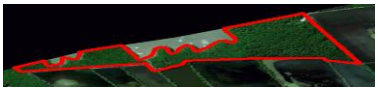
Dari hasil klasifikasi tutupan lahan kelas lahan kosong tersebut menandakan bahwa hasil klasifikasi dijital menunjukkan kebenaran yang kurang akurat saat hasil tersebut dibandingkan dengan data hasil klasifikasi manual, disebabkan oleh adanya piksel-piksel kelas lain (kelas bangunan) yang ikut terklasifikasi ke dalam kelas lahan kosong ini, sehingga hasil pengkelasan tersebut tidak dapat dikatakan sebagai kelas lahan kosong secara utuh. Area lahan kosong ditandai dengan area yang berada dalam garis batas poligon berwarna merah pada hasil klasifikasi dan klasifikasi manual.

Tabel 4. Unsur Interpretasi Obyek Lahan Kosong

Jenis Obyek		Lahan Kosong
Unsur Interpretasi	Warna	Putih kecoklatan
	Bentuk	Persegi
	Lokasi	Disekeliling perumahan
	Ukuran	Luas
	Bayangan	Tidak Ada
	Pola	Linier
	Tekstur	Halus

c. Vegetasi

Tabel 5. Kelas Vegetasi

Hasil Klasifikasi Dijital	
Hasil Klasifikasi Manual	

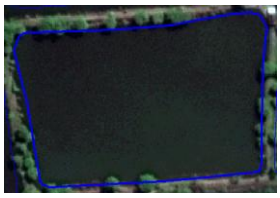
Dari hasil klasifikasi tutupan lahan kelas vegetasi tersebut menandakan bahwa hasil klasifikasi dijital menunjukkan kebenaran yang cukup akurat saat hasil tersebut dibandingkan dengan data hasil klasifikasi manual, disebabkan oleh adanya piksel-piksel kelas lain (kelas rawa) yang ikut terklasifikasi ke dalam kelas vegetasi ini, namun piksel kelas vegetasi masih mendominasi hasil klasifikasi kelas vegetasi ini dengan masih banyaknya piksel kelas vegetasi yang terklasifikasi dibandingkan piksel kelas rawa yang masuk ke dalam kelas vegetasi ini. Area vegetasi ditandai dengan area yang berada dalam garis batas poligon berwarna merah pada hasil klasifikasi dan klasifikasi manual.

Tabel 6. Unsur Interpretasi Obyek Vegetasi

Jenis Obyek		Vegetasi
Unsur Interpretasi	Warna	Kehijauan
	Bentuk	Tidak Beraturan
	Lokasi	Disekeliling area tambak
	Ukuran	Luas
	Bayangan	Tidak Ada
	Pola	Non-Linier
	Tekstur	Kasar

d. Tambak

Tabel 7. Kelas Tambak

Hasil Klasifikasi Dijital	**Hasil Klasifikasi Manual**
	

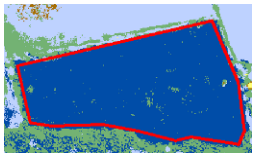
Dari hasil klasifikasi tutupan lahan kelas tambak tersebut menandakan bahwa hasil klasifikasi dijital menunjukkan kebenaran yang akurat saat hasil tersebut dibandingkan dengan data hasil klasifikasi manual, yaitu tidak adanya piksel-piksel kelas lain yang masuk ke dalam klasifikasi kelas tambak ini. Area kelas tambak ditandai dengan area yang berada dalam batas garis poligon berwarna merah pada hasil klasifikasi dan klasifikasi manual.

Tabel 8. Unsur Interpretasi Obyek Tambak

Jenis Obyek	Tambak	
Unsur Interpretasi	Warna	Kehitaman
	Bentuk	Persegi
	Lokasi	Disekeliling area tambak
	Ukuran	Luas
	Bayangan	Tidak Ada
	Pola	Linier
	Tekstur	Halus

e. Rawa

Tabel 9. Kelas Rawa

Hasil Klasifikasi Dijital	**Hasil Klasifikasi Manual**
	

Dari hasil klasifikasi tutupan lahan kelas rawa tersebut menandakan bahwa hasil klasifikasi dijital menunjukkan kebenaran yang cukup akurat saat hasil tersebut dibandingkan dengan data hasil klasifikasi manual, disebabkan oleh masih adanya beberapa piksel-piksel kelas lain (kelas vegetasi) yang ikut terklasifikasi ke dalam kelas rawa ini, namun piksel kelas rawa masih mendominasi hasil klasifikasi kelas rawa ini dengan masih banyaknya piksel kelas rawa yang terklasifikasi dibandingkan piksel kelas vegetasi yang masuk ke dalam kelas rawa ini. Area rawa ditandai dengan area yang berada dalam garis batas poligon berwarna merah pada hasil klasifikasi dan klasifikasi manual.

Tabel 10. Unsur Interpretasi Obyek Rawa

Jenis Obyek	Rawa	
Unsur Interpretasi	Warna	Kehijauan
	Bentuk	Tidak Beraturan
	Lokasi	Disekeliling area tambak
	Ukuran	Luas
	Bayangan	Tidak Ada
	Pola	Linier
	Tekstur	Halus

Kelebihan melakukan perbaharuan peta tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi dijital adalah sebagai berikut:

a. Hasil pada setiap kelas obyek lebih bersifat obyektif berdasarkan dari hasil klasifikasi dijital yang telah diperoleh tanpa adanya pengaruh asumsi dari luar
b. Kesalahan penafsiran kelas tutupan lahan dapat diminimalisir dengan hasil klasifikasi dijital yang lebih obyektif, artinya hasil yang diperoleh tidak berubah-ubah dalam sekali pengolahan data
c. Waktu yang diperlukan untuk proses pengolahan data relatif lebih cepat dibandingkan proses klasifikasi manual.

Kekurangan melakukan perbaharuan peta tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi dijital adalah adanya beberapa piksel yang ikut ke dalam klasifikasi kelas tutupan lahan yang lain, sehingga sedikit mengganggu bebeapa penafsiran pada beberapa kelas obyek yang terkena pengaruh omisi (piksel masuk ke kelas piksel lainnya), serta hal ini dapat menggangu penentuan batas pada masing-masing kelas obyek.

Kelebihan melakukan perbaharuan peta tutupan lahan menggunakan metode klasifikasi manual adalah hasil pengambilan kelas tutupan tidak terpengaruh oleh kelas tutupan lahan lainnya, hal ini dikarenakan dalam klasifikasi manual tidak memiliki pengaruh omisi (adanya kelas satu masuk ke kelas lain) maupun komisi (adanya kelas tambahan dari kelas lain).

Kekurangan melakukan perbaharuan peta menggunakan metode klasifikasi manual adalah sebagai berikut :

a. Hasil pada setiap obyek lebih bersifat subyektif, sebab proses interpretasi manual dilakukan oleh seorang interpreter dan sifatnya relatif berbeda apabila dilakukan oleh interpreter yang lain
b. Membutuhkan waktu yang relatif lebih lama dari metode klasifikasi dijital dalam proses pengerjaan hingga penyelesaiannya

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan bahwa proses perbaharuan peta dengan menggunakan klasifikasi dijital dan klasifikasi manual menghasilkan lima kelas tutupan yaitu bangunan, lahan kosong, rawa, tambak, dan vegetasi. Serta uji ketelitian klasifikasi menggunakan citra satelit resolusi tinggi sebesar 96.34 %, dan klasifikasi manual dilakukan berdasarkan pada tujuh unsur interpretasi yaitu warna, bentuk, lokasi, ukuran, bayangan, pola, dab tekstur.

Ucapan terima kasih

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih

kepada Pemerintah Kota Surabaya sebagai penyedia data, serta Laboratorium Geospasial Teknik Geomatika, FTSP - ITS.

Daftar Pustaka

Anderson, J. R., Hardy, E. E., Roach, J. T., Witmer, R. E. 1976. "A Land Use And Land Cover Classification System For Use With Remote Sensor Data". United States. Geological Survey. Professional Paper : 964

Duong, N., D. 2000. "Land Cover Category Definition By Image Invariants For Automated Classification". International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing. Vol. XXXIII, Part B7. Amsterdam 2000 : 985-992

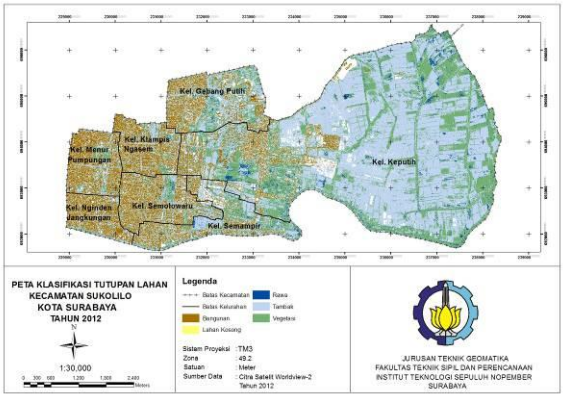
Hasyim, A. W., Hariyanto, T., Taufik, M., Sulistyarso, H. 2011. "Urban Land Use Change Analysis Using Temporal Multispectral Imagery and Image Difference". International Journal and Academic Research : 246-251

James R.W., Roy H. W. 1995. Pengantar Pemetaan. Jakarta. Erlangga

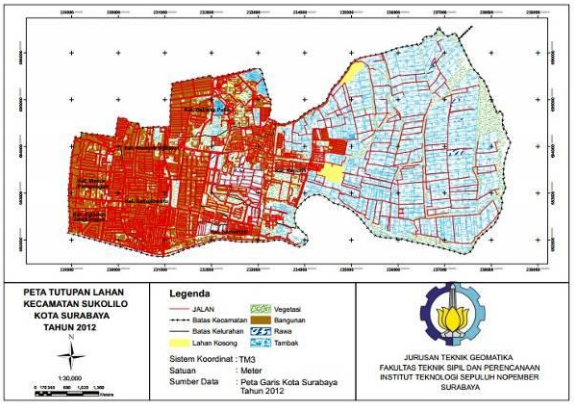
Lillesand, T. M., Kiefer R. W. 1999. Remote Sensing and Image Interpretation, 4th Edition: John Wiley & Sons

Sukojo, B. M. 2012. Penginderaan Jauh (Dasar Teori dan Terapan). Surabaya. ITSPress

Lampiran



Gambar 3. Hasil Klasifikasi Dijital Peta Tutupan Lahan Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya



Gambar 4. Hasil Klasifikasi Manual Peta Tutupan Lahan Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya

Analisis Pengaruh Lokasi *Central Business District* (CBD) Terhadap Nilai Tanah di Daerah Sekitarnya
(Studi Kasus : Daerah Pusat Perbelanjaan di Surabaya)

Udiana Wahyu Deviantari[a], Yanto Budisusanto[a], Heri Yuli Safitri[b], Andy Dediyono[c]

[a]Staf Pengajar Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS (dianada87@gmail.com)
[b]Mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS
[c]Masyarakat Penilai Tanah Indonesia

ABSTRAK

Kota surabaya mengalami suatu perkembangan yang sangat pesat dibandingkan dengan pertumbuhan kota-kota disekitarnya. Perkembangan penduduk kota Surabaya yang mempunyai predikat kota Industri, Dagang, Maritim dan Pendidikan berjalan sangat pesat. Akibatnya, nilai tanah pada lokasi tertentu yang mempunyai kemudahan mencapai sarana kegiatan tersebut akan mengalami kenaikan tingkat harga nilai tanah. Untuk mengetahui pengaruh Pusat Kegiatan Kota/Central Business District (CBD) terhadap nilai tanah, digunakan metode penaksiran harga tanah Von Thunen (Teori Lokasi) yang akan menunjukkan pengaruh jarak ke CBD dan persebaran letak NIR tertinggi sampai terendahnya. Serta analisis faktor penentu nilai tanah tersebut dengan NIR yang menggunakan metode perbandingan Pendekatan Data Pasar (Market Data Approach) dalam setiap zona yang telah dibuat yang akan dianalisis perbandingan NIR antara CBD yang satu dengan lainnya.

Hasil analisis klasifikasi NIR pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy yang dilakukan sejauh 3 kilometer mempunyai kecenderungan nilai tanah yang semakin rendah jika menjauh dari CBD. Hal ini ditunjukan dengan hasil perhitungan prosentase dari NIR yang dirata-ratakan pada setiap radius per kilometer. Pada radius 2 kilometer memiliki prosentase sebesar 21 % dan pada radius 3 kilometer sebesar 37% yang masing-masing menggunakan NIR rata-rata pada radius 1 kilometer sebagai acuan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa CBD Pusat Perbelanjaan yang memiliki NIR tertinggi sebesar Rp 20.668.935,- mempunyai pengaruh yang tinggi terhadap nilai tanah di daerah sekitarnya . Dan selain faktor jarak terhadap CBD, faktor kedudukan tanah terhadap jalan juga sangat mempengaruhi nilai tanah tersebut.

Kata Kunci : Nilai Tanah, Central Business District (CBD), Nilai Indikasi Rata-Rata(NIR)

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Perkembangan penduduk kota Surabaya yang mempunyai predikat kota Industri, Dagang, Maritim dan Pendidikan berjalan sangat pesat. Pada setiap harinya aktivitas kota semakin meningkat dan padatnya jumlah penduduk di kota Surabaya menjadi faktor utama meningkatnya kebutuhan manusia seperti kebutuhan pemukiman, industri, pusat perbelanjaan, pertambakan, pertanian/perikanan, pariwisata, kawasan pusat pemerintahan dan sarana penunjang lainnya. Akibatnya, nilai tanah pada lokasi tertentu yang mempunyai kemudahan mencapai sarana kegiatan tersebut akan mengalami kenaikan tingkat harga nilai tanah.

Nilai tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satu dari faktor yang mendukung adalah faktor lokasi. Lokasi dapat diuraikan dengan atribut aksesibilitas dan lingkungan. Nilai tanah akan semakin meningkat harganya jika didukung dengan aksesibilitas seperti berdekatan dengan Central Business District (CBD), lebar jalan, dekat dengan jalan raya, dan lain sebagainya.

Dalam prinsip dasar Teori Lokasi menurut Von Thunen (1826) menyatakan bahwa harga tanah ditentukan oleh panjang jarak geografi lokasi tanah tersebut ke/dari pusat kegiatan kota/Central Business District (CBD). Pusat kota atau CBD dalam pemahaman Von Thunen adalah pasar (market), yang mencerminkan pusat kegiatan ekonomi.

Diharapkan alih fungsi lahan yang berada di daerah sekitar CBD Pusat Perbelanjaan yang diwakili oleh Mal Galaxy dapat dikontrol nilai tanahnya. Dengan penelitian ini, dapat diketahui juga perkembangan nilai tanah agar perubahan nilai tanah tetap terkontrol sesuai dengan perencanaan pembangunan dan rencana tata

ruang kota Surabaya.

Perumusan Masalah

Pusat Kegiatan Kota atau CBD Mal Galaxy menimbulkan dugaan bahwa CBD tersebut akan mempunyai pengaruh terhadap nilai tanah rata-rata di daerah sekitarnya yang besarnya berbeda-beda sesuai dengan tipe pusat kegiatan.

Metode analisis yang digunakan untuk mengetahui pengaruh terhadap nilai tanah meliputi analisis spasial dengan metode penaksiran harga tanah Von Thunen (Teori Lokasi) yang akan menunjukkan pengaruh jarak ke CBD dan persebaran letak NIR tertinggi sampai terendahnya. Serta analisis faktor penentu nilai tanah tersebut dengan NIR yang di dapat dengan metode perbandingan Pendekatan Data Pasar (*Market Data Approach*) dalam setiap zona yang telah dibuat yang akan dilakukan perbandingan NIR antara CBD yang satu dengan lainnya.

Dari uraian diatas maka pada penelitian ini mencoba menjawab beberapa permasalahan, diantaranya yaitu untuk mengetahui tata cara penilaian tanah dalam memberikan indikasi nilai pasar dan untuk mengetahui pengaruh *Central Business District* (CBD) di Surabaya terhadap nilai tanah di daerah sekitarnya.

Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah :

a) Pengambilan data sampel harga tanah ini di ambil dalam radius 3 km. Pengelompokan bidang tanah dalam satu zona nilai tanah dilakukan dengan mempertimbangkan hal-hal sebagai berikut :
   - Indikasi nilai tanah yang mirip
   - Memiliki karakteritik yang mirip, antara lain :
     - Aksesibilitas, yang pada penelitian ini dibatasi pada Jalan Arteri Primer dan Arteri Sekunder.
     - Peruntukan tanah (*Zoning*)

b) Dalam penelitian ini dilakukan analisis penilaian dengan dua cara, yaitu analisis faktor penentu nilai tanah dengan metode perbandingan Pendekatan Data Pasar dan analisis Spasial dengan metode penaksiran harga tanah Von Thunen (Teori Lokasi).

Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian adalah :

a) Membuat peta klasifikasi nilai tanah pada daerah sekitar *Central Bussines District* (CBD) Mal Galaxy.

b) Menganalisis pengaruh *Central Business District* (CBD) di Surabaya terhadap nilai tanah di daerah sekitarnya.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian Tugas Akhir ini mengambil studi di daerah Surabaya yang secara geografis terletak pada koordinat 07˚09`- 07˚21` Lintang Selatan dan 112˚36`- 112˚54` Bujur Timur yang bisa dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data Dan Peralatan

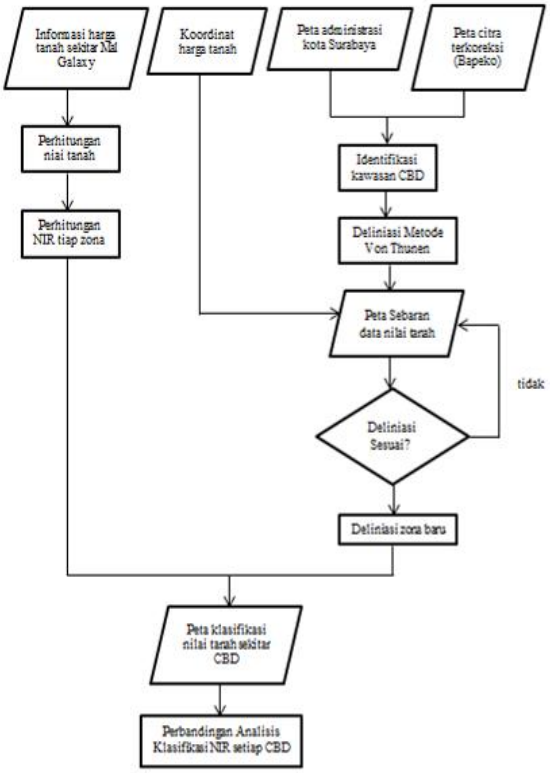
a.Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dibagi menjadi 2, yaitu data primer berupa data hasil survei informasi harga tanah menggunakan formulir data lapangan dan data koordinat lokasi titik sampel survei harga tanah di lapangan, dan data Sekunder yaitu peta administrasi kota Surabaya dan peta citra kota Surabaya yang sudah terkoreksi dari Bappeko Surabaya.

b.Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Laptop yang digunakan untuk seluruh proses pengolahan data hingga pelaporan penelitian, GPS Handheld.

Diagram Alir Pengolahan Data

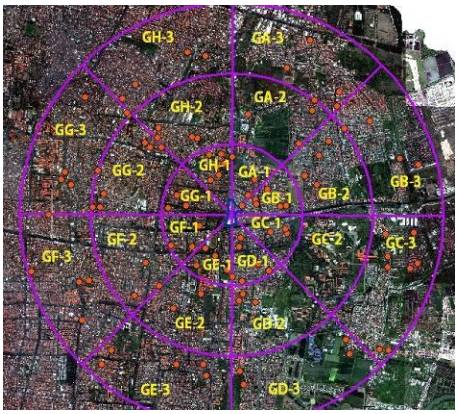


Gambar 2. Diagram alir pengolahan data

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Deliniasi Zona Metode Von Thunen

Pembuatan zona pada masing-masing daerah sekitar CBD dibuat sejauh radius 3 kilometer dari pusat lokasi CBD dan dibagi menjadi 8 zona yang mengikuti arah mata angin yang dibagi pada setiap radius 1 kilometer. Sehingga pada awal perencanaan survei lapangan pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy terdiri dari 24 zona yang lokasinya tersebar seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil deliniasi zona dengan Metode Von Thunen daerah sekitar CBD Mal Galaxy

Perhitungan Nilai Tanah

Data informasi harga tanah yang didapatkan dari survei lapangan tidak dapat digunakan secara langsung, untuk mendapatkan nilai tanah tersebut harus dilakukan proses penyesuaian sehingga nilai yang didapatkan akurat. Penyesuaian dilakukan dengan mempertimbangkan pengaruh-pengaruh yang ada pada atributik data tersebut. Beberapa hasil dari perhitungan nilai tanah yang sudah dilakukan dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Nilai Tanah daerah sekitar CBD Mal Galaxy

No	Kode Titik	Indikasi Nilai Pasar Tanah / m^2
1	GA3-T1	Rp4,868,171
2	GA3-T10	Rp5,360,694
3	GH3-T3	Rp5,344,241
4	GA3-T3	Rp10,015,036
5	GA3-T4	Rp10,273,639
6	GA3-T5	Rp9,465,802
7	GH3-T2	Rp10,375,077
8	GH3-T5	Rp10,708,036
9	GH3-T6	Rp9,073,095

Hasil Deliniasi Zona Baru

Data hasil perhitungan nilai tanah yang telah dilakukan proses penyesuaian di plot pada peta kerja yang berisikan batas zona dengan metode von thunen, ternyata deliniasi zona tersebut tidak sesuai dengan prinsip pembuatan batas imajiner ZNT pada Surat Edaran Direktur Jenderal Pajak nomor SE- 25/PJ.6/2006. Maka diperlukan pembuatan batas imajiner zona baru dari hasil data nilai tanah berdasarkan peraturan tersebut.

Hasil deliniasi zona baru pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy terdiri dari 81 zona, yang terdiri dari 73 zona lahan pemukiman dan perumahan, 5 zona lahan Universitas, 2 zona lahan pertambakan dan 1 lahan persawahan yang lokasinya tersebar seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Hasil deliniasi Zona Baru daerah sekitar CBD Mal Galaxy.

Perhitungan Nilai Indikasi Rata-Rata (NIR)

a) Perhitungan NIR Setiap Zona

Penentuan NIR dilakukan dengan cara menjumlahkan minimal 3 data tersebut pada setiap zona dan diambil rata-rata sehingga mendapatkan Nilai Indikasi Rata-Rata (NIR). Pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy, terdapat 73 Zona Nilai Tanah yang akan dihitung Indikasi Nilai Tanahnya. Dari hasil deliniasi zona baru tersebut, hanya 31 zona yang memiliki data Informasi Harga Tanah dan 42 Zona tidak memiliki Informasi Harga Tanah. Beberapa hasil dari perhitungan NIR dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Perhitungan NIR setiap zona pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy

No	Kode Titik	Kode Zona	Indikasi Nilai Pasar Tanah / m^2	Nilai Indikasi Rata-Rata (NIR) Tanah /m^2
1	GA3-T1		Rp4,868,171	Rp5,191,035
2	GA3-T10	GM-3	Rp5,360,694	
3	GH3-T3		Rp5,344,241	
4	GA3-T3		Rp10,015,036	Rp9,918,159
5	GA3-T4	GM-7	Rp10,273,639	
6	GA3-T5		Rp9,465,802	
7	GH3-T2		Rp10,375,077	Rp10,052,069
8	GH3-T5	GM-9	Rp10,708,036	
9	GH3-T6		Rp9,073,095	

a. Perhitungan NIR dari NIR Zona Lain

Untuk ZNT yang tidak memiliki data harga jual, penentuan NIR dilakukan dengan cara menentukan nilai objek acuan dengan dari data harga jual ZNT lain yang terdekat.

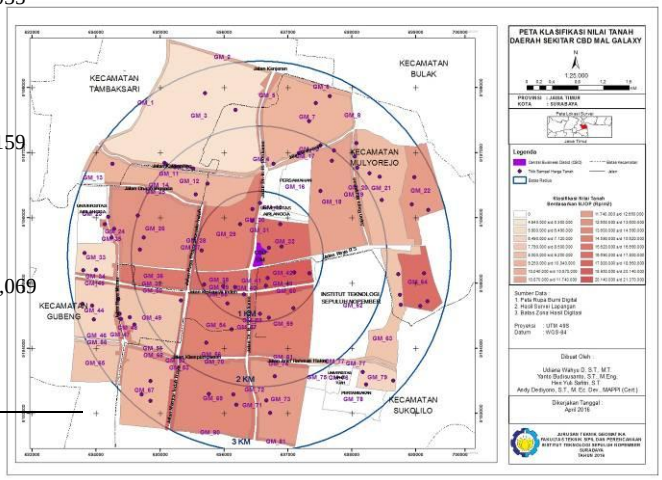
Analisis penentuan Nilai Indikasi Rata-Rata (NIR) dari Zona Lain dilakukan dengan memakai data pembanding dari zona yang ada, data yang pakai sebagai pembanding minimal 3 zona (ZNT). Beberapa hasil dari perhitungan NIR dari NIR Zona Lain dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan NIR dari NIR zona lain pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy

No	Kode Zona	Zona Pembanding	NIR Hasil Perbandingan /m^2
1	GM_1	GM_3	Rp8,472,036
2		GM_9	
3		GM_11	
4		GM_1	
5	GM_2	GM_3	Rp10,314,084
6		GM_4	
7		GM_30	
8	GM_4	GM_10	Rp13,508,360
9		GM_9	

Hasil Peta Klasifikasi Nilai Tanah daerah sekitar CBD

Peta Klasifikasi Nilai Tanah merupakan peta tematik yang menggambarkan besaran nilai tanah pada wilayah tertentu. Hasil peta ini memudahkan analisis pengaruh CBD terhadap nilai tanah di daerah sekitarnya berdasarkan analisis klasifikasi NIR tanahnya. Hasil Peta Klasifikasi Nilai Tanah daerah sekitar CBD dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Peta Klasifikasi Nilai Tanah daerah sekitar CBD Mal Galaxy.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun beberapa hal yang bisa disimpulkan dari penelitian ini adalah :

1. Pembuatan zona nilai tanah menghasilkan 81 zona pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy, yang terdiri dari 73 zona lahan pemukiman dan perumahan, 5 zona lahan Universitas, 2 zona lahan pertambakan dan 1 lahan persawahan.
2. Hasil analisis klasifikasi NIR pada daerah sekitar CBD Mal Galaxy yang dilakukan sejauh 3 kilometer mempunyai kecenderungan nilai tanah yang semakin rendah jika menjauh dari CBD. NIR tanah tertinggi terletak pada radius 1 kilometer yang mencapai nilai tanah yaitu sebesar Rp 20.668.935,- /m^2. Hal ini ditunjukan dengan hasil perhitungan prosentase dari NIR yang dirata-ratakan pada setiap radius per kilometer. Pada radius 2 kilometer memiliki prosentase sebesar 21 % dan pada radius 3 kilometer sebesar 37% yang masing-masing menggunakan NIR rata-rata pada radius 1 kilometer sebagai acuan. Selain faktor jarak terhadap CBD, faktor kedudukan tanah

Saran

Dalam pengelompokan bidang tanah dalam satu Zona Nilai Tanah dengan mempertimbangkan kriteria yang telah ditentukan berdasarkan Surat Edaran Direktur Jenderal Pajak Nomor : SE-25/PJ.6/2006 tentang Tata Cara Pembentukan/Penyempurnaan ZNT/NIR, agar dapat menghasilkan zona yang lebih akurat.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada laboratorium Kadaster dan Kebijakan Pertanahan Teknik Geomatika ITS yang telah membantu dalam hal fasilitas di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Erfiana, N. (2015). “Analisa Perubahan Nilai Tanah Menggunakan Model Regresi Linier Sederhana di Wilayah Eksplorasi Minyak dan Gas Bumi (Studi Kasus : Blok Banyu Urip Kab. Bojonegoro, Jawa Timur)”. Jurusan Teknik Geomatika - ITS Surabaya

Komite Penyusun SPI. (2013)”Kode Etik Standar Penilai Indonesia & Standar Penilaian Indonesia”. Masyarakat Profesi Penilai Indonesia (MAPPI), Surabaya

Kuncoro, M., & Purwantohadi. (2004) ”Lokasi Pusat Perbelanjaan dan Dampaknya Terhadap Nilai Tanah di Surabaya dengan Analisis SIG dan Data Panel 1996-2001”Fakultas Ekonomi UGM, Surabaya

Menteri Keuangan RI. (2000)”Keputusan Dirjend. Pajak NO.KEP-533/PJ./2000 Tentang Petunjuk Pelaksanaan Pendaftaran, Pendataan dan Penilaian Objek dan Subjek Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) Dalam Rangka Pembentukan dan atau Pemeliharaan Basis Data Sistem Manajemen Informasi Objek Pajak”

Mentri Keuangan RI. (2006)”Keputusan Dirjen Pajak No. SE-25/PJ.6/2006 tentang Tata cara Pembentukan/Penyempurnaan ZNT/NIR”

Prawoto, A. (2003)”Teori dan Praktek Penilaian Properti” .BPFE-YOGYAKARTA

Wibowo, A. K. (2009)”Studi Penentuan Nilai Tanah pada Kawasan Sentra Perekonomian Kota Madiun (Studi Kasus: Jalan Pahlawan Kota Madiun)” Jurusan Teknik Geomatika FTSP - ITS Surabaya

Pembangunan dan Uji Kebergunaan Sistem Informasi Geografis Berbasis Web untuk Pemetaan Industri Kreatif Berbasis Budaya
(Studi Kasus : Kota Surakarta)

Yanto Budisusanto[a], Agmalia Dwi Anggraeni[b]

[a]Staf Pengajar Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS (yantobudisusanto@gmail.com)

[b]mahasiswa Jurusan Teknik Geomatika FTSP-ITS

ABSTRAK

Sektor pertanian merupakan roda penggerak perekonimian pada masa lalu, namun pada masa kini roda penggerak perekonomian didominasi dari kegiatan-kegiatan ekonomi yang berbasiskan kreativitas dan inovasi. Ekonomi berbasis kreatif direpresentasikan oleh industri kreatif yang bermodalkan ide-ide kreatif, talenta dan keterampilan serta ide-ide terbarukan. Kota Surakarta memiliki potensi industri kreatif yang dapat diandalkan, terutama industri kreatif yang berbasis budaya. Hal itu karena, Kota Surakarta sudah memiliki sejarah panjang di bidang kreatif seperti desain. Selain itu, terdapat kultur budaya yang begitu kuat di Kota Surakarta yang membuat seni pertunjukan berkembang dengan pesat. Industri kreatif berbasis budaya tersebar di seluruh bagian wilayah Kota Surakarta, mayoritas merupakan industri skala kecil (rumahan) sampai menegah. Dalam upaya untuk mengetahui persebaran dari industri kreatif tersebut, maka diperlukan pemetaan. Agar mendapatkan hasil yang optimal dibutuhkan keterlibatan atau partisipasi dari masyarakat dalam melakukan pemetaaan persebaran industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta.
Pada penelitian ini dilakukan pembuatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis Web atau yang lebih dikenal sebagai WebGIS. WebGIS merupakan aplikasi SIG yang memanfaatkan jaringan internet sebagai media komunikasi. Peta dasar pada WebGIS ini menggunakan Google Maps API. Basisdata pada WebGIS ini dibangun berdasarkan data tabular yang didaptkan dari Dinas Industri, Dinas Kebudayaan dan Pariwisata, serta hasil penelitian lapangan. Halaman WebGIS ini dibangun dengan membuat script yang tampil pada localhost. Basisdata dan script halaman yang telah dibuat di-import ke dalam hosting agar WebGIS dapat tampil secara online pada domain http://industri-kreatif-surakarta.com.
Hasil dari penelitian ini adalah WebGIS Industri Kreatif Berbasis Budaya Kota Surakarta yang menyajikan informasi mengenai lokasi dan atribut dari industri kreatif berbasis budaya dan informasi pendukung, serta dilengkapi dengan fitur untuk menambah lokasi dan atribut, memperbaiki atribut, mencari industri kreatif berbasis budaya, dan petunjuk arah untuk ke lokasi industri kreatif berbasis budaya yang dituju oleh pengguna. Selain itu, pengguna dapat memberikan penilaian terhadap tampilan web. Pemberian penilaian dilakukan dengan kuisioner uji kebergunaan atau usability. Hasil rekapitulasi kuisioner uji kebergunaan menunjukkan presentase 80,31% sehingga website dikategorikan layak.

Kata Kunci *:* Industri kreatif berbasis budaya, Kota Surakarta, Uji Kebergunaan, WebGIS

Pendahuluan

Latar Belakang

Alvin Toffler (1980) dalam teorinya telah melakukan pembagian gelombang peradaban ekonomi kedalam tiga gelombang. Gelombang pertama adalah gelombang ekonomi pertanian. Kedua, gelombang ekonomi industri. Ketiga adalah gelombang ekonomi informasi. Kemudian diprediksikan gelombang keempat adalah gelombang ekonomi kreatif dengan berorientasi pada ide dan gagasan kreatif. Ekonomi kreatif yang dipresentasikan melalui industri kreatif yang bermodalkan ide-ide kreatif, talenta dan keterampilan serta ide-ide terbarukan. Definisi industri kreatif di Indonesia seperti yang tertulis dalam Buku Pengembangan Ekonomi Kreatif Indonesia 2025 yang dikeluarkan Kementerian Perdagangan RI (2008) adalah industri yang berasal dari pemanfaatan kreativitas, ketrampilan serta bakat individu untuk menciptakan kesejahteraan serta lapangan

pekerjaan melalui penciptaan dan pemanfaatan daya kreasi dan daya cipta individu tersebut.

Kota Surakarta merupakan salah satu kota besar di Indonesia yang dengan jumlah penduduk 585.486 jiwa (Badan Pusat Statistik 2014). Sebagai sebuah daerah, Kota Surakarta memang tidak memiliki lahan pertanian dan sejak dulu mengandalkan sektor jasa dan perdagangan. Akan tetapi, Kota Surakarta dinilai memiliki potensi yang besar untuk pengembangan industri kreatif. Menurut David Wijaya, Ketua FEDEP (Forum *Economy Development & Employment Promotion*) Kota Surakarta, "Kota Surakarta punya potensi besar di bidang ekonomi kreatif. Sebab sudah memiliki sejarah panjang di bidang kreatif seperti desain. Selain itu kultur budaya yang begitu kuat membuat seni pertunjukan berkembang pesat. Sehingga muncul seniman yang mengembangkan seni pertunjukan dalam berbagai versi." (Primartyanto 2014). Dengan penjelasan tersebut, dapat diketahui bahwa Kota Surakarta memiliki potensi industri kreatif berbasis budaya yang dapat diandalkan. Industri kreatif di Kota Surakarta kebanyakan industri dalam skala kecil (rumahan) sampai menengah. Untuk mengetahui persebaran industri kreatif berbasis budayadi Kota Surakarta, perlu dilakukan pemetaan. Agar mendapatkan hasil yang optimal dibutuhkan keterlibatan atau partisipasi dari masyarakat dalam pemetaaan persebaran industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta.

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis *Web* atau yang lebih dikenal sebagai *WebGIS*. Dengan adanya *WebGIS*, masyarakat serta pelaku industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta mampu berpartisipasi dalam mengembangkan *WebGIS* tersebut. Selain itu, *WebGIS* ini akan memberikan informasi kepada masyarakat serta pelaku bisnis tentang industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta. Pengujian kebergunaan (*usability testing*) juga dilakukan sebagai bentuk evaluasi terhadap suatu perangkat lunak aplikasi untuk mengetahui seberapa besar kemudahan suatu antarmuka (*interface*) dapat digunakan oleh pengguna saat berinteraksi dengan sistem.

Perumusan Masalah

1. Bagaimana menyajikan informasi persebaran industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta dari tahun ke tahun menggunakan *WebGIS*?
2. Bagaimana menyediakan fitur agar masyarakat Kota Surakarta dapat berpartisipasi dalam kegiatan pemetaan persebaran industri kreatif berbasis budaya menggunakan *WebGIS*?
3. Bagaimana menyajikan informasi dan menyediakan fitur rute terdekat antar lokasi industri kreatif berbasis budaya serta informasi pendukung lainnya menggunakan *WebGIS*?
4. Bagaimana menilai kebergunaan *WebGIS* melalui uji kebergunaan yang dilakukan terhadap tampilan *Web*?

Tujuan Penelitian

1. Menyajikan informasi persebaran industri kreatif berbasis budaya di Kota Surakarta dari tahun ke tahun menggunakan *WebGIS*.
2. Menyediakan fitur agar masyarakat Kota Surakarta dapat berpartisipasi dalam kegiatan pemetaan persebaran industri kreatif berbasis budaya menggunakan *WebGIS*.
3. Menyajikan informasi dan menyediakan fitur rute antar lokasi industri kreatif berbasis budaya serta informasi pendukung lainnya menggunakan *WebGIS*.
4. Mengetahui kebergunaan *WebGIS* melalui uji kebergunaan yang dilakukan terhadap tampilan *Web*.

METODOLOGI PENELITIAN

Lokasi Penelitian

Kota Surakarta terletak antara 110° 45' 15"dan 110°45' 35" Bujur Timur dan antara 7°36' dan 7°56' Lintang Selatan. Kota Surakarta berbatasan di sebelah utara dengan Kabupaten Boyolali, sebelah timur dengan Kabupaten Karanganyar, sebelah selatan dengan Kabupaten Sukoharjo dan di sebelah Barat dengan Kabupaten Sukoharjo. Luas wilayah Kota Surakarta mencapai 44,04 km² yang terbagi dalam 5 kecamatan, yaitu : Kecamatan Laweyan, Serengan, Pasar kliwon, Jebres dan Banjarsari.

Data Dan Peralatan

- Data
  1. Data spasial berupa peta online dari Google Maps dan hasil koordinat dari GPS.
  2. Data non spasial yang digunakan adalah data primer (survei lapangan) dan data sekunder dari Dinas Perindustrian dan Perdagangan, Pariwisata dan Kebudayaan, Dinas Koperasi dan UMKM.

3. Foto objek sebagai dokumentasi.

- Peralatan
  Perangkat yang digunakan adalah *Google Maps API* untuk penyedia layanan peta online, *Global Mapper* untuk konversi format data koordinat**,** *Microsoft Visio* untuk pembuatan diagram alir, diagram use-case, dan diagram ERD, *Notepad++* untuk pembuatan script**,** *XAMPP* untuk mengkonfigurasikan *Web-Server* apache, PHP, dan MySQL**,** *PhpMyAdmin* untuk penyimpanan basisdata

Tahap Penelitian

1. Identifikasi Masalah
2. Tahap persiapan

   Pada tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah:

   a. Studi Literatur

   b. Pengumpulan Data
3. Tahap Pengolahan Data
4. Tahap Analisa
5. Penyusunan Laporan

Pengolahan Data

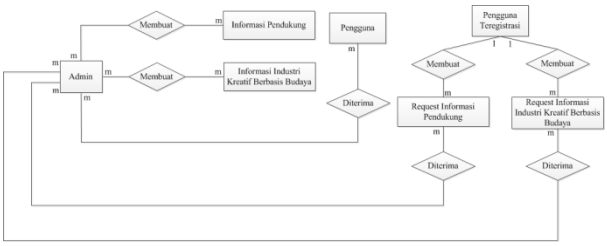
1. Melakukan registrasi pada situs *Google Maps* untuk mendapatkan *API Key* yang berisikan kode untuk mengakses *Google Maps*.
2. Melakukan modifikasi *API Key*
3. Melakukan survei lapangan
4. Pembuatan basisdata dengan *PHPMyAdmin* (*server localhost* di XAMPP)
5. Pembuatan *script* dengan *Notepad++*
6. Setelah *script* selesai dibuat, maka *WebGIS* dapat ditampilkan dalam *localhost*
7. Pendaftaran *Domain* dan *Hosting*
8. *Import script* dan basisdata yang telah dibuat ke *Hosting*
9. Setelah *script* dan basisdata di-import ke Hosting, maka *WebGIS* dapat tampil secara *online* pada *domain* (alamat *web*) http://industri-kreatif-surakarta.com
10. Setelah *WebGIS* tampil secara online, pengunjung *web* dapat memberikan penilaian terhadap web melalui kuisioner yang telah disediakan.
11. Dari hasil penilaian oleh pengunjung *web*, dapat dilakukan perhitungan tingkat kebergunaan dari *web* ini

HASIL DAN PEMBAHASAN

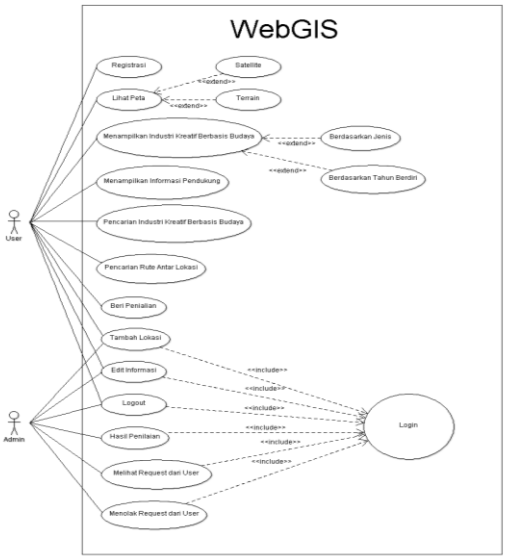
Rancangan Basisdata

Perancangan basisdata bertujuan untuk memenuhi kebutuhan informasi sesuai dengan yang diperlukan pemakai untuk aplikasi tertentu. Perancangan basisdata juga bertujuan untuk mendapatkan skema basisdata yang meminimalisasi terjadinya redudansi dan duplikasi data serta menjaga integritas data.

Pada perancangan basisdata dihasilkan 3 model yaitu model konsepsual, model logikal, dan model fisikal.



Gambar 1. Model Konsepsual Basisdata



Gambar 2. *Use Case Diagram*

Pembuatan Tamplate Google Maps API

Template Google Maps API merupakan kode (*javascript* ditambah html) awal yang disediakan oleh *Google* untuk memudahkan pengguna dalam mengembangkan peta sesuai dengan keinginan pengguna.

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Simple Map</title>
```

```
<meta name="viewport" content="initial-scale=1.0">
    <meta charset="utf-8">
    <style>
      html, body {
        height: 100%;
        margin: 0;
        padding: 0;
      }
      #map {
        height: 100%;
      }
    </style>
  </head>
  <body>
    <div id="map"></div>
    <script>
      var map;
      function initMap() {
        map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
          center: {lat: -34.397, lng: 150.644},
          zoom: 8
        });
      }
    </script>
    <script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key=AIzaSyBNyMOMhhx8dgcpPvGeA2hsj8I4W3jCid4&callback=initMap"
    async defer></script>
  </body>
</html>
```

Perhatikan pada *script* yang menunjukkan titik koordinat

center: {lat: -34.397, lng: 150.644}

dimodifikasi menjadi

var latLng = new google.maps.LatLng(-7.5747991,110.8202274)

Fungsi var tersebut digunakan agar memberikan kemudahan bagi data koordinat yang dimasukkan oleh pengguna sehingga koordinat bersifat dinamis.

Tampilan Halaman WebGIS



Gambar 3. Konten Selamat Datang

WebGIS ini akan tampil secara online pada domain (alamat *web*) http://industri-kreatif-surakarta.com terdiri dari halaman-halaman antara lain halaman utama, login, daftar, admin, tambah informasu, perbaiki informasi, detail informasi.

Halaman Utama

Halaman utama terdiri dari 3 konten yaitu selamat datang, frequently asked question (f.a.q), dan peta. Konten f.a.q, berisikan tujuan serta cara pengoperasian dari website ini. F.a.q terdiri atas pertanyaan dan jawaban yang akan sering dipertanyakan oleh pengguna pemula. Serta pada f.a.q, pengguna dapat mengajukan pertanyaan kepada admin melalui fitur pertanyaan lain.

Halaman Login

Admin dan pengguna login pada halaman login yang sama, username dan password yang dimasukkan nantinya yang akan menentukan peran (admin atau pengguna).

Halaman Admin

Pada website ini admin bertugas membuat informasi industri serta informasi pendukung lainnya dan melakukan verivikasi data yang diberikan oleh pengguna.

Halaman admin berisikan sub-halaman dashboard dan daftar request dari pengguna.

Sub-halaman dashboard berisikan daftar informasi industri dan informasi pendukung yang sedang aktif atau dipublikasikan pada website.

Sub-halaman daftar request merupakan industri ataupun informasi pendukung yang diberikan oleh pengguna melalui fitur tambah lokasi.

Halaman Tambah Informasi

Halaman tambah informasi terdiri dari peta online Google Maps dan kotak teks longitude, latitude, jenis industri, nama industri, tahun berdiri, alamat, telepon/fax, website, deskripsi, foto. Kotak teks longitude dan latitude akan terisi otomatis sesuai dengan lokasi yang dipilih pengguna pada peta online Google Maps.

Halaman Perbaiki Informasi

Pengguna dapat memperbaiki informasi yang sudah ada dengan klik perbaiki pada halaman *detail* informasi.

Halaman *Detail* Informasi

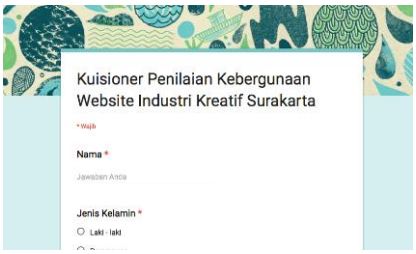
Halaman *detail* informasi berisikan rincian informasi dari industri. Halaman ini terdiri dari tiga konten yaitu konten gambar, peta *online Google Maps*, dan atribut dari industri.

Halaman Petunjuk Arah

User dapat melihat petunjuk arah atau rute dengan klik industri tersebut pada peta *online Google Maps* di sub-halaman peta dan akan muncul *cloud* lalu klik arah

Beri Penilaian

User dapat memberikan penilaiannya terhadapat website melalui halaman beri penilaian. Halaman beri penilaian berisikan daftar pertanyaan untuk dijawab oleh user.



Gambar 3. Halaman Beri Penilaian

Uji Kebergunaan

Uji kebergunaan dilakukan berdasarkan hasil penilaian user setelah mengunjungi WebGIS Industri Kreatif Berbasis Budaya di Kota Surakarta dan mengisi kuisisoner yang terdapat pada WebGIS tersebut.

Responden yang mengunjungi halaman ini dengan jenis kelamin laki-laki sebanyak 10 orang, dan perempuan 21 orang. Jenjang pendidikan responden didominasi oleh jenjang S1 sebanayak 28, dan sisanya dari jenjang Diploma.

Selanjutnya adalah menghitung presentase kelayakan dengan rumus 1.2 sebagai berikut :

$$P_{Skor} = \frac{Skor_{Total}}{i \times r \times 5} \times 100\%$$
$$= \frac{3112}{25 \times 31 \times 15} \times 100\%$$
$$= 80{,}31\%$$

Berdasarkan perhitungan presentase kelayakan tersebut, maka didapatkan presentase sebesar 80,31% sehingga webs termasuk kategori layak sesuai dengan tabel Kategori Penilaian Usability dengan rentang nilai 61%-80%.

PENUTUP

Kesimpulan

Dari hasil perancangan dan pembuatan Sistem Informasi Geografis Berbasis *Web* Industri Kreatif Berbasis Budaya di Kota Surakarta, dapat disimpulkan bahwa :

1. *WebGIS* yang dirancang memiliki kemampuan agar masyakarat atau pengguna dapat berpartisipasi dalam menambah lokasi industri kreatif berbasis budaya serta informasi pendukung.
2. *WebGIS* yang dirancang memiliki kemampuan untuk menyajikan petunjuk arah atau rute antar lokasi yang *user* ingin tampilkan melalui fitur arah. Fitur ini memanfaatkan layanan dari *Google* yaitu *Google Maps Directions API*, yang hanya bisa bekerja pada *browser* dari *Google* yaitu *Google Chrome*.
3. Serta, hasil rekapitulasi kuisioner uji kebergunaan atau *usability* menunjukkan jumlah keseluruhan penilaian berdasarkan 31 orang responden/user semenjak website ini (www.industri-kreatif-surakarta.com) ditayangkan pada 1 Mei 2016 terhadap seluruh aspek komponen uji usabilitas dari *WebGIS* ini menunjukkan presentase sebesar 80,31%. Presentase tersebut termasuk dalam kategori layak sesuai dengan rentang nilai 61% - 80%.

Saran

Beberapa hal yang perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Menyediakan fitur pencarian berdasarkan alamat.
2. Menyediakan fitur petunjuk arah atau rute yang bisa bekerja pada semua *browser*.
3. Menyediakan fitur pencarian berdasarkan tahun dengan menggunakan *slider*.
4. Menampilkan perkembangan industri kreatif berbasis budaya setiap tahunnya.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Kadaster dan Kebijakan Pertanahan Jurusan Teknik Geomatika yang telah membantu dalam hal fasilitas di laboratorium.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik Surakarta, 2014 “Kota Surakarta Dalam Angka” , Badan Pusat Statistik, Surakarta.

ESRI, 1990. “Understanding GIS: The ArcInfo Method. Redlands”, CA: Environmental System Research Institute.

Kementrian Perdagangan RI, 2008 “Pengembangan Ekonomi Kreatif Indonesia 2025”,Kementrian Perdagangan RI, Jakarta.

Prahasta, E., 2014 “Sistem Informasi Geografis : Konsep-konsep Dasar (Perspektif Geodesi & Geomatika)”, Informatika, Bandung.

Toffler, A., 1980 “The Third Wave”, Bantam Books, United States

Pembuatan Peta Sarana dan Fasilitas Umum Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas

Yastin David Batara[a], Dewi Nur Indah Sari[b]

[a,] Poltek Banjarmasin, Prodi Teknik Geodesi (justinbatara@hotmail.com)
[b,] aPoltek Banjarmasin, Prodi Teknik Geodesi (dewinis22@gmail.com)

ABSTRACT

Government of Selat District in Kapuas City today are faced with a problem related to information services infrastructure and public facilities that are not detailed and inaccurate. So the government took decision to analyze the mapping of the area and growth in the Kapuas City. This is supported with Regulation No. 8 of 2013, which explains that the map must contains at least the structure of space consisting of urban systems, transport networks, energy networks, telecommunication networks, networks of water resources and other regional infrastructure network system. So it needs to know the mapping of the distribution infrastructure and public facilities in Kapuas. One method that can be applied in dealing with the problems mentioned above, is applying Geographic Information System (GIS) mapping in the district of Kapuas. In addition the survey method directly in order to obtain data about the distribution infrastructure and public facilities in the Kapuas. The results obtained from this study is a Geographic Information System (GIS) of infrastructure and public facilities in the Kapuas City, includes 49 offices government offices, 22 schools, etc. Distribution of infrastructure and public facilities in the Selat District are centralized in Selat Tengah Village.

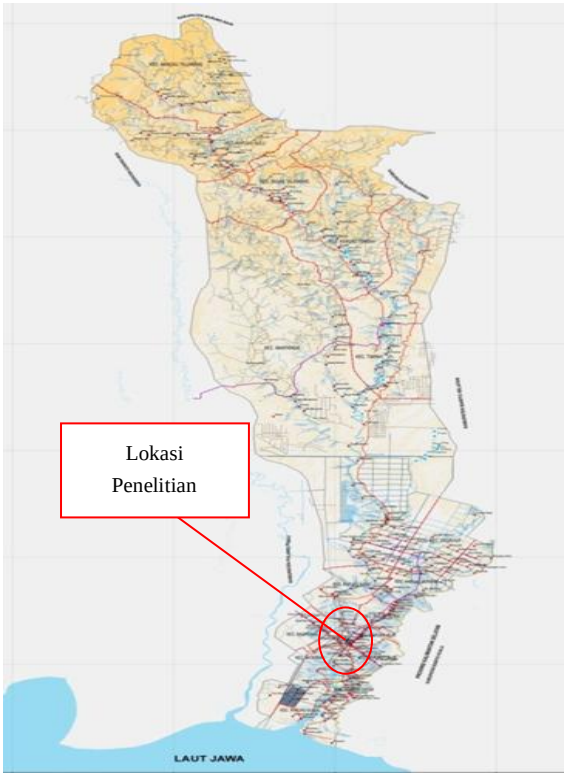
Keywords *Mapping, Geographic Information System (GIS), Infrastructure and Facilities Public*

Pendahuluan

Kabupaten Kapuas adalah salah satu kabupaten di Provinsi Kalimantan Tengah. Kuala Kapuas disamping sebagai pusat/ibu kota Kabupaten Kapuas, juga merupakan pusat pemerintahan, pusat perdagangan, dan bisnis serta pusat pendidikan. Dengan demikian tingkat kunjungan tamu dari berbagai lapisan masyarakat untuk melakukan berbagai aktivitas baik urusan administrasi, dunia usaha/transaksi bisnis maupun pendidikan di Kuala Kapuas cukup tinggi. Maka dari itu perlu pembuatan peta sarana dan fasilitas umum di Kuala Kapuas sebagai informasi untuk kebutuhan masyarakat. Peta sarana dan fasilitas umum ini sangat dibutuhkan oleh berbagai pihak seperti instansi pemerintah, transmigran, masyarakat dan pelaku bisnis sebagai informasi. Informasi sarana dan fasilitas umum ini seperti sarana kantor pemerintahan, sarana olahraga, sarana taman, sarana militer, sarana pendidikan (SD, SMP, SMA), tempat ibadah, tempat pemakaman, hotel, ferry penyeberangan, SPBU, terminal bus, dan bank. Pemerintah di Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas saat ini dihadapkan dengan adanya suatu masalah yang berhubungan dengan layanan informasi sarana dan fasilitas umum yang tidak terinci dan tidak akurat. Hal ini didukung juga dengan UU No 24 menyebutkan pemerataan pembangunan dan mendorong pertumbuhan ekonomi kabupaten, dan PP Nomor 8 Tahun 2013 yang menjelaskan bahwa peta tata ruang harus memuat paling tidak peta struktur ruang yang terdiri dari sistem perkotaan, jaringan transportasi, jaringan energi, jaringan telekomunikasi, jaringan sumber daya air dan sistem jaringan prasarana wilayah lainnya. Sehingga perlu adanya pemetaan wilayah untuk mengetahui persebaran sarana dan fasilitas umum di Kabupaten Kapuas. Melalui penelitian ini, akan dikembangkan sebuah sistem informasi yang bertujuan untuk memetakan sarana dan fasilitas umum yang ada di Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas menggunakan Sistem Informasi Geografis (SIG). Letak persebaran sarana dan fasilitas umum digambarkan ke dalam sebuah peta digital, sehingga mempermudah pemerintah dalam pengambilan kebijakan mengenai persebaran sarana dan fasilitas umum. SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu, untuk dianalisa dan akhirnya dipetakan hasilnya.

Selat adalah sebuah Kecamatan di Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah, Indonesia. Kecamatan ini terdiri dari 6 kelurahan dan merupakan tempat pusat pemerintahan Kabupaten Kapuas. Di Kelurahan Selat Dalam terdapat Kantor Bupati Kapuas dan di Kelurahan Selat Hilir terdapat gedung DPR Kabupaten Kapuas. Batas wilayah administrasi

Kecamatan Selat di sebelah utara adalah Kecamatan Kapuas Barat dan Kecamatan Pulau Petak, sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Bataguh, sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan Kapuas Hilir, dan di sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Basarang.



Gambar 1: Lokasi Penelitian

Metodologi

Pekerjaan yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu mengumpulkan titik-titik koordinat sarana dan fasilitas umum dengan menggunakan alat GPS (Global Positioning System) serta dokumentasi berupa foto di Kecamatan Selat. Metode survey dokumentasi sebagai bentuk data sekunder yang diperoleh dari badan atau instansi terkait.Metode dalam penelitian ini menggunakan survey lapangan yaitu penyelidikan yang dilakukan untuk memperoleh data fakta mengenai persebaran sarana dan fasilitas umum yang ada di Kecamatan Selat. Teknik yang digunakan dalam menganalisis data yaitu menggunakan metode deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya tentang obyek yang diteliti. Untuk penggambaran simbolisasi mengacu pada kaidah kartografi Standar Nasional Indonesia (SNI) Spesifikasi Peta Rupa Bumi no 6502 4:2010.

Dalam pembuatan peta digital persebaran sarana dan fasilitas umum Kecamatan Selat dibutuhkan beberapa langkah-langkah sebagai berikut :

1. Aplikasi Arcgis 9.3

   Aplikasi Arcgis 9.3 digunakan untuk membangun peta yang terdiri atas layer-layer dan attribute dari peta.

2. Teknik Analisis Data

   Teknik yang digunakan dalam menganalisis data yaitu menggunakan metode deskriptif. Metode deskriptif adalah metode yang digunakan untuk menggambarkan atau menganalisis suatu hasil penelitian tetapi tidak digunakan untuk membuat kesimpulan yang tidak luas. Jadi metode deskriptif dapat menggambarkan keadaan yang sebenarnya tentang objek yang diteliti, menurut keadaan yang sebenarnya pada saat penelitian langsung. Jadi metode penelitian ini dapat menggambarkan persebaran sarana dan fasilitas umum Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas Provinsi Kalimantan Tengah.

Hasil dan Pembahasan

Dari hasil pemetaan sarana dan fasilitas umum di kecamataan selat Kabupaten Kapuas didapatkan hasil berupa sebuah peta dan informasi.

Data spasial merupakan sumber data yang diperoleh langsung dari sumber asli (tidak melalui media perantara). Data primer dapat berupa opini subjek (orang) secara kejadian atau kegiatan, dan hasil pengujian. Adapun data primer yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :

1. Lokasi antar objek sarana dan fasilitas umum Kecamatan Selat seperti sarana kantor pemerintahan, sarana olahraga, sarana taman, sarana militer, sarana pendidikan (SD, SMP, SMA), tempat ibadah, tempat pemakaman, SPBU, terminal bus, hotel, ferry penyeberangan, dan bank.

2. Pemetaan sarana dan fasilitas umum Kecamatan Selat berupa sarana kantor pemerintahan, sarana olahraga, sarana taman, sarana militer, sarana pendidikan (SD, SMP, SMA), tempat ibadah, tempat pemakaman, SPBU, terminal bus, hotel, ferry penyeberangan, dan bank. sarana kantor pemerintahan, sarana olahraga, sarana taman, sarana militer, sarana pendidikan (SD, SMP, SMA), tempat ibadah, tempat, pemakaman, hotel, ferry penyeberangan, SPBU, terminal bus, dan bank di Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas.

Data Non Spasial merupakan sumber data penelitian yang diperoleh peneliti secara tidak langsung melalui media perantara (diperoleh dan dicatat oleh pihak lain). Data non spasial yang digunakan dalam penelitian ini berupa

nama sarana dan fasilitas umum, alamat dan lain-lain.

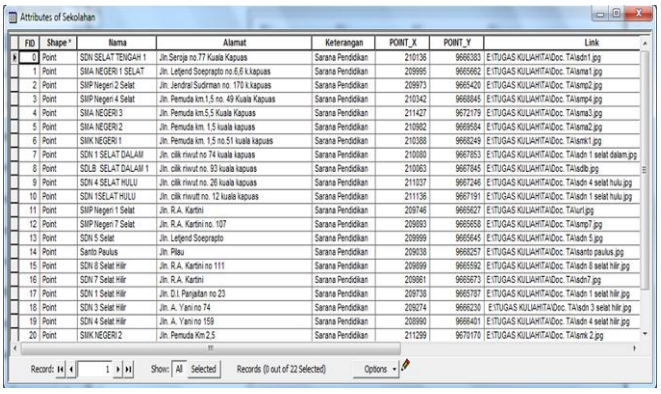
Tabel 1. Sarana dan Prasarana di Kecamatan Selat

No	Keterangan	Jumlah
1	Sarana Kantor Pemerintahan	49
2	Sarana Pendidikan (terdiri dari 6 SMA, 4 SMP, dan 12 SD)	22
3	Terminal Bus	1
4	Tempat Ibadah (terdiri dari 15 Gereja dan 14 Mesjid)	29
5	Sarana Militer	3
6	Pemakaman	2
7	Sarana Olahraga	10
8	Sarana Taman	8
9	Ferry Penyeberangan	5
10	SPBU	2
11	Hotel	12
12	Bank	11

Tabel 2. Persebaran Sarana dan Fasilitas Umum di Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas.

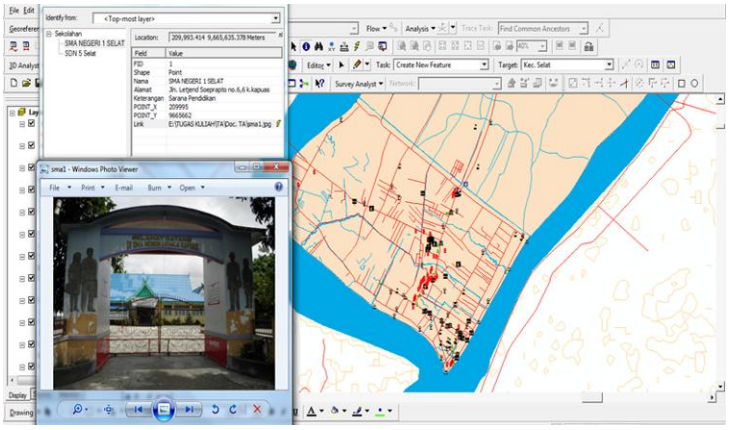
Kecamatan	Kelurahan	Jumlah Sarana dan Fasilitas Umum
Selat	Selat Hulu	1 SPBU, 2 sarana pendidikan, 2 tempat ibadah, 4 sarana kantor pemerintahan.
	Selat Dalam	5 tempat ibadah, 5 sarana kantor pemerintahan, 1 SPBU, dan 4 sarana pendidikan.
	Selat Tengah	9 sarana olahraga, 28 sarana kantor pemerintahan, 6 hotel, 2 sarana militer, 4 sarana taman, 1 terminal bus, 3 ferry penyeberangan, 9 tempat ibadah, 2 bank, dan 5 sarana pendidikan.
	Selat Hilir	5 hotel, 9 bank, 1 ferry penyeberangan, 9 sarana kantor pemerintahan, 4 sarana taman, 8 sarana pendidikan, 8 tempat ibadah, dan 2 tempat pemakaman.
	Pulau Telo	5 tempat ibadah, 1 hotel, 1 sarana pendidikan, 1 sarana olahraga, 1 sarana kantor pemerintahan 1 ferry penyeberangan dan 1 sarana militer.
Jumlah		154 titik

Dari hasil pemetaan sarana dan fasilitas umum di kecamataan selat Kabupaten Kapuas didapatkan hasil berupa sebuah peta dan informasi sarana kantor pemerintahan, sarana olahraga, sarana taman, sarana militer, sarana pendidikan (SD, SMP, SMA), tempat ibadah, tempat pemakaman, hotel, ferry penyeberangan, SPBU, terminal bus, dan bank di Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas. Tabel atribut menyajikan informasi nama fasilitas umum maupun pendidikan, posisi beserta foto objek.
Bentuk data nonspasial fasilitas pendidikan di Kecamatan Selat.



Gambar 1. Tabel Atribut Fasilitas Pendidikan

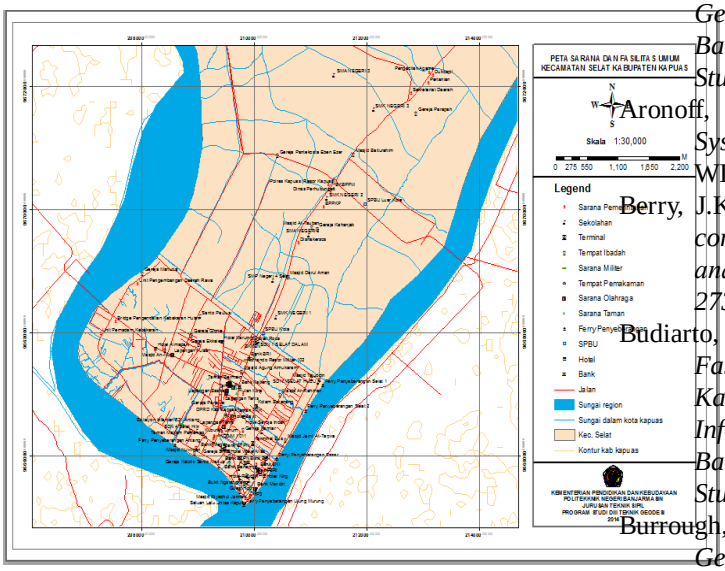
Bentuk data spasial fasilitas pendidikan di Kecamatan Selat



Gambar 2. Tampilan Data Spasial

Berikut Peta sebaran fasilitas umum dan

perkantoran pemerintah pada Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas Kalimantan Tengah Skala Menengah sebagai berikut:



Gambar 2. Peta dan Sistem Informasi Geografis Sarana dan Fasilitas Umum Kecamatan Selat

Kesimpulan dan Saran

Bagian Kesimpulan dan Saran memuat ringkasan kualitatif yang disimpulkan dari hasil-hasil penelitian ditunjang dengan angka-angka (kuantitatif) seperlunya. Saran-saran untuk penelitian selanjutnya dapat dituliskan setelah bagian kesimpulan. Saran-saran merupakan refleksi dari keterbatasan, masalah, ataupun kekurangan yang tidak bisa dipecahkan dalam penelitian yang sedang berlangsung. Kesimpulan dan saran dituliskan dalam bentuk alinea (bukan dalam bentuk daftar dengan nomor urut) .

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Pemerintahan Kabupaten Kapuas atas bantuan dana operasional survei selama pekerjaan pengambilan data primer di Kecamatan Selat, Kalab Survei dan Pemetaan prodi Geodesi Politeknik Negeri Banjarmasin atas bantuan peminjaman alat survei GPS dan Ploter dan Semua pihak terkait yang membantu penulis dalam pengerjaan lapangan dan studio.

Daftar Pustaka

Amelia, Rizky. 2013. *Peta Sebaran Daerah Potensi Endemik Demam Berdarah Dangue Menggunakan Sistem Informasi Geografis Politeknik Negeri Banjarmasin, Teknik Sipil, Program Studi, Teknik Geodesi*. Banjarmasin.

Aronoff, Stan. 1989. *Geographic Information System a Management Perspective*. WDL Publication, Ottawa-Canada.

Berry, J.K. 1988. *Maps as data : fundamental considerations in computer-assisted map analysis.GIS/LIS'88 Proceedings: 273-284.* San Antonio, Texas.

Budiarto, Henry. 2013. *Pemetaan Sebaran Fasilitas Sosial Kecamatan Selat Kabupaten Kapuas Menggunakan Sistem Informasi Geografis Politeknik Negeri Banjarmasin, Teknik Sipil, Program Studi, Teknik Geodesi*. Banjarmasin.

Burrough, P. A. 1986. *Principles Of Geographical Information System For Land Resources Assement. Buttler and Tanner Ltd, Frome and London*. Great Britain.

Chrisman, Nicholas. 1997. *Exploring Geographic Information System. John Willey & Sons, Inc*., New York.

Marbel et al. 1983. *Geographic Information systems and remote sensing. In : Colwell R N. (ed.) Manual of Remote Sensing. American Society of Photogrammetry, Falls Church Virginia, pp. 923-57*

Nasiah. 2005. *Modul Sistem Informasi Geografi (SIG). Jurusan Geografi FMIPA UNM*. Makassar.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2013 *tentang Ketelitian Peta Renana Tata Ruang*.

Aplikasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle)* DJI Phantom 3 Professional untuk Pemantauan Kegiatan Reklamasi di Blok Mangkalapi PT Arutmin Indonesia

Arry Prasetya Nugraha[a], Mahmud Haris[a]

[a,] Geodetic Engineer, PT Arutmin Indonesia (arry.nugraha@arutmin.com)
[a,] Enviromental Supervisor, PT Arutmin Indonesia (haris.mahmud@arutmin.com)

ABSTRACT

As the more drone technology develops nowadays, the faster an aerial photo data can be obtained for processing. These process are also supported with orthophoto process software which more user friendly. UAV (Unmanned Aerial Vehicle) also set to become more widely used for the aspects, one of the aspects is in mining aspect. One of activity in mining that is always kept monitoring is reclamation achievement that become part of process post-mining activity. As included in Ministry of Energy and Mineral Resources regulations number 07 of 2014 about reclamation implementation and post-mining of mineral and coal mining business activity. All of the holders of mining business license (IUP) have to inform the plan and the progress of their post-mining activity. So, the spatial data which actual and synchronic with principles of photogrammetry is presented for the government to support reporting post-mining activity.

Keywords Aerial photo, UAV, reclamation, GCP

Pendahuluan

Latar Belakang Masalah

Propinsi Kalimantan Selatan memiliki banyak hasil bumi, diantaranya batubara, intan, emas, kelapa sawit, dan karet. Salah satu yang menjadi unggulan adalah batubara. Tambang batubara memiliki manfaat yang sangat besar, salah satunya sebagai penghasil sumber energi listrik disamping juga meningkatkan roda perekonomian daerah dan nasional serta penyerapan tenaga kerja.

Berdasarkan PERMEN ESDM nomor 7 tahun 2014 disebutkan bahwa reklamasi adalah kegiatan yang dilakukan sepanjang tahapan usaha pertambangan untuk menata, memulihkan, dan memperbaiki kualitas lingkungan dan ekosistem agar dapat berfungsi kembali sesuai peruntukannya. Sedangkan kegiatan pascatambang adalah kegiatan terencana, sistematis dan berlanjut setelah akhir sebagian atau seluruh kegiatan usaha pertambangan untuk memulihkan fungsi lingkungan alam dan fungsi sosial menurut kondisi lokal di seluruh wilayah pertambangan.

Jadi, berdasarkan PERMEN ESDM nomor 7 tahun 2014 semua perusahaan pertambangan diwajibkan melakukan reklamasi pada areal bekas penambangan. Untuk penyusunan dokumen rencana reklamasi, salah satu data yang dibutuhkan adalah peta situasi penambangan. Berdasarkan proses pembuatan peta tersebut bisa dilakukan dengan metode analog dan digital. Metode analog dilakukan dengan cara pemetaan terestris sedangkan metode digital bisa dilakukan dengan bantuan foto udara atau citra satelit. Dalam dunia pertambangan, pemetaan terestris paling lazim dilakukan, pemetaan terestris dilakukan sebelum kegiatan penambangan hingga proses penambangan selesai.

Foto udara merupakan hasil pemotretan pada satu wilayah yang memiliki ketinggian tertentu dengan menggunakan sebuah kamera pada wahana terbang tertentu pada ruang lingkup atmosfer. Wahana terbang bisa berupa pesawat, helikopter, balon udara, UAV, atau wahana terbang lainnya. Foto udara memberikan inventarisasi visual dari sebagian permukaan bumi dengan cepat dan dapat digunakan untuk membuat peta rinci (Eastman, 2001).

Dalam setiap kali pemotretan luas daerah yang tercakup sangat sempit dibandingkan dengan luas daerah yang akan dipotret. Agar seluruh daerah tertutupi dengan foto maka pemotretan harus dilakukan secara periodik dan terencana. Untuk itu harus dibuat rencana jalur pesawat terbang sedemikan rupa sehingga semua daerah

dapat terfoto (Subagio, 2000).

DJI Phantom 3 Professional adalah *UAV* buatan China yang mulai dipasarkan pada April 2015, memiliki kemampuan terbang selama 18 menit dengan daya jelajar 5 kilometer dan ketinggian maksimal 500 meter. Kamera *DJI Phantom 3 Professional* memiliki sensor *Sony EXMOR 1/2.3" Effective pixels: 12.4 M*.

Seiring perkembangan teknologi pemetaan, penggunaan dan pemanfaatan data foto udara semakin meningkat hal ini terbukti dari wahana UAV lebih praktis digunakan untuk keperluan pemantauan dan perencanaan yang membutuhkan pengambilan keputusan yang cepat. Salah satu aplikasinya adalah untuk pemantauan kegiatan reklamasi dan perencanaan pascatambang.

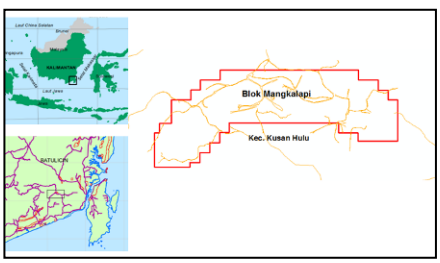
Pemantauan reklamasi dilaksanakan untuk: mengetahui kerapatan vegetasi, pemantauan tanaman yang mati atau tidak sehat, pemantauan erosi dan sistem drainase tanaman (ada atau tidaknya genangan air pada area reklamasi), pemantauan tanaman reklamasi yang terbakar, pemantauan penebangan ilegal tanaman reklamasi oleh masyarakat sekitar, kemiringan lahan reklamasi, dan stabilitas media tanam (topsoil) dari longsor.

Rumusan Masalah

1. Berapa banyak foto yang diambil untuk memetakan Blok Mangkalapi seluas 563,65 Ha?
2. Bagaimana proses pengolahan foto udara untuk digunakan pemantauan reklamasi?
3. Berapa tingkat ketelitian gambar yang didapat dari *DJI Phantom 3 Professional* dengan menggunakan GCP?
4. Bagaimana cara interpretasi foto udara untuk pemantauan reklamasi?

Wilayah Kajian

Blok Mangkalapi merupakan areal penambangan milik PT Arutmin Indonesia. Blok Mangkalapi berada pada daerah administrasi Desa Mangkalapi Kecamatan Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Kalimantan Selatan.

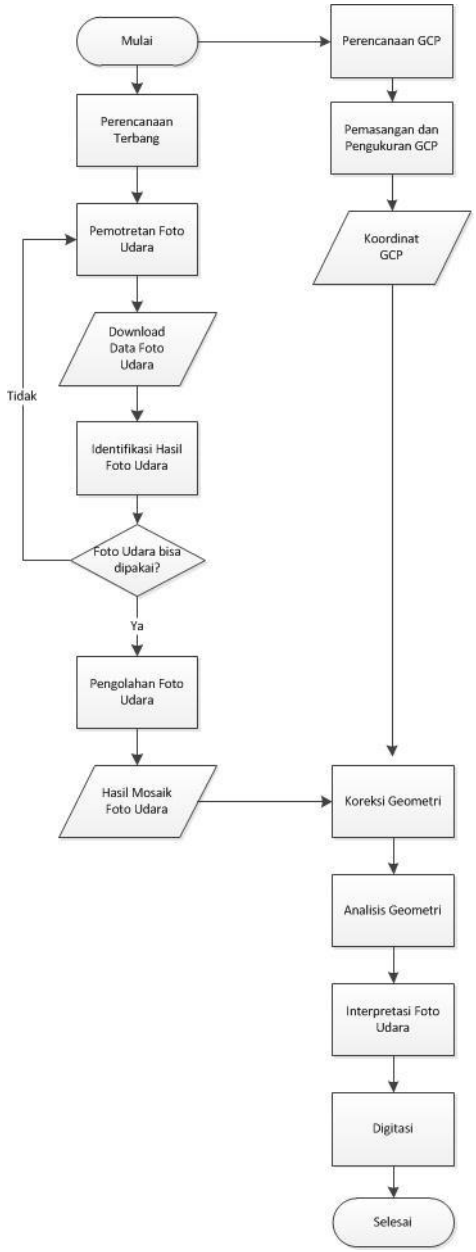


Gambar 1. Wilayah kajian

Metodologi

Blok Mangkalapi terletak di Desa Mangkalapi, Kecamatan Kusan Hulu, Kabupaten Tanah Bumbu, Propinsi Kalimantan Selatan yang terletak pada 115°35'28.80" - 116°05'10.00" Bujur Timur dan 03°10'38.10" - 03°21'21.50" Lintang Selatan, dengan luas keseluruhan Tambang Mangkalapi 563,65 Ha. Lokasi dapat dicapai melalui jalur darat yaitu jalan propinsi Banjarmasin - Batulicin - Mangkalapi.

Berikut tahapan kerja dalam bentuk diagram alir:



Gambar 2. Diagram alir

Data yang dibutuhkan adalah sebagai berikut:

5. Foto udara hasil pengambilan *DJI Phantom 3 Professional*
6. Koordinat GCP (*Ground Control Point*)
7. Poligon reklamasi hasil pengukuran dilapangan dengan menggunakan *Total Station*

Peralatan yang digunakan:

8. *Notebook Hp ProBook 4340s Core i5 2540M 2,5 GHz, RAM 8 GB, 64-bit Windows 7 Operating System*
9. *Total Station Topcon GTS 235 N*
10. *GPS Garmin 76 S*
11. *DJI Phantom 3 Professional*
12. *ArcGIS 10*
13. *Agisoft Photoscan Professional 1.1.6 trial 30* days

Tahapan pekerjaan

Perencanaan terbang

Perencanaan terbang meliputi orientasi lapangan, pengecekan fungsi *UAV* sebelum terbang, perencanaan jalur terbang, ketinggian terbang, dan estimasi lama terbang.

Pengadaan dan pengukuran GCP

Pengukuran GCP dilakukan dengan alat *Total Station*, dikarenakan foto udara ini dimanfaatkan untuk pemantauan reklamasi jadi hanya membutuhkan data dalam bentuk 2 dimensi saja (koordinat X dan Y).

Pemotretan Foto Udara

DJI Phantom 3 Professional mampu terbang kurang lebih selama 15 - 20 menit, sehingga pilot harus memperhitungkan durasi terbang *UAV* selama proses pemotretan. Pengambilan data foto udara juga dipengaruhi oleh angin dan cuaca. Langit yang berawan atau pun matahari yang sangat terik, tentu akan mempengaruhi hasil foto udara.

Evaluasi hasil pemotretan

Setelah pemotretan udara selesai dilanjutkan dengan pengecekan hasil foto untuk mencari foto udara yang mengalami distorsi. Memastikan tidak ada foto yang blur, *underexposed* dan *overexposed* yang disebabkan cahaya matahari terlalu gelap/terang, foto udara tidak saling bertampalan, foto udara terlalu miring. Foto udara yang mengalami distorsi tersebut harus dilakukan pemotretan ulang.

Pengolahan foto udara

Pengolahan foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft Photoscan Professional*.

Koreksi Geometri

Tujuan dari koreksi geometrik adalah untuk mentransformasi foto udara supaya mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi yang sebenarnya sesuai kondisi dilapangan.

Analisis Geometri

Melakukan analisis hasil koreksi geometri yang sudah dilakukan.

Interpretasi foto udara

Interpretasi foto merupakan bagian dari pengindraan jauh (*remote sensing*) yang mendefinisikan sebagai pengukuran (*measurement*) atau akuisisi (*acquisition*) informasi dari suatu obyek atau fenomena, menggunakan alat perekam tanpa adanya kontak secara fisik dengan obyek atau fenomena yang sedang dipelajari (Cowell, 1983).

Digitasi

Digitasi adalah proses mengkonversi obyek geografis dari data raster ke bentuk vektor. Areal yang didigitasi adalah areal reklamasi yang jarak antar tanamnya belum sesuai dengan SOP (*Standard Operating Prosedure*) yaitu 3x4 meter.

Hasil dan Pembahasan

Pemotretan dilakukan selama 4 hari, dengan ketinggian 250 meter dan dengan jarak jelajah maksimal UAV sejauh 1,2 kilometer. Total foto udara yang diperoses sebanyak 5.619 foto.

Hasil pengolahan foto udara dengan perangkat lunak bisa dilihat pada gambar 3 di bawah:

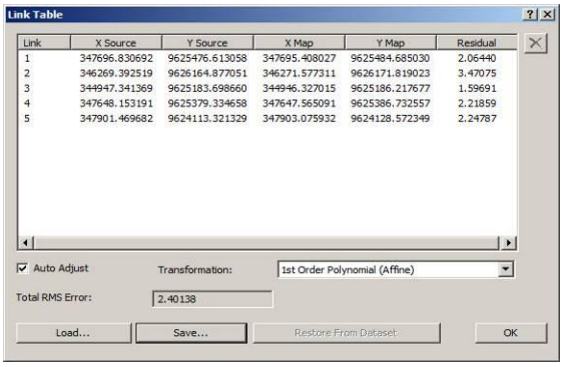


Gambar 3. Hasil pengolahan foto udara

Pada lokasi tengah foto pada objek bekas kolam tambang terlihat ada foto udara yang kosong, hal tersebut diakibatkan adanya pantulan cahaya matahari secara langsung pada permukaan air sehingga menyebabkan objek permukaan air tersebut mengkilap terang pada foto udara, sehingga foto tersebut perlu dieliminasi dari proses pengolahan foto udara yang dikhawatirkan akan menimbulkan distorsi.

Koreksi geometri dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 10. Data

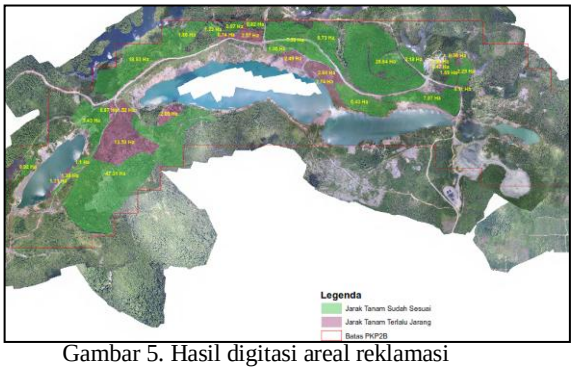
koordinat GCP (*Ground Control Point*) yang digunakan sebanyak 5 buah. Hasil koreksi geometri bisa dilihat pada gambar 4 dibawah:



Gambar 4. Hasil koreksi geometri

Dari hasil koreksi hasil koreksi geometri didapat nilai *RMS Error* sebesar 2,401 meter. Jika mengacu pada ketelitian planimetris peta rupa bumi (RBI) yang ditentukan dalam Badan Standarisasi Nasional (BSN) adalah 0,3 mm *RMSe* yang merupakan nilai koordinat masing-masing detail diskalakan terhadap garis grid terdekat, maka foto udara tersebut bisa digunakan untuk pembuatan peta dasar skala 1:8000.

Proses interpretasi foto udara dilakukan dengan cara *overlay* data foto udara yang sudah terkoreksi geometri dengn data poligon reklamasi yang sudah diukur dilapangan. Dari hasil *overlay* tersebut kemudian identifikasi lokasi penanaman yang jarak tanamnya lebih dari 3x4 meter kemudian dilakukan digitasi dan dihitung luas areanya. Hasilnya seperti gambar 5 dibawah ini:



Gambar 5. Hasil digitasi areal reklamasi

Dengan perhitungan luas sebagai berikut:

Tabel 1. Hasil perhitungan luas digitasi

Kriteria	Luas (Ha)
Jarak Tanam Sudah Sesuai	145,17
Jarak Tanam Terlalu Jarang	30,07

Kesimpulan dan Saran

Total foto udara yang diperoses sebanyak 5619 foto yang dilakukan selama 4 hari. Jumlah GCP yang digunakan ada 5 GCP dan dari hasil proses koreksi geometri foto udara didapat *RMS Error* sebesar 2,401 meter.

Dengan melakukan interpretasi dan overlay pada foto udara dan poligon reklamasi diketahui luas area yang memiliki jarak tanam lebih dari 3x4 meter selauas 30,07 Ha. Hasil ini masih perlu dilakukan validasi data dilapangan secara langsung.

Untuk perbaikan kedepannya disarankan untuk melakukan pengecekkan update firmware DJI Phantom 3 Professional untuk memperbaharui dan memperbaiki sistem kerja *UAV*.

Pada perencanaan terbang sebaiknya membuat GCP sebanyak mungkin dan merata pada area yang akan difoto untuk meminimalkan distorsi geometrik. Memperhatikan kondisi cuaca dan angin yang akan mengganggu penerbangan dan selalu lakukan kalibrasi pada setiap akan terbang.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada istri tersayang, keluarga penulis dan seluruh karyawan dan management PT Arumin Indonesia.

Daftar Pustaka

Anonim, 2001, *Phantom 3 Professional User Manual v1.0(PT)*, DJI, China.

Eastman, J.R, 2001, "Guide to GIS and Image Processing Volume 1", Clark Labs, Massachusetts.

Gularso, Herjuno, "Tinjauan Pemotretan Udara Format Kecil Menggunakan Pesawat ModelSkywalker 1680 (Studi Kasus :Area Sekitar Kampus UNDIP)", Jurnal Geodesi Undip, Vol. 2, No. 2, April 2013, hal 78-94.

Peraturan Mentri ESDM No 7 tahun 2014 tentang Pelaksanaan Reklamasi Dan Pascatambang Pada Kegiatan Usaha Pertambangan Mineral Dan Batubara.

Rokhmana, Catur Aris, 2010, "Membangun Sistem Pemetaan dari Udara Berbiaya Rendah Dengan Wahan Udara Nir-Awak Mini", Jurnal Ilmiah Geomatika vol.16 no.1, Agustus 2010.

Sirin, D.N.S., et al., 2015, "Standardisasi Prosedur Pengambilan Foto Udara dengan Pesawat LSA untuk Pengembangan Payload Inderaja", Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2015, 11-13 November 2015, Bogor

Sudarsono, Bambang, 2008, "Pemetaan Fotogrametri", Buku Ajar. Semarang, Universitas Diponegoro.

Pemodelan Dinamika Spasial Kawasan Perkotaan Mamminasata

(*Spatial Dynamic Modeling for Mamminasata Urban)*

Muhammad Azzam[a], Rinda Ayun Anggraini[b]

[a,] PT. Webgis Indonesia (azzam@webgis.co.id)
[b,] PT. Webgis Indonesia (rinda@webgis.co.id)

ABSTRACT

Mamminasata Urban Area is a metropolitan area of newly prepared to become a pilot area of integrated spatial development based on Presidential Regulation 55 OF 2011 on Spatial Planning of Urban Area Makassar, Maros, Sungguminasa, and Takalar. Mamminasata Urban Area has diverse regional characteristics, Makassar City is the economic center of eastern Indonesia that is quite rapid development of the region which give effect to the hinterland area.
The purpose of this study was to determine changes in land use on 2010-2015, and predicts the land use for 10 years ahead using dynamic spatial modeling with one scenario modeling.
The method used is the analysis of spatial data overlay land use on 2010-2015. Prediction of land use using dynamic spatial modeling with Cellular Automata Models.
The results of the analysis of changes in land use on 2010-2015 shows the type of land use change of the total of agricultural land into residential area of 362,31 Ha and open land area into a residential area of 219,79 Ha. Changes in land use of agricultural and open land area into residential area occurred in a rural area that borders the city of Makassar, district of Maros, and Sungguminasa.
Predictive modeling of land use in Mamminasata Urban use scenarios with four variables of city center, include Makassar, Maros, Gowa, and Takalar.

Keywords : Changes of Land Use, Spatial Dynamic Modeling, Mamminasata Urban Area

Pendahuluan

1. Latar Belakang

Kota dalam tinjauan fisik atau morfologi menekankan pada bentuk-bentuk kenampakan fisikal dari lingkungan kota. Menurut Smailes (1995) dalam Yunus (1994) memperkenalkan 3 unsur morfologi kota yaitu penggunaan lahan, pola-pola jalan, dan tipe atau karakteristik bangunan.

Secara sistematis, Yunus (1982, dalam Yunus 2007) mengelompokkan pengertian kota menjadi enam kelompok, salah satunya adalah pengertian kota dari segi morfologikal. Menurut Herbet (1972, dalam Yunus 2007), tinjauan kota berdasarkan morfologinya lebih ditekankan pada kenampakan fisiknya. Yunus (2007) mengartikan kota secara morfologikal sebagai suatu daerah tertentu dengan karakteristik tata guna lahan non-agraris, tata guna lahan dimana tutupan lahan terbangun lebih besar daripada tutupan vegetasi, pola jaringan jalan yang komplek, dalam sistem permukiman yang kompak dan relatif jauh lebih besar daripada kesatuan permukiman yang berada di daerah sekitarnya.

Suharyadi (2010, dalam Wijaya & Umam 2015) mengemukakan bahwa salah satu wujud perkembangan fisik daerah perkotaan adalah adanya pertambahan kepadatan fisik bangunan secara horizontal. Peningkatan kebutahan lahan di perkotaan dapat ditinjau melalui dua fenomena utama yaitu ekspansi daerah terbangun pada daerah non terbangun dan terjadinya densifikasi daerah terbangun. Peningkatan kebutuhan akan lahan berpengaruh terhadap penggunaan lahan karena penggunaan lahan itu sendiri berubah menurut ruang dan waktu. Hal tersebut disebabkan karena lahan sebagai salah satu sumber daya alam merupakan unsur yang sangat penting dalam kehidupan manusia. Makin banyaknya penduduk kota akibat pertumbuhan alami maupun migrasi berimplikasi pada makin besarnya tekanan penduduk atas lahan perkotaan karena kebutuhan lahan untuk permukiman dan fasilitas lain sebagai pendukungnya yang semakin meningkat.

Kawasan Perkotaan Mamminasata adalah kawasan metropolitan baru yang dipersiapkan menjadi kawasan percontohan pengembangan tata ruang terpadu. Rancangan kota ini dibangun berdasarkan Peraturan Presiden No.55 Tahun 2011 tentang Rencana Tata Ruang Kawasan Perkotaan Makassar, Maros, Sungguminasa dan Takalar.

Kawasan Perkotaan Mamminasata terbentuk atas kawasan perkotaan inti Makassar dan kawasan perkotaan Maros, Sungguminasa dan Takalar yang saling memiliki keterkaitan fungsional yang dihubungkan dengan sistem jaringan prasarana transportasi, telekomunikasi, energi, sumberdaya air serta sarana dan prasarana permukiman.

Sistem Informasi Geografi (SIG) memiliki beberapa fungsi yaitu pemodelan, pemetaan, pemantauan, dan pengukuran (Aronoff, 1989). Berdasarkan empat fungsi tersebut, SIG dapat digunakan untuk mengkaji perkembangan fisik perkotaan melalui pendekatan terhadap fenomena perubahan penggunaan lahan. Salah satu model yang dapat diterapkan untuk mengkaji terhadap prediksi penggunaan lahan adalah dengan menggunakan *spatial dynamic modelling* dengan model *Cellular Automata - Markov*. Model (CA – M) ini dapat memprediksi kondisi di waktu yang akan datang secara spasial. Sedangkan yang dimakasud dengan Markov Chain merupakan proses acak dimana semua informasi tentang masa depan terkandung di dalam keadaan sekarang (yaitu orang tidak perlu memeriksa masa lalu untuk menentukan masa depan).

2. Penelitian Sebelumnya

Penelitian ini menggunakan beberapa tesis dan jurnal, baik yang dipublikasikan sebagai bahan perbandingan dan rujukan. Penelitian sebelumnya yang telah dilakukan adalah mengenai Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Perkotaan Menggunakan Cellular Automata. Model menggunakan peta penggunaan lahan 2002-2005, dengan hasil simulasi di evaluasi menggunakan metode kappa statistik dan jendela multi resolusi. Dari hasil simulasi model yang dilakukan oleh Gunawan (2011) menunjukkan bahwa terjadi transisi dari pertanian menjadi perumahan dipengaruhi oleh faktor kedekatan dengan pusat kota, aktivitas komersial dan jalan kolektor sebagai aksesnya. Pada skenario pertama perubahan menjadi wilayah perumahan terjadi diluar kota ke segala arah dimana terdapat lahan yang belum terbangun (pertanian dan lahan kososng).

Seperti halnya penelitian yang dilakukan oleh Wijaya dan Umam (2015) mengenai Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner. Penelitian tersebut mengintegrasikan model Cellular Automata dengan model Regresi Logistik Biner untuk memonitor serta memprediksi perkembangan fisik perkotaan Yogyakarta melalui pendekatan terhadap fenomena ekspansi lahan terbangun. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa perkembangan lahan terbangun di Kota Yogyakarta pada tahun 2003-2013 memiliki laju 329 ha/tahun dengan pusat perkembangan ke arah timur laut Kota Yogyakarta, yaitu daerah sekitar Kecamatan Gondomanan dan Kecamatan Depok. Sedangkan hasil dari metode CA yang diintegrasikan dengan model Regresi Logistik Biner memprediksi Kota Yogyakarta pada tahun 2013-2023 memiliki laju perkembangan 539 ha/tahun dengan pusat perkembangan ke arah barat daya Kota Yogyakarta, yaitu daerah sekitar Kecamatan Kasihan dan Mantrijeron.

3. Rumusan Masalah

1. Bagaimana kondisi perubahan penggunaan lahan selama tahun 2010-2015
2. Bagaimana prediksi perubahan penggunaan lahan 10 tahun mendatang?

4. Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui perubahan penggunaan lahan tahun 2010-2015.
2. Memprediksi penggunaan lahan untuk 10 tahun mendatang menggunakan *Spatial Dynamic Modelling*.

5. Wilayah Kajian

Kajian pemodelan dinamika spasial berada di Kawasan Perkotaan Mamminasata (Makasar, Maros, Sungguminasa dan Takalar). Alasan pemilihan lokasi ini adalah karena kawasan Mamminasata memiliki karakteristik wilayah yang beragam, Kota Makasar merupakan pusat kegiatan ekonomi di Kawasan Timur Indonesia sehingga perkembangan wilayahnya cukup pesat yang memberikan pengaruh pada kawasan hinterland di sekitarnya. Jumlah penduduk yang semakin meningkat karena adanya daya tarik wilayah, pergeseran karakteristik demografis, berkembangnya pariwisata dan industri baru, serta perubahan pemanfaatan ruang di kawasan tersebut.

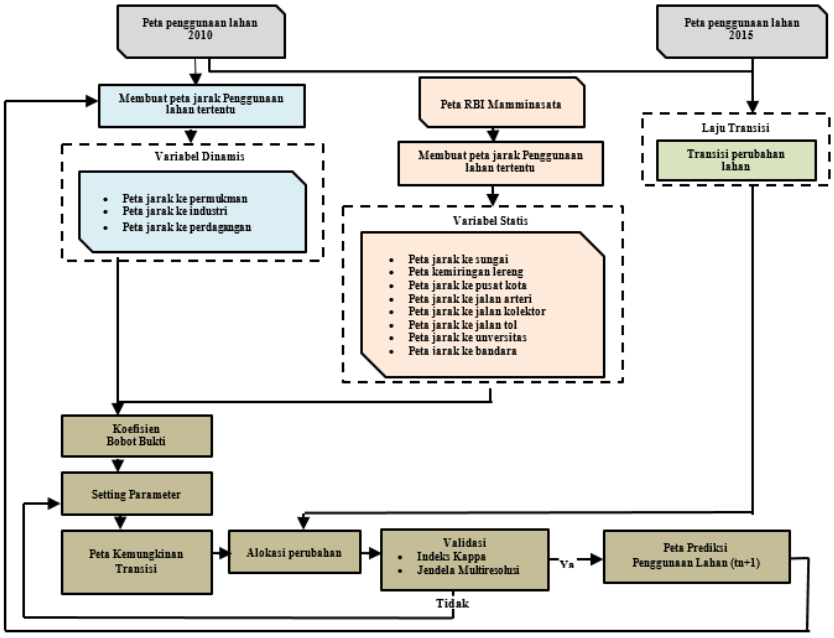
Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Peta penggunaan lahan skala 1 : 25.000 hasil interpretasi citra satelit Worldvew Tahun 2010
2. Peta penggunaan lahan skala 1 : 25.000 hasil interpretasi citra satelit Worldvew Tahun 2010

3. Peta RBI Kawasan Mamminasata, sumber BIG

Perangkat lunak yang digunakan adalah Arcgis, Dinamica Ego dan Map Comparison Kit.



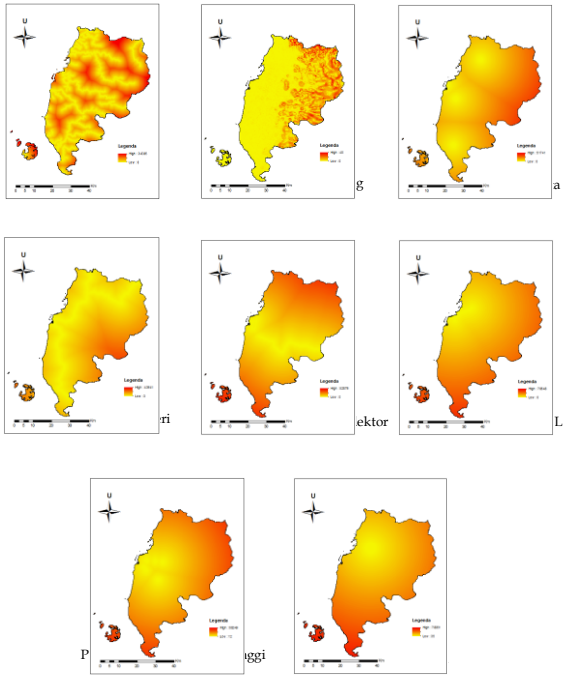
Gambar 1. Diagram Alir Dinamica Ego

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

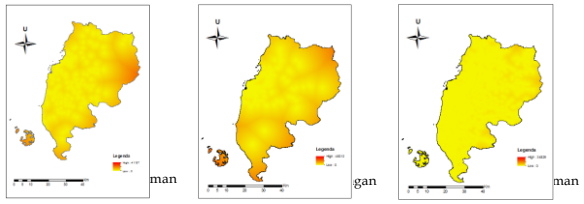
Metode yang digunakan dalam analisis perubahan penggunaan lahan adalah analisis kuantitatif perubahan luas perubahan penggunaan lahan tahun 2010-2015 dengan teknik *overlay*. Data penggunaan lahan diperoleh dari hasil interpretasi citra satelit yang dilengkapi dengan cek lapangan. Klasifikasi jenis penggunaan lahan yang digunakan adalah fasilitas umum, tubuh air, jalan, hutan, RTH, mangrove, industri, lahan terbuka, transportasi, pertanian, penambangan, perdagangan , permukiman.

Model Spatial Dynamic

Model *spatial dynamic* mensimulasikan penggunaan lahan dari tahun 2010 sampai tahun 2015, diikuti dengan proyeksi penggunaan lahan selama 10 tahun kedepan sampai tahun 2025. Kerangka kerja model *spatial dynamic* menggunakan metode bobot bukti untuk menghitung kemungkinan transisi. Metode bobot bukti membutuhkan variabel statis dan dinamis sebagai masukannya. Variabel statis yang digunakan adalah peta jarak ke sungai, kemiringan lereng, jarak ke pusat kota, jarak ke jalan tol, jarak ke jalan arteri, jarak ke jalan kolektor, jarak ke bandara dan jarak ke perguruan tinggi. Variabel dinamis yang digunakan yaitu jarak ke permukiman, jarak ke industri dan jarak ke perdagangan. Data penggunaan lahan dan variabel-variabel yang digunakan dalam pemodelan harus diubah kedalam format raster. Cell size yang digunakan adalah 12,5.

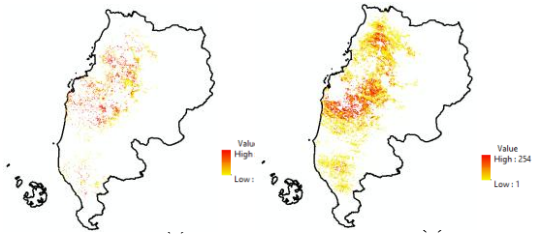


Gambar 2. Variabel Statis



Gambar 3. Variabel Dinamis

Dari variabel dinamis maupun variabel statis, dihitung koefisien bobotnya menggunakan metode bobot bukti. Hasil perhitungan koefisien bobot bukti kemudian dibuatlah peta kemungkinan transisi. Jumlah perubahan sel transisi untuk tiap transisi (perubahan lahan) dialokasikan menggunakan metode pengembangan wilayah dan pembuatan wilayah. Pengalokasian ini berdasarkan nilai kemungkinan tertinggi yang terdapat pada peta kemungkinan transisi.



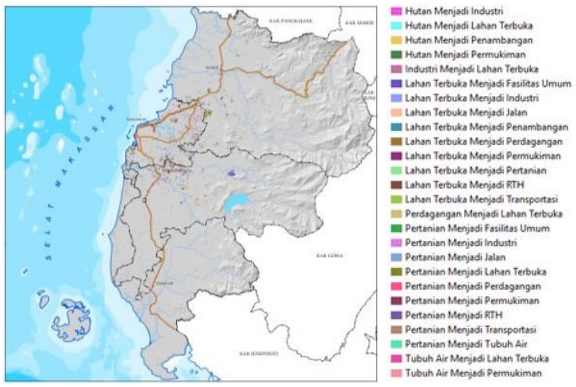
Gambar 4. Contoh Transisi Lahan Terbuka (a) dan Pertanian (b) Menjadi Permukiman

Validasi digunakan untuk menganalisa tingkat kecocokan hasil model. Data yang digunakan adalah peta penggunaan lahan 2015 (aktual) dan peta penggunaan lahan tahun 2015 (proyeksi). Metode validasi yang digunakan adalah validasi kappa dan multi jendela resolusi. Indeks kappa menggunakan metode cell by cell yang digunakan dalam membandingkan 2 data yang berbeda. Metode validasi jendela multi resolusi menggunakan algoritma dengan meningkatkan ukuran resolusi jendela sampel.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Perubahan penggunaan lahan di Kawasan Metropolitan Maminasata relatif menyebar. Meskipun secara umum perubahannya relatif menyebar akan tetapi untuk lahan terbangun mayoritas memiliki kecenderungan berada di sekitar Kota Makassar.



Gambar 5. Perubahan Penggunaan Lahan 2010-2015

Perubahan penggunaan lahan paling dominan adalah lahan pertanian 59,60%. Hasil perubahan penggunaan menjadi pemukiman sebesar 41,88%. Selain itu perubahan penggunaan lahan menjadi lahan terbuka mencapai 30,62 % lahan yang mengalami perubahan. Perubahan penggunaan lahan menjadi lahan terbuka merupakan akan dijdikannya lahan tersebut menjadi lahan terbangun. Perubahan penggunaan lahan pada umumnya adalah perubahan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun, tapi tidak menutup kemungkinan untuk terjadi sebaliknya. Seperti halnya di Kota Makassar terdapat perubahan dari industri serta perdagangan dan perkantoran berubah menjadi lahan terbuka. Perubahan dari lahan terbangun menjadi tidak terbangun dapat terjadi karena akan dibangunnya bangunan baru atau akan di alih fungsikan menjadi penggunaan lahan yang lain yang memilik nilai ekonomi yang lebih besar.

Tabel 1. Perubahan Penggunaan Lahan

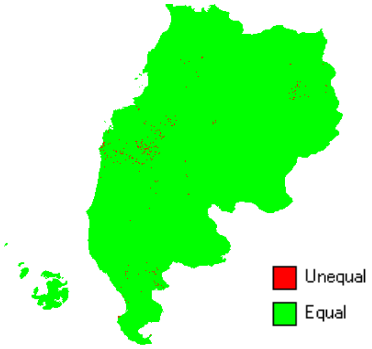
Penggunaan lahan 2010	Luas	Penggunaan lahan 2015	Luas
Fasilitas umum	4,03 Ha (0,14%)	Jalan	0,04
		Lahan terbuka	3,90
		Pemukiman	0,10
Industri	1,23 Ha (0,4%)	Lahan terbuka	1,23
Lahan Terbuka	1288,24 Ha (37,73%)	Fasilitas Umum	157,67
		jalan	26,51
		RTH	9,09
		Industri	191,38
		Transportasi	65,97
		Pertanian	16,68
		Penggalian	31,89
		Perdagangan	63,92
		Pemukiman	725,13
Perdagangan	0,55 Ha (0,02%)	Lahan terbuka	0,55
Pertanian	2034,97 Ha (59,60%)	Fasilitas Umum	58,11
		Tubuh air	0,49
		Jalan	23,29
		RTH	7,28
		Industri	105,53
		Lahan terbuka	1031,17
		Transportasi	86,03
		Perdagangan	78,81
		Pemukiman	644,25
RTH	23,29 Ha (0,68%)	Industri	1,08
		Lahan terbuka	7,06
		Penggalian	14,31
		Pemukiman	0,83
Tubuh air	61,82 Ha (1,81%)	Lahan terbuka	1,64
		Pertanian	59,52
		Pemukiman	0,66
Jumlah	**3414,11**	**Jumlah**	**3414,11**

Sumber : Hasil analisis data

Model Spatial Dynamic

Hasil pemodelan divalidasi menggunakan metode indeks kappa dan jendela multi resolusi. Hasil

validasi pemodelan menggunakan indeks kappa menunjukan kecocokan dengan kondisi sebenarnya dengan nilai kappa 0,95, yang berarti simulasi dapat mengalokasikan penggunaan lahan 95 persen secara tepat.



Gambar 6. Hasil Validasi Indeks Kappa

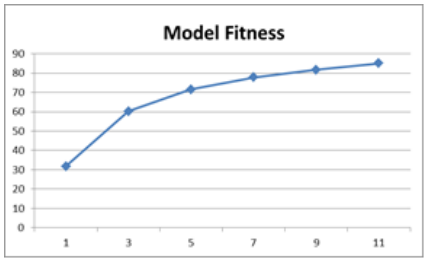
Metode validasi menggunakan jendela multi resolusi memiliki hasil yang berbeda-beda tergantung ukuran jendela sampel.

Tabel 2. Nilai Validasi Jendela Multi Resolusi

Windows Sizes	Similarities
1	31,8
3	60,29
5	71,56
7	77,75
9	81,73
11	85

Sumber : Penulis, 2016

Dengan ukuran jendela sampel ukuran 1x1 menghasilkan nilai 31,8 sedangkan jendela sampel ukuran 11x11 menghasilkan nilai sebesar 0,85, yang berarti hasil simulasi memiliki pola yang sangat mirip dengan data acuan.



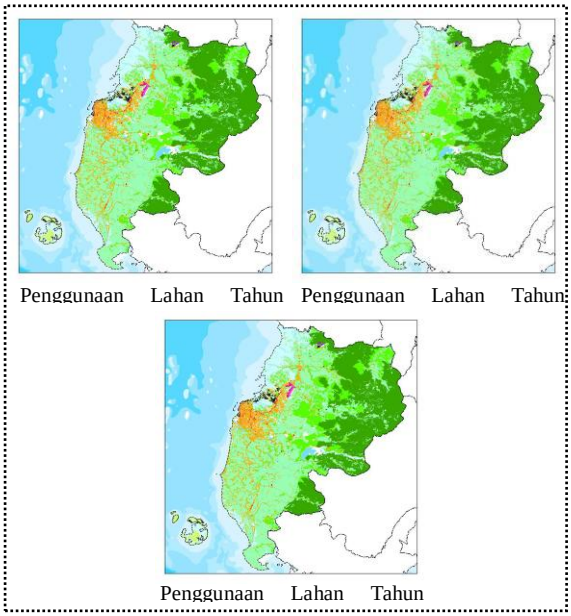
Gambar 7. Grafik Validasi Jendela Multi Resolusi

Sumber: Penulis, 2016

Berdasarkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2025, menunjukan perubahan menjadi wilayah permukiman terjadi di luar kota makassar ke segala arah dimana terdapat lahan yang belum terbangun (pertanian dan lahan terbuka). Secara umum perkembangan areal permukiman mengarah ke arah timur dan selatan.

Tabel 3. Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2010-2015 dan Proyeksi Tahun 2025

No	Penggunaan Lahan	Eksisting				Proyeksi Tahun 2025	
		Tahun 2010		Tahun 2015		Tahun 2015	
		Ha	%	Ha	%	Ha	%
1	Fasiltas lain	1.230,54	0,49	1.442,28	0,58	1.664,59	0,67
2	Tubuh air	6.055,51	2,42	5.994,19	2,40	5.886,75	2,36
3	Jalan	2.785,85	1,12	2.835,68	1,14	2.846,01	1,14
4	Hutan	71.296,56	28,54	71.273,28	28,53	71.280,63	28,53
5	RTH	356,15	0,14	372,52	0,15	367,90	0,15
6	Mangrove	1.673,56	0,67	1.673,56	0,67	1.673,28	0,67
7	Industri	938,17	0,38	1.234,94	0,49	1.538,23	0,62
8	Lahan terbuka	34.826,24	13,94	34.583,54	13,84	34.429,01	13,78
9	Transportasi	420,61	0,17	572,62	0,23	572,62	0,23
10	Pertanian	111.194,72	44,51	109.235,95	43,73	106.035,51	42,44
11	Penambangan	217,25	0,09	263,45	0,11	309,88	0,12
12	Perdagangan	768,49	0,31	910,67	0,36	1.451,34	0,58
13	Permukiman	18.059,01	7,23	19.429,99	7,78	21.766,92	8,71
	Jumlah	**249.822,66**	**100**	**249.822,66**	**100**	**249.822,66**	**100**



Gambar 8. Penggunaan Lahan 2010,2015, 2025

Berdasarkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2025 menunjukan terdapat peningkatan luas permukiman secara dominan dengan luas penambahan seluas 2336,93 Ha (0,94 %). Pada tahun 2015 luas jenis lahan permukiman sebesar 19429,99 Ha (7,78%) sedangkan peta prediksi penggunaan lahan tahun 2025 menjadi 21766,92 Ha (8,71%).

Perkembangan lahan terbangun terutama pemukian di sekitar Kota Makassar dikarenakan masih sangat terpusatnya berbagai kegiatan di Kota Makasar. Hal ini menjadikan permintaan akan hunian mayoritas berada di Kota Makasar ataupun di sekitar Kota Makasar. Kondisi ini juga menjadikan developer lebih memilih membuat komplek perumahan di pinggiran Kota Makassar. Terlebih lagi investor juga lebih memilih mendirikan perusahan di sekitar Kota Makassar agar lebih mudah dalam akses dan meminimalisir biaya transportasi, baik untuk bahan dasar maupun hasil produksinya. Pengembangan kawasan pinggiran kota akan menjadikan meluasanya kawasan perkotaan, sebab kawasan pinggiran kota akan menjadi kawasan perkotaan dan kawasan pinggiran kota akan terdorong makin menjauh dari pusat kota. Fenomena seperti ini merupakan hal yang wajar dalam proses berkembangnya suatu kawasan perkotaan.

Kerangka kerja model *spatial dynamic* menggunakan metode bobot bukti dengan perangkat lunak Dinamica Ego hanya membutuhkan dua data penggunaan lahan untuk menjalankan simulasi. Dinamica Ego juga merupakan perangkat lunak gratis. Kekurangan dari pemodelan menggunakan metode ini adalah menggunakan laju transisis yang tetap/konstan, dimana tidak realistis terjadi pada dunia nyata.

Kesimpulan dan Saran

Total perubahan lahan yang terjadi di Kawasan Perkotaan Mamminasata pada tahun 2010-2015 seluas 3414,11 Ha. Perubahan penggunaan lahan paling dominan adalah lahan yang berasal dari jenis penggunaan lahan pertanian seluas 2034,97 Ha (59,60%). Hasil perubahan penggunaan lahan terbesar yaitu menjadi areal pemukiman sebesar 41,88% dari total perubahan. Secara umum perkembangan areal permukiman mengarah ke arah timur dan selatan. Hasil pemodelan prediksi penggunaan lahan tahun 2025 memiliki nilai validasi kappa sebesar 0,95 dan 0,85 untuk validasi jendela multi resolusi. Hasil pemodelan menunjukan alih fungsi lahan menjadi permukiman memiliki penambahan tertinggi seluas 2336,93 Ha (0,94 %) .

Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan untuk memasukan faktor lain, seperti kondisi sosial ekonomi masyarakat. Data penggunaan lahan dengan periode yang lebih panjang akan memberikan hasil yang lebih baik.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang terlah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan paper ini, khususnya kepada PT Webgis Indonesia yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk membuat penelitian ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada perwakilan daerah dan Badan Informasi Geospasial.

Daftar Pustaka

Aronoff, S. 1989. *Geographic Information Systems: A Management Perspective.* Ottawa: WDL Publications.

Gunawan. 2011. Pemodelan Perubahan Penggunaan Lahan Perkotaan Menggunakan Cellular Automata. Studi Kasus: Kota Bandung. Thesis. Bandung : Institut Teknologi Bandung.

Wijaya, Muhammad Sufwandika dan Nuril Umam. 2015. Pemodelan Spasial Perkembangan Fisik Perkotaan Yogyakarta Menggunakan Model Cellular Automata dan Regresi Logistik Biner. *Majalah Ilmiah Globe Volume 17 No. 2 Desember 2015: 165-172*. Yogyakarta.

Yunus, Hadi Sabari. 2007. *Megapolitan : Konsep, Problema & Prospek*, Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Yunus, Hadi Sabari. 1994. *House Use Orientation un The Urban Fringe Areas : The Case of Ngestiharjo Subdistrict. The Indonesia Journal of Geography*, vol. 26/ 27.

Pemanfaatan Detil Permanen Sebagai Titik Ikat Bidang-Bidang Tanah

Eka Asta Kurniawan [1], Arief Syaifullah[2] , Agung Nugraha Bimasena[3]

[1,] Alumni STPN, Kanwil BPN Prop. NTB (kekaasta@gmail.com)
[2,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (ariefsyaif69@gmail.com)
[3,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (penuliskedua@ugm.ac.id)

ABSTRACT

The aims of this article is to know (1) the process of coordinate measurement of electricity pole permanent detail made as an alternative reference and reconstruction of land boundaries, and (2) the accuracy of mark point's coordinate as the alternative control point. The method used in this research is experimental designs method with quantitative approach. Electricity pole permanent is determained before angles and distances measurement. Based on this research, it is shows that there are differences between mark point with reflector permanent point between 1 mm up to 4.6 mm, in which hypothetic value is amounted to 6 mm. The position (coordinate) differences of land boundaries as result of land binding by using two control points are in the amount of 0,2 cm up to 4,55 cm, where tolerance of its hypothetic value is amounted to 10 cm at statistic test, with significance level is 95%. So, Electricity Pole might be used as alternative reference as fourth order TDT monument.

Key Words: Electricity Pole, Mark Point, Position (Coordinate) Differences.

A. PENDAHULUAN

Titik dasar teknik adalah titik yang mempunyai koordinat yang diperoleh dari suatu pengukuran dan perhitungan dalam suatu sistem tertentu yang berfungsi sebagai titik kontrol atau titik ikat untuk keperluan pengukuran dan rekonstruksi batas. Akan tetapi titik dasar teknik yang merupakan titik ikat bidang-bidang tanah, banyak yang rusak atau hilang. Hal ini disebabkan oleh kurangnya sosialisasi akan pentingnya pemeliharaan tugu titik dasar teknik ini sehingga masyarakat tidak mengetahui akan pentingnya tugu tersebut.

Sementara itu, detil permanen misalnya tiang listrik banyak tersebar merata di sepanjang jalan di Indonesia. Detil permanen ini memiliki konstruksi yang kuat, tahan lama, dan keberadaanya jarang dipermasalahnkan oleh warga sekitarnya. Dalam kegiatan pengukuran bidang-bidang tanah, petugas lapang BPN sering melakukan pengikatan bidang tanah dengan memanfaatkan keberadaan detil permanen

ini. Bahkan, pada kegiatan rekonstruksi bidang tanah, detil permanen ini sering dipergunakan.

Oleh karena itu, kiranya dengan melakukan inventarisasi, pengukuran dan pemetaan detil permanen, petugas ukur dapat melakukan penentuan posisi bidang tanah yang lebih akurat. Selain itu, petugas ukur dapat mengurangi penggunaan alat GPS tipe navigasi yang praktis namun memiliki ketelitian yang rendah dan tidak masuk toleransi pengukuran, kerusakan dan hilangnya tugu-tugu titik dasar teknik, serta biaya yang tidak murah dari pengadaan titik dasar teknik. Atas dasar tersebut, penulis melakukan penelitian dalam pemanfaatan titik detil permanen sebagai titik ikat bidang tanah.

B. METODOLOGI

1. Format Penelitian

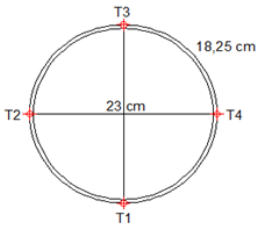
Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Detail tiang listrik disimulasikan dengan tabung potong yang memiliki diameter menyerupai. Pengukuran dilakukan pada beberapa tempat dipinggir tabung. Data pengukuran detil berupa data sudut, jarak, dan arah.
dengan metode sudut dan jarak pada detil permanen.

Untuk melakukan uji ketelitian ini akan dilakukan simulasi dengan memanfaatkan tabung potong yang diasumsikan sebagai tiang

2. Teknik Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer, yaitu dengan melakukan pengambilan data secara langsung di lapangan

listrik di lapangan dengan beberapa tahapan. *Pertama*, ditentukan keliling tabung simulasi dengan menggunakan pita ukur, kemudian membagi ukuran tersebut menjadi 4 ukuran yang sama rata. Kemudian memberikan tanda/mark point pada tabung tersebut sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnya. *Kedua* pengukuran terhadap titik pada tabung potong dengan metode sudut jarak pada dua titik tabung simulasi. *Ketiga* pengukuran sudut dan jarak dengan mendirikan reflektor pada masing-masing titik tabung sehingga didapat koordinat yang akan dibandingkan dengan koordinat dari hasil penggambaran grafis pada komputer. *Keempat*, dilakukan pengukuran sudut dan jarak sebanyak kurang lebih 20 kali terhadap tabung simulasi. Setelah mendapatkan koordinat tabung potong dari dua cara di atas, maka dapat dilakukan uji perbandingan koordinat, dan apakah hasil pengukuran masuk toleransi. Tahap selanjutnya adalah melakukan pengukuran detil tiang listrik di lapangan.



Gambar 1. Dimensi Tabung Potong Simulasi

Peneliti memanfaatkan tabung potong dengan keliling permukaan tabung sebesar 73 cm, dan diameter tabung sebesar 23 cm. Kemudian peneliti memberikan mark point atau tanda pada permukaan tabung sebesar 18,25 cm disetiap masing-masing mark point tersebut yang didistribusikan merata pada 4 titik disepanjang keliling permukaan tabung (dimensi tabung potong sesuai dengan bahan yang peneliti gunakan). Tabung potong ini ditempatkan pada lima posisi yang berbeda, sesuai dengan kondisi distribusi tiang listrik di lapangan. Sehingga dari uji simulasi tabung potong ini menghasilkan 20 titik yang masing-masing memiliki koordinat hasil ukuran.

Pengukuran mark point pada tabung simulasi dilakukan dengan cara membidik titik taget pada sisi tabung yang telah diberi tanda sebelumnya dengan menggunakan alat ukur Total Station reflectorless.



Gambar 2. Simulasi Tabung Potong

Pengukuran koordinat mark point tabung potong dilakukan dengan metode sudut jarak terhadap minimal dua titik target. Pengukuran sudut jarak terhadap minimal dua titik target mark point dimaksudkan agar koordinat grafis yang diperoleh dari penggambaran pada komputer dapat memiliki kontrol. Selain itu, juga pada titik yang sama dilakukan pengukuran koordinat dengan menggunakan atau mendirikan reflektor pada masing-masing titik (gambar 1) yang bertujuan mendapatkan data pembanding untuk uji akurasi dan presisi koordinat.

3. Teknik Pengolahan dan Analisis Data

Untuk melakukan analisis data apakah bidang tanah yang diikatkan dengan menggunakan titik dasar teknis dan titik detil permanen yang telah terukur terdapat perbedaan signifkan atau masih masuk toleransi pengukuran, maka akan dilakukan uji perbandingan perbedaan posisi lokasi bidang tanah yang dijadikan sampel tersebut berdasarkan Juknis PMNA/KaBPN No 3 Tahun 1997 dan uji-t. Perbedaan selisih koordinat ini dengan nilai toleransi 10 cm pada daerah pemukiman dan 25 cm untuk pertanian.

Uji T-Test One Sample (taraf α=5%)

Untuk dapat menguji apakah t hitung perhitungan dengan rumus di atas sama dengan nol atau tidak berbeda secara signifikan, maka perlu dikonsultasikan dengan t tabel, dengan memakai tingkat kepercayaan 95% dan besar derajat kebebasan untuk uji-t adalah dengan n-1. Jika t tabel $\leq$ t hitung maka tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap perbedaan koordinat batas bidang tanah hasil pengikatan dengan detil permanen.

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada proses pengukuran objek tiang listrik yang akan dijadikan sebagai titik ikat bidang tanah ini dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu *pertama*, tahap uji akurasi dan presisi dengan simulasi. *Kedua*, tahap pemberian koordinat pada objek tiang listrik di lapangan. *Ketiga*, tahap pengikatan sampel bidang tanah dengan objek tiang listrik yang telah berkoordinat.

1. Tahap Uji Akurasi dan Presisi

a. Analisis Data Ukuran

Untuk menilai apakah data ukuran itu diterima atau tidak yaitu dengan dibandingkan

ketelitian alat ukur tersebut dengan kesalahan kolimasi horisontal. Kesalahan kolimasi dihitung sebagai separuh dari selisih bacaan (B-LB) Biasa-Luar Biasa (Arief Syaifullah. 2008: 76-78). Dalam buku manual Total Station Nivo Series, alat ini disebutkan memiliki akurasi sudut 5" dan bacaan sudut terkecil sebesar 1"/5"/10". Adapun perhitungan kesalahan kolimasi yang telah dilakukan pada masing-masing simulasi tabung potong dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Penghitungan Kolimasi

Titik	Biasa	Luar Biasa	Selisih (B-LB)	Toleransi	Ket
P1-T1A	227°21'39"	227°21'36"	4"	5"	
	227°21'36"	227°21'31"			
	227°21'34"	227°21'31"			
Rata-Rata					
	227°21'36,33"	227°21'32,66"			
	227°21'35"				
P1-T1B			3"/5"		Data Diterima
P1-T1C			3"/5"		Data Diterima
P1-T1D			3"/5"		Data Diterima
P1-T1E			3"/5"		Data Diterima

Keterangan:

P1 : titik kontrol P1
T1A: simulasi titik tiang listrik tabung A
T1B: simulasi titik tiang listrik tabung B
T1C: simulasi titik tiang listrik tabung C
T1D: simulasi titik tiang listrik tabung D
T1E: simulasi titik tiang listrik tabung E

Setelah melakukan analisa kesalahan kolimasi, data sudut dan jarak terkoreksi dilakukan perhitungan koordinatnnya. Adapaun nilai dari hasil perhitungan masing-masing koordinat titik simulasi pada tabung potong disajikan dalam tabel berikut ini.

Tabel 2. Daftar Nilai Perhitungan Koordinat Titik Simulasi Tabung

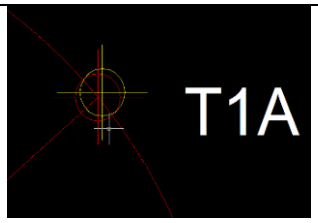
Tabung	Titik Target Tabung	Koordinat Titik Target *Reflectorless*		Koordinat Titik Target Dengan *Reflector*	
A	T1A	-13,930	-12,828	-13,929	-12,826
	T2A	-13,941	-12,986	-13,941	-12,985
	T3A	-14,101	-12,975	-14,101	-12,975
	T4A	-14,089	-12,816	-14,089	-12,814
B	T1B	-13,785	-5,493	-13,783	-5,492
	T2B	-13,845	-5,641	-13,844	-5,640
	T3B	-13,993	-5,581	-13,991	-5,580
	T4B	-13,933	-5,433	-13,932	-5,430
C	T1C	-12,657	4,795	-12,655	4,794
	T2C	-12,805	4,736	-12,803	4,734
	T3C	-12,865	4,884	-12,863	4,883
	T4C	-12,716	4,943	-12,715	4,945
D	T1D	-12,958	13,324	-12,957	13,324
	T2D	-13,118	13,329	-13,118	13,327
	T3D	-13,113	13,488	-13,112	13,487
	T4D	-12,953	13,484	-12,953	13,483
E	T1E	-12,728	20,727	-12,726	20,725
	T2E	-12,884	20,762	-12,881	20,762
	T3E	-12,848	20,918	-12,847	20,916
	T4E	-12,693	20,883	-12,689	20,880

Dari tabel 2 di atas dapat dilihat, bahwa terdapat selisih nilai koordinat yang dihasilkan oleh pengambilan data koordinat dari pengukuran titik target mark point menggunakan reflector dengan pengukuran reflectorless pada titik yang sama. Dengan berasumsi bahwa pengukuran titik mark point yang dilakukan menggunakan reflector adalah dianggap benar, maka peneliti melakukan perbandingan nilai dari tabel di atas untuk bisa melihat sejauh mana tingkat akurasi dan presisinya. Selisih koordinat tersebut dapat dilihat dari tabel-tabel berikut.

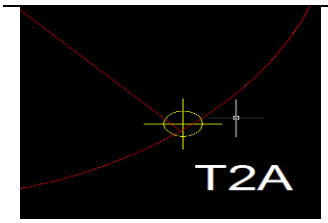
Tabel 3. Daftar selisih koordinat tabung

Tabung	Gambar	Keterangan

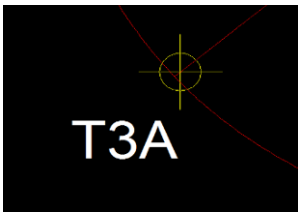
A



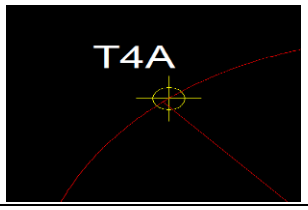
Gambar selisih koordinat titik target *mark point* T1A. Sebesar 0,0014 m atau 1,4 mm.



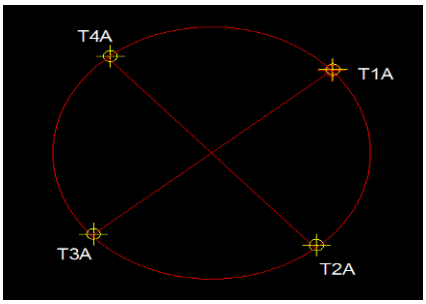
Gambar selisih koordinat titik target *mark point* T2A. Sebesar 0,0015 m atau 1,5 mm.



Gambar selisih koordinat titik target *mark point* T3A. Sebesar 0,0002 m atau 0,2 mm.



Gambar selisih koordinat titik target *mark point* T4A. Sebesar 0,0016 m atau 1,6 mm.



Untuk tabung simulasi B samoai dengan E dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabung	Titik Tabung	Selisih Koordinat
B	T1B	2,2 mm
	T2B	1,6 mm
	T3B	2,4 mm
	T4B	3,1 mm
C	T1C	2,2 mm
	T2C	2,6 mm
	T3C	2,1 mm
	T4C	2,3 mm
D	T1D	1,0 mm
	T2D	1,6 mm
	T3D	3,8 mm
	T4D	1,8 mm
E	T1E	2,8 mm
	T2E	2,9 mm
	T3E	2,7 mm
	T4E	4,6 mm

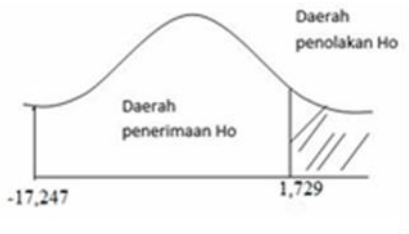
Dari tabel selisih koordinat masing-masing simulasi tabung di atas menunjukan bahwa perbedaan koordinat antara koordinat titik target mark point reflectorless dengan koordinat titik target mark point reflektor atau reflector sangat kecil, yaitu antara 1 mm s/d 4,6 mm.

c. Analisis Statistik Perbedaan Posisi Titik Tabung

Sesuai dengan tabel selisih daftar koordinat di atas terlihat, bahwa perbedaan posisi (koordinat) antara koordinat titik mark point reflector dengan koordinat titik mark point reflectorless sangat kecil dan dapat diterima. Sedangkan untuk analisis statistik yang digunakan oleh peneliti dalam kasus ini adalah menggunakan uji One Sample T-Test.

Hipotesis yang ditentukan sebesar 6 mm berdasarkan dari ketelitian relatif poligon utama pada pengukuran titik dasar teknik orde 4 BPN adalah 1: 6000. Jarak rata-rata pengukuran antar tiang listrik 40 meter. Ketelitian jarak dalam 40 meter = 1/6000 X 4000 = 6,6 mm.

Hipotesis nol (Ho) :Perbedaan posisi koordinat paling besar adalah 6 mm untuk masing-masing titik tabung simulasi. Hipotesis alternatif (Ha): Perbedaan posisi koordinat lebih dari 6 mm untuk masing-masing titik tabung simulasi.



Atau dapat ditulis singkat:

Ho : $\mu_o \leqslant$ 6 mm.

Ha : $\mu_o >$ 6 mm.

Taraf signifikansi yang digunakan adalah 95%, df = n-1 = 20-1 = 19, maka untuk uji satu pihak, harga t tabel = 1,729. Untuk dapat membuat keputusan apakah Ho diterima atau ditolak, maka kedudukan t hitung dan t tabel dapat disusun dalam gambar berikut.

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa t hitung ternyata jatuh pada daerah penerimaan Ho. Dengan demikian Ho diterima dan Ha ditolak. Jadi dapat disimpulkan bahwa

perbedaan posisi koordinat masing-masing tabung simulasi menggunakan metode sudut jarak paling besar 6 mm adalah benar.

2. Tahap Pengukuran Titik Mark Point Tiang Listrik

a. Pelaksanaan

Untuk tahap ini, peneliti menggunakan sampel tiang listrik yang memiliki dimensi sebagai berikut diameter tiang listrik : 31,20 cm, keliling tiang listrik: 98 cm. Peneliti menggunakan 2 buah tiang listrik saluran tegangan menengah dengan jarak antar tiang yaitu 39,75 m, dimana pada area tersebut terdapat titik kontrol/ikat serta beberapa bidang tanah yang merupakan sampel objek pengukuran dan pengikatan dengan menggunakan titik kontrol maupun dengan tugu tiang listrik. Adapun proses pengukuran koordinat titik mark point tiang listrik adalah seperti berikut ini: (1) menentukan dimensi tiang listrik yang telah dipilih, dengan cara melakukan pengukuran dengan pita ukur untuk mengetahui keliling tiang listrik tersebut, (2) setelah mengetahui keliling tiang listrik yang dimaksud, selanjutnya membagi rata ukuran keliling tersebut menjadi 4 bagian yang sama, (3) memberikan mark point atau tanda pada tiang listrik sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan sebelumnnya. Posisi mark point ini sifatnya bebas, menyesuaikan posisi dari titik berdiri alat maupun posisi bidang tanah yang akan dilakukan pengikatan, (4) melakukan pengukuran terhadap mark point yang sudah dipasang dengan menggunakan metode zijslag dengan pembacaan sudut 3 seri rangkap (0°, 60°,120°) dan pembacaan data ukuran jarak ±4 kali pada masing-masing titik. Pengukuran sudut dan jarak mark point tiang listrik ini, dilakukan minimal terhadap 2 titik, (5) melakukan analisa koordinat, dengan membandingkan 2 titik mark point tiang listrik yang diperoleh dari pengukuran zijslag dan dari koordinat grafis hasil penggambaran software autocad. Atau juga dapat dikoreksi dengan jarak diameter tiang yang telah diketahui.

Tabel 4. Daftar koordinat pengukuran tiang listrik

	No	Titik Kontrol		Titik Target Tiang Listrik		Koordinat Grafis	
		X	Y	X	Y	X	Y
Titik kontrol	1	0,0000	0,0000				
	2	0,0000	30,691				
Tiang Listrik 1	1			4,6840	25,5780	4,6840	25,5780
	2					4,5662	25,7646
	3			4,7530	25,8833	4,7526	25,8823
	4					4,8706	25,6958
Tiang Listrik 2	1			-7,009	-12,437		

3. **Tahap Pengikatan Bidang Tanah**

a. Pelaksanaan

Bidang-bidang tanah yang telah diikatkan untuk sementara ini masih dengan menggunakan metode offset. Untuk kemudian, bidang-bidang tanah tersebut diikatkan pada titik ikat yang telah dilakukan pengukuran, yaitu titik kontrol dan juga mark point tiang listrik.

Setelah itu, bidang tanah yang telah diukur tersebut dilakukan penggambaran dan pemetaan posisi bidang tanah sesuai dengan titik ikatnya masing-masing sehingga akan terdapat dua buah gambar bidang tanah yang sama, yang digambar dan dipetakan berdasarkan pada dua titik ikat yang berbeda.

Untuk selanjutnya, peneliti melakukan analisa terhadap bidang-bidang tanah tersebut, terkait akan perbedaan posisi koordinat titik-titik bidang tanah dan luas bidang tanah dengan membandingkan dua data yang diperoleh.

Tabel 5. Daftar perbedaan posisi koordinat titik bidang tanah

No	Titik	Koordinat Pengikatan dengan Titik Kontrol		Koordinat Pengikatan dengan Tiang Listrik		Perbedaan Posisi (m)
		X	Y	X	Y	
1	2	3	4	5	6	7
1	IA	-1,0528	-14,2010	-1,0655	-14,2020	0,0137
2	IB	2,1365	10,4233	2,1381	10,4203	0,0034
3	IC	43,5172	-9,6674	43,5063	-9,6961	0,0306
4	ID	32,8553	-26,5885	32,8339	-26,6106	0,0307
5	IIA	2,1365	10,4233	2,1381	10,4203	0,0034
6	IIB	4,6669	25,2083	4,6822	25,2030	0,0161

7	IIC	47,5960	0,5170	47,5614	0,4721	0,0455
8	IID	42,0435	-12,4552	42,0240	-12,4950	0,0433
9	IIIA	4,6604	25,2027	4,6669	25,2034	0,0065
10	IIIB	6,2265	40,1207	6,2250	40,1222	0,0021
11	IIIC	44,9225	19,6010	44,9320	19,6233	0,0242
12	IIID	40,4895	5,2710	40,5067	5,2909	0,0263

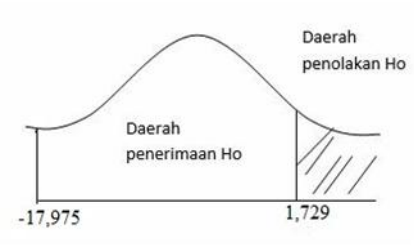
b. Analisis perbedaan posisi bidang tanah

Hipotesis yang digunakan adalah sebesar 10 cm, sesuai dengan PMNA/KaBPN nomor 3 tahun 1997 tentang toleransi perbedaan posisi bidang tanah.

Ho : $\mu_o \leqslant 0{,}1$ m.

Ha : $\mu_o > 0{,}1$ m.

Taraf signifikansi yang digunakan adalah 95%, df = n-1 = 12-1 = 11, maka untuk uji satu pihak, harga t tabel = 1,7959. Untuk dapat membuat keputusan apakah Ho diterima atau ditolak, maka kedudukan t hitung dan t tabel dapat disusun dalam gambar berikut.



Gambar 4. Kurva penerimaan uji One Sample T-Test

Berdasarkan gambar tersebut, terlihat bahwa t hitung ternyata jauh pada daerah penerimaan Ho. Dengan demikian Ho diterima dan Ha ditolak. Jadi dapat disimpulkan bahwa perbedaan posisi koordinat masing-masing pojok batas bidang tanah dengan pengikatan menggunakan tugu tiang listrik paling besar 10 cm adalah benar.

D. PUNUTUP

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis serta pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut bahwa tidak terdapat perbedaan posisi (koordinat) yang nyata antara pengikatan bidang tanah dengan menggunakan titik kontrol dan menggunakan mark point tiang listrik.

2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pembahasan, dan kesimpulan, maka peneliti memberikan saran bahwa titik kontrol atau titik kontrol alternatif seperti pemanfaatan tugu tiang listrik ini perlu dikembangkan, karena dalam penelitian ini, peneliti masih meneliti pemanfaatannya hanya sebatas sebagai pengikatan dengan metode offset. Karena peneliti merasa bahwa titik ikat alternatif ini dapat dikembangkan lebih jauh lagi, seperti pemanfaatannya dengan digunakan sebagai titik ikat virtual yang bisa di lakukan pengikatan bidang tanah dengan cara polar. Sehingga, pihak yang memanfaatkan tugu tersebut dalam kegiatan surveying dan mapping akan lebih mudah.

DAFTAR PUSTAKA

Basuki, Slamet. 2011. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Kountur, Ronny. 2006. Statistik Praktis. Jakarta : PPM.

Sugiyono. 2002. Statistika Untuk Penelitian. Bandung : CV Alfabeta.

Suharto, Eko 2007. Perlukah Dilakukan Pengukuran Ulang Pengukuran Bidang-Bidang Tanah Dengan Gambar Ukur Yang Melayang?, Jurnal Widya Bhumi STPN, Yogyakarta No.22 Tahun 8 Juli 2007 h.11-16.

Syaifullah, Arief 2007. Dasar-Dasar Pengukuran Tanah. Yogyakarta: STPN Press.

Wongsotjitro, Soetomo. 1980. Ilmu Ukur Tanah. Yogyakarta: Kanisius.

Yunus, H.S. 2010. Metode Penelitian Wilayah Kontemporer. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.

Penilaian Ekonomi Kawasan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri Dengan *Travel Cost Method*

Eni Retnaningsih, Bambang Suyudi , Sudibyanung[a]

[a,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional

ABSTRACT

Gajah Mungkur is a unit complex ecosystem that could potentially provide direct and indirect benefits for humans. Gajah Mungkur management policies need to consider the economic value of the region so that the implementation can be done in a comprehensive manner in the context of costs and benefits. This research aims to determine the attractiveness of tourism-related socio-economic characteristics of visitors in the area of Gajah Mungkur and direct use value that obtained through the travel cost method. Data were collected through interviews and document study. Samples were taken by using purposive sampling of 50 respondents. Data were analyzed through descriptive techniques and approaches travel cost method. The appeal of Gajah Mungkur which attracted many visitors are scenery and culinary. Social and economic characteristics visitors based on age is 36-45 years, from areas within 31-50 km, male visitors comes as much as female visitors, most of them are in highschool education and works in private sectors.the most widely used vehicle are car and buses with the group of 2-10 people . Direct use region value calculated by demand function is Rp. 72.460.779.490,00. Direct use values calculated area by non-demand function (math) is Rp. 30.721.000.662,00.

Keywords : *Gajah Mungkur, travel cost method, regional economic assessment*

1. Pendahuluan

Luas perairan umum Indonesia diperkirakan lebih dari 50 juta hektar, terdiri dari perairan rawa 39,4 juta hektar, perairan sungai beserta lebarnya 11,95 hektar, serta danau alam dan danau buatan (waduk) tercatat seluas 2,1 juta hektar. (Rochdianto, 2005 dalam Aksomo 2007). Salah satu pemanfaatan sumberdaya perairan adalah waduk atau danau buatan yang mempunyai banyak manfaat di berbagai aspek kehidupan.

Di Provinsi Jawa Tengah terdapat beberapa waduk yang keberadaannya telah dimanfaatkan oleh masyarakat. Salah satu waduk tersebut adalah Waduk Gajah Mungkur di Kabupaten Wonogiri. Waduk Gajah Mungkur ini dibangun dengan fungsi utama sebagai pengendali banjir (*Flood Control*) Sungai Bengawan Solo.

Seiring dengan berjalannya waktu dan sifat waduk sebagai barang publik, mengakibatkan waduk ini rentan mengalami kemerosotan fungsi. Kegiatan yang dilakukan masyarakat mengorbankan fungsi utama dan fungsi ekosistem dari Waduk Gajah Mungkur. Kegiatan ini merupakan eksploitasi yang berlebihan berupa penebangan pohon di daerah tangkapan air baik hutan rakyat, perhutani, sabuk hijau *(green belt),* dan lahan pertanian. Hal ini menyebabkan erosi permukaan lahan semakin tinggi sehingga aliran membawa lumpur masuk ke dalam sungai-sungai yang bermuara ke waduk.

Penurunan atau degradasi lingkungan tentu akan menurunkan nilai kawasan Waduk Gajah Mungkur. Oleh karena itu menjadi suatu hal yang penting dan menarik kiranya jika diteliti mengenai nilai ekonomi kawasan Waduk Gajah Mungkur. Penilaian ekonomi kawasan Waduk Gajah Mungkur ini tidak dapat

dilepaskan dari fungsi *benefit* (manfaat) dan *cost* (biaya). *Benefit* (manfaat) dari keberadaan Waduk Gajah Mungkur diantaranya sebagai pengendali banjir *(flood control)* Sungai Bengawan Solo, penyedia air irigasi, penyedia tenaga listrik di daerah Kabupaten Wonogiri, sebagai tempat pariwisata dan budi daya perikanan air tawar. Untuk mengetahui nilai manfaat Waduk Gajah Mungkur sebagai tempat pariwisata maka perlu dilaksanakan penilaian ekonomi terhadap kawasan pariwisata tersebut.

Salah satu cara untuk menilai ekonomi suatu kawasan pariwisata adalah dengan pendekatan biaya perjalanan *(Travel Cost Method). Travel Cost Method* umumnya digunakan untuk menganalisis permintaan terhadap rekreasi di alam terbuka *(outdoor recreation)* seperti memancing, berburu, *hiking* dan sebagainya. Secara prinsip, metode ini mengkaji biaya yang dikeluarkan setiap individu untuk mendatangi tempat-tempat rekreasi (Fauzi, 2006: 213).

2. Metodologi

a. Pengumpulan Data

Data dalam penelitian ini diambil melalui sampel-sampel yang mewakili populasi dengan teknik *Sampling purposive* dari sebanyak 50 responden, yaitu pengunjung Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur. Data dalam penelitian ini dikumpulkan melalui wawancara dan studi dokumen.

Karakteristik sosial ekonomi pengunjung meliputi usia, asal daerah, jenis kelamin, tingkat pendidikan, pekerjaan, jenis kendaraan yang dipakai dan banyaknya rombongan. Variabel yang digunakan untuk menentukan jumlah kunjungan (V) meliputi total biaya perjalanan (X_1), pendapatan per bulan (X_2), jarak (X_3), dan tingkat pendidikan (X_4).

b. Analisis Data

Data yang telah dikumpulkan kemudian dianalisis melalui analisis deskriptif kualitatif dan analisis *travel cost method.*

1) Analisis Deskriptif Kualitatif

Macam-macam daya tarik pengunjung terhadap obyek wisata dianggap penting karena dapat digunakan sebagai pertimbangan dalam pengembangan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur. Karakteristik sosial ekonomi perlu dimasukkan ke dalam hasil survey karena dianggap membantu menterjemahkan respon terhadap pertanyaan valuasi utama (Muharram, 2010 dalam Nugroho, 2010:60).

2) Analisis *Travel Cost Method*

a) Fungsi Permintaan

Data yang telah dikumpulkan dalam penelitian ini diolah dalam persamaan fungsi produksi Cobb- Douglass. Untuk menduga nilai ekonomi suatu kawasan diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

(1) Pendugaan fungsi permintaan

$V = \beta_0 \quad X_1^{\beta_1} X_2^{\beta_2} X_3^{\beta_3} X_4^{\beta_4}$

V : jumlah kunjungan

X_1 : total biaya perjalanan

X_2 : pendapatan per bulan

X_3 : waktu tempuh perjalanan

X_4 :Tingkat pendidikan pengunjung

$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$: koefisien regresi

(2) Transformasi fungsi permintaan menjadi bentuk persamaan harga linier

$Ln\ V = \beta_0 + \beta_1 Ln\ X_1 + \beta_2 Ln\ X_2 + \beta_3 Ln\ X_3 + \beta_4 Ln\ X_4$

$Ln\ V = ((\beta_0 + \beta_2 (Ln\ X_2) + \beta_3 (Ln\ X_3) + \beta_4\ Ln\ X_4) + \beta_1 Ln\ X_1$

$Ln\ V = \beta' + \beta_1 Ln\ X_1$

(3) Transformasi kembali ke bentuk persamaan awal

$V = \beta' X_1^{\beta 1}$ karena X_1 = TC, maka

$TC = \left(\frac{V}{\alpha}\right)^{\beta 1}$

(4) Dilakukan penghitungan utilitas terhadap permintaan kunjungan wisata:

$U = \int_0^{vrata} f(TC)dV$

U : utilitas terhadap permintaan kunjungan wisata

Vrata : jumlah kunjungan rata- rata

f(TC) : fungsi biaya perjalanan yaitu $TC = \left(\frac{V}{\alpha}\right)^{\beta 1}$, sehingga

$U = \int_0^{vrata} f\left(\left(\frac{V}{\alpha}\right)^{\beta 1}, \right) dV$

(5) pengestimasian terhadap surplus konsumen:

CS = U – Pt

$Pt = TC_{rata} \times V_{rata}$

$TC_{rata} = \frac{\sum_{i=1}^{n} TCi}{n}$, i = nomor responden mulai 1 sampai n

$V_{rata} = \frac{\sum_{i=1}^{n} Vi}{n}$, i = nomor responden mulai 1 sampai n

(6) Menghitung nilai guna langsung

Nilai guna langsung = CS x N

b) Fungsi Non Permintaan (Rumus Matematika)

(1) BP = BTr + (BKr-BKh) + BT + BL

Keterangan :

BP : Total biaya perjalanan

BTr : Biaya transportasi rekreasi (Rp)

BKr : Biaya konsumsi rekreasi (Rp)

BKh : Biaya konsumsi harian (Rp)

BT : Biaya tiket (Rp)

BL : Biaya lain - lain (dokumentasi, souvenir) (Rp)

(2) perhitungan *travel cost* per individu berdasarkan data hasil wawancara pada saat penelitian adalah:

$TCi = \sum_{i=1}^{n} (T_{ri}, K_i, T_i, L_i)$

T_{ri} :biaya transportasi kunjungan, pengunjung ke i (Rp)

K_i : biaya konsumsi selama kunjungan, pengunjung ke i (Rp)

T_i : biaya tiket pengunjung ke i (Rp)

L_i : biaya lain-lain, pengunjung ke i (Rp)

Travel cost dihitung dari masing-masing pengunjung ke-i sampai dengan pengunjung ke-n.

(3) Menghitung TCrata dari sampel

TC rata = $(\sum_{i=1}^{n} TCi)$ / n

(4) Menghitung TC total

TCtotal = $\sum_{i=1}^{12} Vj \; . \; (\sum_{i=1}^{n} TCi)$ / n

TCtotal : Travel Cost total untuk berwisata.

Vj : jumlah kunjungan wisatawan per bulan dalam satu tahun. Dimana j adalah bulan dalam satu tahun, terdiri dari bulan ke-1 sampai dengan bulan ke-12

TCi : travel cost rata-rata pengunjung

n : jumlah sampel dalam penelitian.

3. Hasil dan Pembahasan

Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur menawarkan daya tarik yang bermacam- macam. Daya tarik tersebut antara lain pemandangan, area bermain anak, kuliner, wisata air, dan *waterboom.*

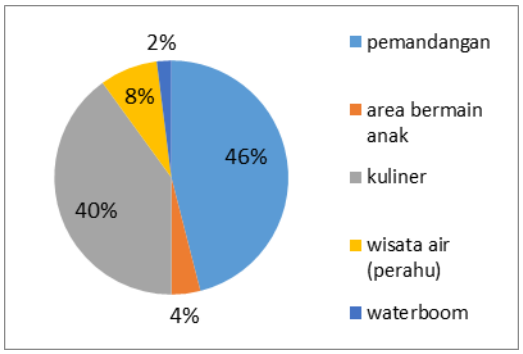
Data primer hasil wawancara yang telah dikelompokkan dan diolah diperoleh klasifikasi daya tarik obyek wisata berdasarkan banyaknya pengunjung.

Tabel 1. Klasifikasi daya tarik obyek wisata

No	Daya tarik	Jumlah pengunjung (orang)
1	pemandangan	23
2	area bermain anak	2
3	kuliner	20
4	wisata air	4
5	waterboom	1
	Jumlah	50

Sumber: Data Primer , diolah tahun 2016

Diagram presentase daya tarik berdasarkan jumlah pengunjung dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram daya tarik pengunjung

Berdasarkan tabel 1 dan gambar 1, dapat disimpulkan bahwa daya tarik yang banyak diminati pengunjung yaitu pemandangan dan kuliner yang ada di Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur.

Selanjutnya dari data primer hasil wawancara yang telah dikelompokkan dan diolah

diperoleh informasi karakteristik sosial ekonomi pengunjung Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur. Informasi tersebut terangkum dalam tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Karakteristik sosial ekonomi pengunjung

No.	Karakteristik	Mayoritas
1	Usia	36 - 45 tahun (46%)
2	Asal daerah	41 - 50 km (26%)
3	Jenis kelamin	L dan P sama banyak
4	Tingkat pendidikan	SMA (40%)
5	Pekerjaan	Swasta (42%)
6	Jenis kendaraan yang dipakai	mobil dan bis (80%)
7	Banyaknya rombongan	2 - 10 (58%)

Sumber: Data Primer, diolah tahun 2016

Selanjutnya, untuk memperoleh nilai guna langsung kawasan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur dengan menggunakan fungsi permintaan. Langkah awal yaitu melakukan pendugaan fungsi permintaan, yang kemudian melakukan transformasi fungsi permintaan tersebut ke dalam bentuk linier. Untuk memudahkan analisis data statistik digunakan *software* SPSS 22. Model regresi linier berganda yang terbentuk adalah:

$$Ln\ V = \beta_0 + \beta_1 Ln\ X_1 + \beta_2 Ln\ X_2 + \beta_3 Ln\ X_3 + \beta_4 Ln\ X_4$$

Terhadap model yang digunakan tersebut dibutuhkan pengujian untuk mengetahui kelayakan dalam mengestimasi jumlah kunjungan berdasarkan uji asumsi klasik dan uji kriteria statistik. Uji asumsi klasik terdiri dari masalah multikolinieritas, heterokedastisitas, dan autokorelasi. Uji kriteria statistik meliputi uji koefisien determinasi (R^2), uji F- Statistik dan uji t. Nilai R^2 sebesar 0,52 dengan taraf nyata 5%.

Dengan demikian, bentuk model estimasi jumlah kunjungan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur selama setahun dapat dinyatakan dalam persamaaan sebagai berikut:

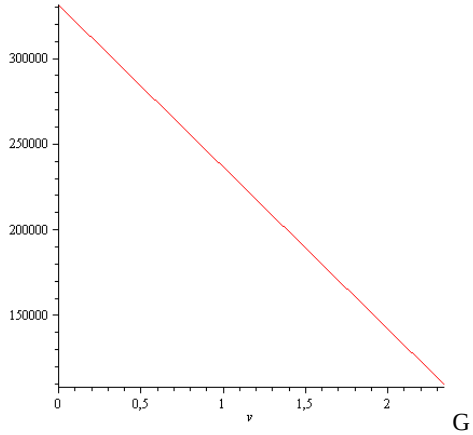
$$V = 4{,}0123 - 0{,}00001 + 1{,}64897E\text{-}07X_2 - 0{,}02474X_3 + 0{,}02639X_4$$

Parameter β yang dihasilkan yaitu β_1 = -0,00001, β_2 = 1,649E-07, β_3 = 0,0247, β_4 = 0,0264.

Untuk menentukan nilai utilitas, surplus konsumen dan nilai guna langsung Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur, maka digunakan model permintaan linier. Hal ini dikarenakan nilai koefisien β_1 ln total biaya perjalanan sebesar -0,391765466684792 dimana nilai tersebut berada pada rentan -1 sampai dengan 0. Dari hasil regresi, maka didapatkan model permintaan linier sebagai berikut:

$$V = 4{,}0124 - 1{,}1.10^{-5} X_1 + 1{,}65.10^{-7} X_2 - 0{,}0247 X_3 + 0{,}0264X_4$$

Model kurva fungsi permintaan linier dapat dilihat pada gambar 1:



Gambar 2. Kurva permintaan kunjungan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur

Sumber: Pengolahan data dengan Maple 12

Dari model permintaan linier tersebut maka didapatkan nilai total biaya perjalanan maksimal (TCmax) sebesar Rp. 331.315,20 dan nilai total biaya perjalanan rata-rata (TC rata) sebesar Rp. 109.854,00. Nilai surplus konsumen sebesar Rp. 259.109,61. Jumlah pengunjung selama setahun terakhir (April 2015- Maret 2016) sebanyak 279.653 pengunjung. Dengan demikian di dapat besar nilai guna langsung Obyek Wisata Waduk gajah Mungkur sebesar Rp.72.460.779.490,00.

Selain menggunakan model fungsi

permintaan, peneliti akan mecoba menghitung nilai guna langsung Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur dengan menggunakan rumus matematika. Total pengunjung selama satu tahun yaitu sebanyak 279.653 pengunjung. Rata-rata biaya perjalanan diperoleh dari penjumlahan total biaya perjalanan seluruh responden dibagi dengan jumlah responden. Total biaya perjalanan seluruh responden yaitu sebesar Rp. 5.479.550,00 dan jumlah responden sebanyak 50 responden, sehingga didapatkan rata-rata biaya perjalanan (TC rata) sebesar Rp. 109.854,00.

Nilai guna langsung

= TCrata x jumlah pengunjung setahun

= Rp 109.854,00 x 279.653

= Rp. 30.721.000.662,00

Dari hasil hitungan tersebut dapat dilihat bahwa nilai yang didapat dengan menggunakan fungsi permintaan lebih besar daripada nilai yang didapat dengan menggunakan rumus non permintaan. Hal ini terjadi karena di sebabkan adanya pengaruh nilai *tangible* dan *intangible*.

Pada penghitungan dengan fungsi non permintaan, nilai yang dihitung hanya dari nilai *tangibl*e. Nilai *tangible* hanya sebatas nilai fisik yang dapat diuangkan. Misalnya biaya untuk dapat menikmati Obyek Wisata Waduk yaitu sebesar harga tiket masuk yang dibayarkan. Pada penghitungan dengan fungsi permintaan, dipengaruhi oleh nilai *tangible* dan *intangible* dari keberadaan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur tersebut. Nilai *intangible* adalah sesuatu yang tidak ternilai. Pada penelitian ini nilai *intangible* berupa surplus konsumen. Contoh nilai *intangible* yaitu seorang pengunjung mau membayar harga tiket yang melebihi harga tiket yang telah ditetapkan untuk dapat menikmati Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur. Selisih antara harga tiket yang mau dibayarkan dengan harga tiket sebenarnya inilah nilai *intangible*.

4. Kesimpulan dan Saran

Daya tarik Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur yang banyak diminati pengunjung yaitu pemandangan dan kuliner. Karakteristik sosial ekonomi pengunjung Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur berdasarkan data terbanyak yaitu: berusia 36–45 tahun, berasal dari daerah berjarak 31-50 km, laki-laki dan perempuan sama banyak, tingkat pendidikan SMA dan bekerja di bidang swasta, kendaraan yang digunakan adalah mobil dan bis dengan jumlah rombongan 2 - 10 orang.

Nilai guna langsung kawasan yang dihitung dengan fungsi permintaan sebesar Rp.72.460.779.490,00 sedangkan nilai kawasan yang dihitung dengan fungsi *non* permintaan sebesar Rp. 30.721.000.662,00. Hal ini dikarenakan rumus fungsi permintaan digunakan untuk menunjukkan *intangible value* dari kawasan Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur, sedangkan rumus dengan fungsi non permintaan digunakan untuk menunjukkan *tangible value* dari kawasan wisata tersebut.

Penelitian ini menggunakan *Travel Cost Method* dimana hanya mengestimasi nilai manfaat yang dirasakan secara langsung oleh responden sehingga nilai manfaat tak langsung belum diketahui. Oleh sebab itu, peneliti menyarankan penelitian berikutnya menggunakan *Contingent Valuation Method (CVM)* sangat diperlukan dalam menilai total ekonomi, baik *use value* dan *non use value* dari keberadaan Waduk Gajah Mungkur.

Pada kesempatan ini kami mengucapkan terimakasih kepada Kepala Dinas Kebudayaan, Pariwisata, Pemuda dan Olah Raga Kabupaten Wonogiri, Kepala UPT. Obyek Wisata Waduk Gajah Mungkur, Kepala Kantor Kabupaten Wonogiri beserta jajarannya yang telah memberikan izin dan data- data yang dibutuhkan oleh peneliti serta semua pihak yang telah membantu selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2010. *Pedoman Penulisan Proposal dan Skripsi*. Yogyakarta: STPN.Press.

_____ 2010. *Modul Survei Potensi Tanah 221 Penilaian Tanah Kawasan*.

Jakarta: BPN RI.

_____ 2014. *Standar Operasional Prosedur Internal (SOPI) Survei Potensi Tanah tahun 2014*. Jakarta: BPN RI.

Aksomo, Rudiansyah. 2007. Nilai Ekonomi Pemanfaatan Waduk Cirata Untuk Perikanan Dan Wisata Tirta Di Kabupaten Cianjur, Jawa Barat. *Skripsi*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, Bogor.http://repository.ipb.ac.id/. Diunduh pada tanggal 2 Februari 2016 Pukul 20:21

Arikunto, Suharsimi. 1998. Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktek. Jakarta: Rineka Cipta.

Asrof, Hayyina. 2015. Penilaian Ekonomi Kawasan Dengan Pendekatan Effect On Production Di Pantai Depok Desa Parangtritis Kecamatan Kretek Kabupaten Bantul. *Skripsi*. Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Fahrudin, Achmad. 2014. Tehnik Penilaian Sumberdaya Kawasan dan Lahan: *Travel Cost Method (TCM)*. *Modul*. Bogor: PKSPL-IPB.

Fauzi, Akhmad. 2006. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Nugroho, Puguh Setyo. 2010. Valuasi Ekonomi Wisata Pantai Glagah Dengan Pendekatan Biaya Perjalanan (Travel Cost) di Desa Glagah Kecamatan Temon Kabupaten Kulon Progo. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi Universitas Sebelas Maret, Surakarta. http://core.ac.uk. Diunduh pada 2 Februari 2016.

Nugroho, Puguh Setyo. 2010. Valuasi Ekonomi Wisata Pantai Glagah Dengan Pendekatan Biaya Perjalanan (Travel Cost) di Desa Glagah Kecamatan Temon Kabupaten Kulon Progo. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi Universitas Sebelas Maret, Surakarta.http://core.ac.uk. Diunduh pada 2 Februari 2016.

Pramudhito, Ardhianto. 2010. Aplikasi Biaya Perjalanan (Travel Cost) Pada Wisata Alam Studi Kasus: Air Terjun Jumog Kabupaten Karanganyar. *Skripsi*. Fakultas Ekonomi Universitas Negeri Sebelas maret, Surakarta .http://thebookee.net. Diunduh pada 2 Februari 2016 Pukul 19:53.

Samsudin, Nurhayati dkk. 2012. Valuasi Nilai Ekonomi Taman Nasional Bunaken : Aplikasi Travel Cost Method (TCM). *Jurnal Penelitian*. Institut Pertanian Bogor, Bogor. http://pustaka.unpad.ac.id. Diunduh pada 2 Februari 2016.

Singarimbun, M. 1989. *Metode Penelitian Survey*. Jakarta: Penerbit LP3ES.

Siregar, Syofian. 2014. *Statistika Deskriptif untuk Penelitian*. Jakarta: Rajawali Press.

Sugiyono. 2013. *Metode Penenlitian Manajemen*. Bandung: ALFABETA.

Suparmoko. 2002. *Buku Pedoman Penilaian Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*

(Konsep dan Metode Penghitungan). Yogyakarta: BPFE.

Suparmoko. 2008. *Ekonomi Sumber Daya Alam dan Lingkungan*. Yogyakarta: BPFE

Yunus, Hadi Sabari. 2010. *Metode Penelitian Wilayah Kontemporer*. Yogyakarta: PUSTAKA PELAJAR.

Pengaturan Zoning sebagai Pengendali Pemanfaatan Ruang
(Studi Kasus Kawasan Preservasi Budaya Kotagede)

Westi Utami[a], Ayu Wahyuningtyas[b]

a. Staf Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, email: westiutami@yahoo.com

[b,] Praktisi Bidang Perencanaan Wilayah, email: a.wahyuningtyas@gmail.com

ABSTRACT

Spatial planning has pivotal role to control that land can be optimally utilized in accordance with its capabilities, and function suitability as well as the environmental sustainability. Land use change and uncontrolled use of space that does not comply with the zoning would cause adverse impacts on environmental, socio-cultural, economic, and sustainable development. The buildings in the area of Kotagede has affected the characteristics of the ancient Javanese kingdom of Mataram. The development of the region which is valuable historically and aesthetically, needs to be controlled to avoid the image degradation of the region which is currently. Therefore we need a plan of arrangement that governs the conservation of the heritage building. In this case, the spatial management plan is establiseh as block arrangement or zoning. The method used in this planning activity was the evaluative method. The results of this evaluation later become the basis for future development, especially in the area of Kotagede in the future. So, space use and existing land use can be optimized according to the function of the area and environmental sustainability. The results of the study show that from time to time, Kotagede has undergone many changes that led to the original character eroded. This study attempts to formulate the concepts of blocks associated with land use, land slot, infrastructure and environment; and supporting elements of the building.

Keywords *Spatial planning, zooning, block, Kotagede preservation*

A. Pengantar

Pertumbuhan penduduk yang pesat di daerah kota dan kegiatan perekonomian yang melesat cepat tentunya membutuhkan ruang atau dalam hal ini "tanah" yang semakin hari semakin terbatas ketersediaannya. Bertambahnya kegiatan penduduk di kota yang dipicu oleh dua hal tersebut di atas mengakibatkan meningkatnya frekuensi kegiatan penduduk, sehingga konsekuensi keruangan yaitu tuntutan akan ruang untuk mengakomodasi sarana atau struktur fisik semakin bertambah. Berbagai benturan kepentingan seperti kepentingan individu, kepentingan publik dan kepentingan pembangunan terhadap pemanfaatan ruang seringkali menimbulkan permasalahan seperti penyimpangan terhadap tata ruang dan salah satunya menyebabkan kekhasan serta fungsi zona dari suatu wilayah pudar dan suatu saat akan hilang. Yunus (2005) menyebutkan bahwa problematika yang dihadapi daerah kota sebagai konsekuensi kebutuhan keruangan mengubah penggunaan dan pemanfaatan lahan terbuka hijau untuk pembangunan gedung-gedung yang pada akhirnya berakibat pada kerusakan lingkungan dan timbulnya *urban heat island.* Desakan berbagai kepentingan tersebut seringkali menimbulkan berbagai pelanggaran dalam pemanfaatan ruang berupa pelanggaran fungsi kawasan, misalnya fungsi lindung digunakan untuk budidaya. Pelangggaran yang lain dapat pula pelanggaran jenis penggunaan dalam satu fungsi kawasan, misalnya kawasan budidaya untuk perumahan digunakan untuk perdagangan. Dan yang terakhir pelanggaran yang sering terjadi adalah pelanggaran teknis bangunan yaitu pelanggaran IMB (Izin Mendirikan Bangunan), sempadan bangunan, KDB (Koefisien Dasar Bangunan), KLB (Koefisien Lantai Bangunan) dan ketinggian bangunan.

Pembangunan kota yang mengatasnamakan kepentingan umum dan pemenuhan kebutuhan ekonomi selain mengakibatkan disparitas kebutuhan pangan juga seringkali mengakibatkan terabaikannya sektor budaya dan arsitektur tradisional. Hal inilah yang menyebabkan rusaknya kawasan konservasi budaya pada daerah perkotaan (sadyahutomo 2008). Terbatasnya ruang hijau pada kawasan kota dan tidak adanya tanah untuk dibangun semakin mendesak kawasan warisan budaya dijadikan sebagai

incaran untuk pembangunan gedung dengan arsitek modern.

Pengaturan dan penataan ruang serta berbagai upaya konservasi terhadap suatu kawasan seringkali mengalami kendala dan hambatan, sehingga pelanggaran terhadap aspek keruangan banyak terjadi. Sadyohutomo (2009) menegaskan bahwa permasalahan penataan ruang yang terjadi di Indonesia disebabkan kurangnya sistem pengendali penataan ruang baik berupa penyediaan prasarana fisik (*public capital investment*) maupun perangkat hukum (*land use control*) belum dimanfaatakan dan diaplikasikan secara optimal. Belum ditetapkannya pengaturan zonasi kawasan-kawasan khusus/kawasan budaya juga menjadi kendala dalam pemanfaatan ruang. Penyimpangan terhadap tata ruang dan zonasi kawasan kota tentunya membutuhkan penanganan serius dan hal ini tidaklah mudah dilaksanakan. *Zoning regulation* sebagai acuan serta petunjuk operasional terhadap pemanfaatan ruang tentunya harus ditetapkan dan diterapkan dengan sistem pengendalian yang optimal sehingga penyimpangan dapat dikurangi dan dicegah.

B. Intervensi Pemerintah Terhadap Tata ruang dan Preservasi Kawasan Bersejarah

Pemerintah dalam hal ini memiliki peran dalam memberikan intervensi terhadap pemanfaatan ruang khususnya ruang kota. Dalam beberapa konsep menyebutkan bahwa bentuk intervensi yang dapat dilakukan pemerintah untuk mengatur keadilan terhadap sumber daya dapat berupa 4 (empat) hal yaitu 1) perencanaan tata ruang kota dan wilayah (diwujudkan dalam perencanaan tata ruang berjenjang berupa tata ruang wilayah Nasional, Provinsi, Kabupaten, dan Kecamatan); 2) pengaturan pemanfaatan ruang (yaitu pemanfaatan ruang untuk perumahan, industri, jasa, wilayah konservasi dan lindung, pertanian dan prasarana umum); 3) intervensi pemerintah dalam bentuk penyediaan pelayanan Publik, 4) pengaturan pemerintah dalam bentuk pendistribusian sumber daya (Yunus, 2005).

Cadwallader (1985), menyebutkan bahwa peranan pemerintah dalam mengelola kota dan wilayah dapat diwujudkan melalui berbagai kegiatan dan kebijakan antara lain:

a. Penyedia service dan barang publik (*supplier of public goods and services*);
b. Mengatur dan memfasilitasi (*regulating and facilitating*) berjalannya ekonomi pasar agar tercipta alokasi sumber daya sebaik-baiknya;
c. Sebagai *social enginering* dalam mengarahkan masyarakat untuk mencapai tujuan atau nilai-nilai yang diinginkan bangsa dan negara.;
d. Sebagai *abiliter* dalam konflik antar kelompok masyarakat.

Perencanaan tata ruang merupakan upaya strategis dalam mengelola ruang agar dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin sehingga terwujud ruang terpadu, serasi, ruang berkualitas dan berkelanjutan. Zonasi sebagai bagian dari perencanaan tata ruang merupakan cara efektif untuk mengendalikan dan mengatur tentang persyaratan pemanfaatan ruang dan ketentuan pengendaliannya yang disusun untuk setiap blok/zona peruntukan (UU No. 26 Tahun 2007), dimana blok/zona peruntukan yang menjadi acuan ditetapkan melalui rencana rinci tata ruang. Zoning diterapkan sebagai upaya yang merujuk pada pembagian lingkungan kota ke dalam zona-zona pemanfaatan ruang dimana di dalam tiap zona tersebut ditetapkan pengendalian pemanfaatan ruang atau diberlakukan ketentuan hukum. Peraturan zoning/*zoning regulation* menjadi bagian penting sebagai rujukan dalam perizinan, penerapan insentif/disinsentif, penertiban ruang, menjadi jembatan dalam penyusunan rencana tata ruang yang bersifat operasional, serta dapat menjadi panduan teknis dalam pengembangan/pemanfaatan ruang.

Perencanaan tata ruang tidak hanya mengatur peruntukan penggunaan ruang tetapi juga mengatur kegiatan pelayanan publik sehingga redistribusi sumber daya dapat terwujud. Kegiatan pengaturan perencanaan dan pemanfaatan ruang tersebut dapat terwujud apabila terdapat sistem manajemen pengendalian. Dalam teori manajemen spasial kota dikenal adanya 4 bagian manajemen spasial yaitu perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian. Dalam sistem pengendalian terhadap tata kota dapat dilaksanakan melalui investasi prasarana umum (*public capital investment*) dan peraturan perundangan pemanfaatan ruang (*land use control*). Peraturan pengendalian penatagunaan tanah/tata ruang berbentuk petunjuk penggunaan, perizinan, dan larangan misalnya:

a. Izin lokasi (izin untuk membeli/memperoleh tanah untuk usaha);
b. Izin perubahan penggunaan tanah;
c. Pembatasan sawah irigasi teknis ke penggunaan non pertanian;

d. Pembatasan KDB (Koefisien Dasar Bangunan/*Building Covered Ratio*);
e. Pembatasan ketinggian bangunan dan KLB (Koefisien Lantai Bangunan/*floor area ratio*);
f. Batasan Luas kaveling maksimum dan minimum;
g. Pengaturan kerapatan antar bangunan;
h. Pengaturan sempadan bangunan;
i. IMB dan IPB (izin pemanfaatan bangunan);
j. Izin UUG/HO (Undang-undang gangguan/*Hinder Ordonantie*).

Pengaturan Pengendalian perencaan fisik penggunaan tanah di berbagai Negara memiliki sistem dan konsep yang berbeda-beda, pengaturan pengendalian yang diterapkan di Amerika mengenai pengendalian penggunaan tanah dalam perencanaan fisik dapat disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Peraturan Pengendalian Perencanaan Fisik

No	Peraturan	Aspek Yang Dikendalikan
1	Pengavelingan (*Sub Division*)	- Pemecahan bidang tanah - Desain rencana tapak (site plan) - Standar lebar jalan - Desain persimpangan jalan - Ruang untuk bangunan dan jaringan utilitas - Saluran pembuangan air - Saluran pembuangan air hujan dan limbah
2	Zoning	- Jenis penggunaan tanah - Intensitas penggunaan tanah; kepadatan bangunan, sempadan jalan, KDB, KLB, ketinggian bangunan - Parkir kendaraan
3	Peraturan perumahan (*Housing code*)	- Standar kelayakan rumah tinggal: bahan bangunan, pencahayaan, sirkulasi - Pembatasan jumlah penghuni
4	Peraturan bangunan	- Kualitas bahan bangunan - Standar pipa - Peralatan teknis

Sumber : Sadyohutomo, 2009

C. Kawasan Preservasi Kotagede

Kota Yogyakarta termasuk dalam Kota Orde I yang merupakan ibukota dari Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta. Kota Yogyakarta memiliki peran sebagai kota pariwisata karena memiliki nilai historis dan estetis yang tinggi. Secara fisik (*estetis*) maupun sejarah budaya (*historis*), banyak kawasan yang perlu dilakukan preservasi untuk menjaga nilai-nilai tersebut. Salah satu kawasan di Kota Yogyakarta yang perlu dilakukan preservasi adalah Kawasan Kotagede. Kotagede merupakan salah satu kecamatan di Kota Yogyakarta yang awalnya adalah sebuah kota lama dari abad ke-16. Nilai sejarah dan budaya yang tumbuh pada abad 16 memberikan nilai pada bangunan-bangunan di kawasan Sifat kekotaannya tetap terpelihara, yaitu kehidupan ekonominya tetap bersifat non-agraris seperti kerajinan, pertukangan, perdagangan dan usaha-usaha sejenisnya yang dahulu menjadi bagian dari kehidupan istana hidup terus menjadi profesi-profesi bebas sehingga fungsi politik Kotagede berubah menjadi fungsi pasar. (Djoko Soekiman, 1993).

Tata guna tanah merupakan pola penggunaan tanah yang berfungsi untuk mengetahui struktur tata ruang yang ada di wilayah studi. Penggunaan tanah eksisting pada kawasan Kotagede berupa permukiman, perdagangan, jasa, pemerintahan dan perkantoran, kesehatan, pendidikan, industri dan pergudangan serta ruang terbuka hijau dan lapangan voli. Data mengenai penggunaan tanah di Kotagede dapat disajikan pada tabel 2.

Tabel 2.Eksisting Penggunaan Tanah di Kawasan Kotagede

Penggunaan Tanah	Luas (m^2)
Permukiman	54.610,03
Perdagangan	45.615,91
Jasa	8.385,97
Pemerintahan dan perkantoran	2.987,75
Kesehatan	7.703,53

Penggunaan Tanah	Luas (m^2)
Pendidikan	16.812,08
Industri dan Pergudangan	4.139,19
Peribadatan	2.472,24
RTH	7.843,86
Jumlah	150.570,59

Sumber: Survei Lapangan, 2015 dan Data Potensi Desa, 2014

Kotagede yang memiliki luas 220 ha juga dimanfaatkan sebagai pusat ekonomi, sosial dan budaya pada masa pemerintahan Sutawijaya. Kotagede yang didirikan pada abad ke-16 merupakan salah satu kota Jawa yang menganut prinsip penataan "Catur Gatra Tunggal", yaitu empat komponen dalam satu kesatuan. Keunikan Kotagede nampak melalui kampung-kampungnya dengan bangunan-bangunan bersejarah berarsitektur tradisional dan gang-gang sempit serta jalan 'rukunan' yang terbentuk dari deretan halaman rumah-rumah yang ada.

Pola jalan merupakan kerangka lingkungan, sehingga bentuk luar menjadi pengisi kerangka tersebut. Keunikan Kotagede nampak melalui deretan-deretan bangunan yang memiliki ciri khas khusus. Baik ciri bangunan Indisch, bangunan rumah tradisional Jawa, rumah Kalang, maupun rumah kampung biasa. Rumah-rumah di kawasan ini dibangun sejak ratusan tahun yang lalu. Hal ini menunjukkan bahwa Kotagede sejak lama telah memiliki kemampuan tinggi untuk membangun rumah tradisional yang khas. Komponen-komponen kota dibangun secara bertahap diawali dengan pembangunan hunian penduduk.

Sebagai kawasan tradisional tertua di Yogyakarta, Kotagede secara fisik berbeda dengan kawasan-kawasan lain di Daerah Istimewa Yogyakarta. Semula kampung-kampung di Kotagede diwarnai dengan rumah-rumah tradisional dan kemudian rumah-rumah Kalang yang kesemuanya merupakan bangunan satu lantai. Makin lama kepadatan bangunan di Kotagede semakin tinggi, area terbuka atau halaman rumah semakin terbatas. Perkembangan pesat terjadi pada penggal Jalan Mondorakan yang tumbuh menjadi area komersial dengan beberapa bangunan berlantai dua. Selain itu banyak rumah tradisional telah dijual atau berubah bentuk menjadi rumah-rumah modern. Hal ini patut disayangkan dan dikhawatirkan akan menghilangkan nilai sejarah dan budaya Kotagede, sehingga Kotagede akan kehilangan keunikannya.

Sepanjang Jalan Kemasan – Jalan Mandarakan – Jalan Tegal Gendu, didominasi oleh kegiatan perdagangan dan jasa, terutama kegiatan perdagangan kerajinan perak. Karakter tersebut membentuk 'wajah' bentuk luar di sepanjang Jalan Kemasan – Jalan Mandarakan – Jalan Tegal Gendu. Dari waktu ke waktu, Kotagede telah mengalami banyak perubahan yang mengakibatkan pudarnya karakter asli Kotagede. Beberapa hal yang mempengaruhi perubahan tersebut antara lain:

a. Adanya kebutuhan untuk mewadahi kehidupan modern yang menuntut perubahan tata ruang dan desain bangunan sehingga beberapa rumah tradisional telah berganti wajah menjadi rumah 'modern' baik sebagian atau seluruhnya.
b. Adanya kebutuhan ekonomi yang mendorong pemilik rumah untuk menjual sebagian atau seluruh rumahnya sehingga beberapa rumah tradisional telah berpindah ke tempat lain di luar Kotagede dan dengan bangunan non-tradisional.
c. Adanya bencana gempa bumi Mei 2006 lalu telah menyebabkan banyak rumah roboh dan rusak sehingga perlu segera diperbaiki atau dibangun kembali.

Adanya perubahan fisik dan non fisik di kawasan Kotagede ternyata juga memberikan dampak pada potensi dan juga permasalahan, diantaranya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Potensi dan Permasalahan Fisik dan Non Fisik di Kawasan Kotagede

Aspek	Potensi	Permasalahan
Fisik	▪ Masih terdapat beberapa peninggalan kerajaan berupa bangunan-bangunan dengan arsitektur tradisional	▪ Banyak bangunan tradisional dalam kondisi rusak ▪ Muncul bangunan-bangunan baru yang modern ▪ Sirkulasi kendaraan bermotor terkadang terhambat karena sempitnya jalan, parkir *on street* ▪ Tidak ada fasilitas pejalan kaki yang nyaman ▪ Banyak fasilitas penunjang dalam kondisi kurang terawat dan kurang memenuhi kebutuhan yang ada (*Signage*, *street furniture*) ▪ Utilitas yang ada sudah memenuhi kebutuhan masyarakat akan tetapi secara visual kurang baik
Non fisik	▪ Terdapat Industri kerajinan perak yang merupakan industri rakyat setempat	▪ Perkembangan industri perak mulai menurun ▪ Masyarakat kurang peduli terhadap peninggalan yang memiliki nilai historis

Sumber: Hasil Analisis, 2015

D. Zoning sebagai Pengendali Penataan Ruang di Kawasan Kotagede

Arahan konsep zoning yang dikemukakan adalah dengan mengkaji kondisi faktual beserta kecenderungannya terhadap arahan rencana kota, tidak menutup kemungkinan juga landasan pemikiran-pemikiran yang melatarbelakangi, aspek sejarah, aspek karakteristik yang spesifik, ketentuan yang berlaku, serta teori-teori yang relevan terhadap masalah yang terjadi.Adapun konsep pengendali yang dirumuskan meliputi konsep yang berkaitan dengan penggunaan tanah, perpetakan tanah, infrastruktur bangunan dan lingkungan, dan unsur penunjang bangunan yang disertai dengan strategi percepatan perwujudan tata bangunan yang terarah berdasarkan standar dan model perencanaan bangunan dan lingkungan.

Konsep penggunaan tanah pada Kawasan Kotagede selain mengikuti arahan dalam struktur tata ruang kota dan juga arahan dari Penyusunan Pedoman Penataan Bangunan Kawasan Kotagede juga memperhatikan kecenderungan perkembangan guna tanah yang telah terjadi. Arahan pemanfaatan tanah menurut Penyusunan Pedoman Penataan Bangunan Kawasan Kotagede yang terkait dengan wilayah studi adalah sebagai berikut:

a. Pemanfaatan bangunan dan ruang yang diijinkan di Kawasan Kotagede meliputi: tempat tinggal, perdagangan, industri kecil, fasilitas peribadatan, fasilitas pendidikan, dan fasilitas kesehatan.
b. Kawasan Kotagede diarahkan untuk tidak didirikan bangunan modern/bertingkat dan atau mengubah ruang terbuka hijau.
c. Area seputar pasar diarahkan untuk tetap menjadi perdagangan retail dan dijaga agar tidak menjadi perdagangan grosir karena akan membawa dampak pada sistem sirkulasi dan pola spasial.
d. Jalan Mandarakan – Jalan Tegal Gendu diarahkan sebagai kawasan hunian dagang dalam skala lingkungan agar tidak terjadi perubahan kenampakan kawasan yang mencolok. Suasana yang berkarakter kuat ini juga dapat dimanfaatkan sebagai area show room kerajinan dengan didukung perbaikan sarana dan prasarana transportasi.

Perpetakan tanah adalah unit perpetakan berupa sistem blok perencanaan yang terdiri dari gabungan beberapa persil dan sistem kavling. Pertimbangan untuk menentukan luasan blok perencanaan adalah:

a. Jalan, gang, atau saluran yang berpotensi untuk digunakan sebagai batas fisik blok perencanaan
b. Ketentuan luas kavling minimum yang telah ditetapkan pada setiap wilayah
c. Klasifikasi perpetakan tanah berdasarkan Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor 327/KPTS/M/2002.

Tabel 4 menunjukkan delapan klasifikasi petak peruntukan dan penggal jalan.

Tabel 4. Klasifikasi Perpetakan Tanah

Klasifikasi	Keterangan
I	sistem blok dengan luas tanah di atas 2500 m^2
II	kavling sangat besar dengan luas 1000 – 2.500 m^2
III	kavling besar dengan luas 600 – 1.000 m^2
IV	kavling sedang dengan luas 250 – 600 m^2
V	kavling kecil dengan luas 100 – 250 m^2
VI	kavling sangat kecil dengan luas 50 – 100 m^2
VII	tanpa kavling dengan luas di bawah 50 m^2
VIII	rumah susun/ *flat*

Sumber: Kepmen Kimpraswil No. 327/KPTS/M/2002

Perpetakan tanah yang terdapat pada wilayah studi berupa perumahan, perkantoran, pendidikan, peribadatan, industri/pergudangan, dan ruang terbuka hijau. Perpetakan tanah tersebut dikembangkan dengan sistem kavling atau sistem blok. Adapun pengembangan sistem blok adalah sebagai berikut:

a. Pengembangan dengan sistem blok dilakukan bila ada pihak yang membebaskan seluruh area yang dibatasi secara fisik oleh jalan atau saluran.
b. Bila dalam area yang akan dibebaskan terdapat bangunan yang mempunyai nilai kesejarahan atau nilai arsitektural yang khas, maka pengembangan blok harus diarahkan untuk mempertahankan eksistensi bangunan tersebut.
c. Konsep perpetakan pada kawasan perencanaan diarahkan pada pengembangan kavling menjadi besar dan tetap.

Eksisting perpetakan yang terdapat di Kotagede didominasi oleh petak-petak sedang hingga kecil yang mana bangunan di atasnya didominasi oleh bangunan yang diperuntukkan bagi aktivitas perdagangan dan permukiman. Akan tetapi karena kondisi eksisting perpetakan yang ada tidak menunjukkan kesan rapi dan tertata maka diusulkan bahwa rencana perpetakan yang dapat diterapkan pada Kotagede adalah pengembangan perpetakan dengan sistem blok. Sistem ini terutama diprioritaskan bagi petak–petak bangunan perdagangan dan permukiman yang mana mayoritas bangunan tersebut merupakan bangunan yang dimiliki oleh perseorangan.

Petak bangunan permukiman di Kotagede yang pada eksistingnya berkembang secara sporadis dapat ditata dengan cara dikembangkan melalui sistem blok. Seluruh area permukiman yang ada dibebaskan untuk kemudian disatukan ke dalam blok-blok permukiman. Hal yang perlu diperhatikan dalam pengembangan petak permukiman adalah bahwa untuk masa yang akan datang bangunan permukiman tidak lagi dibangun secara horizontal melainkan dibangun vertikal guna mengantisispasi kelangkaan tanah di perkotaan, khususnya di wilayah perencanaan.

Sedangkan untuk petak – petak yang di atasnya diperuntukkan bagi bangunan industri dan pergudangan di Kotagede yang pada umumnya juga dimiliki oleh perorangan dapat dikembangkan dengan sistem blok. Sedangkan untuk petak bangunan fasilitas umum seperti perkantoran maupun fasilitas kesehatan diarahkan tetap, karena kecenderungan yang terjadi saat ini dan prediksi di masa yang akan datang bangunan-bangunan tersebut masih mampu memberikan pelayanan sesuai dengan kebutuhan masyarakat. Namun bangunan tersebut tidak diarahkan lebih menonjol dari karakteristik yang akan dikembangkan pada Kotagede yaitu dengan dominasi guna tanah perdagangan dan permukiman. Hal tersebut dilakukan agar bangunan fasilitas umum tidak mencolok dan menimbulkan kesan (*sense of welcoming*) yang berbeda atau bahkan yang salah.

Arahan blok perpetakan tanah ini juga berfungsi untuk mempertahankan eksistensi bangunan. Hal ini dikarenakan kawasan Kotagede banyak terdapat bangunan yang mempunyai nilai kesejarahan atau nilai arsitektural yang dilindungi sehingga upaya untuk mempertahankannya adalah dengan melalukan rencana blok (zoning). Zoning ini disesuaikan dengan kajian penilaian makna bangunan yang kemudian disesuaikan dengan arahan perkembangan kawasan, sehingga kemudian ditetapkan arahan preservasi bangunan yang sesuai. Adapun pembagian blok perpetakan preservasi bangunan kawasan dibagi menjadi beberapa bagian dengan masing-masing cirinya, sebagai berikut:

1. Preservasi
   - perubahan sangat kecil, hanya memerlukan perawatan
2. Rehabilitasi (renovasi)
   - perlunya menjaga bentuk asli bangunan dan menyesuaikan kegunaannya untuk masa yang akan datang
   - perbaikan pada setiap elemen bangunan yang rusak dan perlunya perawatan berkala
   - menambah elemen bangunan *Indische* pada kawasan
   - memberikan keringanan PBB, subsidi, pinjaman.
3. Rekonstruksi
   - dimungkinkan adanya adaptasi namun tidak mengurangi unsur-unsur keaslian elemen fisik lingkungan
4. Restorasi
   - mengganti setiap elemen yang diganti dengan menghilangkan tambahan atau mengganti komponen dengan meterial baru tetapi dengan bentuk sesuai aslinya
5. Adaptasi

- untuk bangunan yang baru dibangun, maka bentuk dan jenis harus sama pada bangunan yang baru dibangun
- ketinggian bangunan harus disesuaikan dengan bangunan di sampingnya

6. Bangunan baru
   - apabila terdapat bangunan baru, maka bangunan tersebut harus disesuaikan dengan bangunan lama yang sudah ada
   - bangunan baru tidak dianjurkan melebihi KLB dari kebijakan yang sudah ada sebelumnya
   - adanya keharmonisan bangunan dalam hal ukuran, skala, bentuk, hingga material dan detil bangunan baru dengan bangunan lama

E. Konsep Zoning dalam Penataan Guna Tanah

Kota dapat dipandang sebagai *man-made object as total architecture*, berupa konsentrasi elemen-elemen fisik spasial yang selalu tumbuh dan berkembang (Rossi, 1982). Elemen-elemen fisik tersebut terbentuk karena adanya fungsi-fungsi kegiatan yang berlangsung dalam suatu kota, yang meliputi aktifitas ekonomi, sosial dalam suatu kesatuan tingkah laku kultural dan ritual masyarakat. Perkembangan kota yang sedemikian pesat semakin dirasakan bahwa beban daya dukung perkotaan akan fungsi dan aktivitas manusia di perkotaan semakin berat. Karena akumulasi aktifitas yang semakin tinggi di pusat kota, mengakibatkan semakin tingginya aksesibilitas, serta terasa bangunan semakin tinggi sehingga apabila fenomena seperti ini tidak diantisipasi akan memberikan dampak negatif pada kualitas fisik lingkungan binaan secara umum, baik yang menyangkut kehidupan alam, fisik arsitektural, maupun aspek kehidupan sosial-budaya masyarakat kota. Oleh sebab itu, dalam pengelolaan lingkungan fisik kota perlu dilakukan pendekatan yang terpadu, yakni pendekatan perancangan kota dengan memperhatikan seluruh aspek fisik dan non fisik kehidupan kota.

Pengembangan kota melalui proses formal (melalui proses perencanaan dan perancangan) merupakan suatu usaha untuk menciptakan lingkungan fisik kota yang sesuai dengan tuntutan perkembangan fisik spasial maupun perkembangan non-fisik (sosial-budaya, ekonomi, dan politik). Produk perancangan kota harus dapat berfungsi sebagai arahan kebijaksanaan perkembangan, pedoman rancang bangun elemen kota, serta sebagai pranata pengendali yang sesuai dengan konteks perkembangan kawasan kota. Rancangan kota sebagai pranata pengendali kawasan kota, dituntut sebagai bentuk pengendali yang bersifat operasional dan spesifik sesuai dengan karakteristik tiap kawasan atau bagian wilayah kota.

Penatagunaan tanah sebagai bagian dari manajemen pertanahan (*land manajemen*) merupakan sub sistem dari penataan ruang. Istilah penatagunaan tanah diartikan sebagai usaha untuk menata penggunaan tanah. Penatagunaan tanah adalah bentuk kegiatan dari tataguna tanah yang merupakan bagian dari proses pemanfaatan ruang dalam rangka penataan ruang. Sesuai dengan UU 26 Tahun 2007 Pasal 33 yang berbunyi :

1) Pemanfaatan ruang mengacu pada fungsi ruang yang ditetapkan dalam rencana tata ruang dilaksanakan dengan mengembangkan penatagunaan tanah, penatagunaan air, penatagunaan udara, dan penatagunaan sumber daya alam lain.
2) Dalam rangka pengembangan penatagunaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diselenggarakan kegiatan penyusunan dan penetapan neraca penatagunaan tanah, neraca penatagunaan sumber daya air, neraca penatagunaan udara, dan neraca penatagunaan sumber daya alam lain.
3) Penatagunaan tanah pada ruang yang direncanakan untuk pembangunan prasarana dan sarana bagi kepentingan umum memberikan hak prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah untuk menerima pengalihan hak atas tanah dari pemegang hak atas tanah.
4) Dalam pemanfaatan ruang pada ruang yang berfungsi lindung, diberikan prioritas pertama bagi Pemerintah dan pemerintah daerah untuk menerima pengalihan hak atas tanah dari pemegang hak atas tanah jika yang bersangkutan akan melepaskan haknya.
5) Ketentuan lebih lanjut mengenai penatagunaan tanah, penatagunaan air, penatagunaan udara, dan penatagunaan sumber daya alam lainnya sebagaimana dimaksud pada ayat (1) diatur dengan peraturan pemerintah.
6) Walaupun penatagunaan tanah disebutkan sebagai bagian dari proses kedua dari penataan ruang, yaitu proses pemanfaatan ruang, akan tetapi prakteknya tidak terlepas dari proses ke satu (perencanaan tata ruang) dan proses ketiga (pengendalian pemanfaatan ruang).

Perencanaan tata guna tanah merupakan inti praktek perencanaan perkotaan. Sesuai dengan kedudukannya dalam perencanaan fungsional, perencanaan tata guna tanah merupakan kunci untuk mengarahkan pembangunan kota. Oleh karena adanya berbagai asumsi-asumsi mengenai pengembangan tata guna tanah yang tidak sama maka sering timbul masalah- masalah yang berkaitan dengan penggunaan tanah itu sendiri. Persoalan yang sering timbul adalah mengenai hak milik pribadi dan tidak adanya kesepakatan penggunaan tanah bagi kepentingan umum.

Perencanaan guna tanah sebenarnya merupakan pokok masalah perencanaan kota (*urban planning*), sesuai dengan kedudukannya sebagai perencanaan fungsional yang berfungsi sebagai pengarah pembangunan kota. Aspek-aspek yang menentukan perencanaan guna tanah adalah unsur-unsur aktifitas, manusia atau masyarakat, dan lokasi. Rencana guna tanah menyangkut kebijaksanaan-kebijaksanaan pengembangan, pedoman atau aturan pemanfaatan yang tertuang dalam peta-peta rencana penggunaan ruang kota baik secara umum maupun terperinci, dengan penetapan penggunaan ruang pada suatu wilayah tertentu.

Tata guna tanah dalam perancangan kota tidak hanya mengatur pemanfaatan ruang kota (tanah) secara horizontal, tetapi juga mengatur pemanfaatan ruang secara vertikal, agar pemanfaatan ruang kota dapat optimal dan terkendali. Karena pada prinsipnya perancangan kota adalah merupakan perancangan fisik ruang atau lingkungan kawasan kota, yang di dalamnya memuat pranata pengendaliannya. Sehingga aspek pengendalian dalam perancangan kota (*urban design*) merupakan suatu keharusan yang menjamin terwujudnya rancangan suatu kawasan.Rencana tata guna tanah yang merupakan arahan penggunaan ruang kota, di dalamnya ditentukan penggunaan (fungsi) ruang kota, kepadatan, dan intensitas kategori penggunaan, dengan kata lain rencana tata guna tanah berkaitan dengan zoning atau mintakat suatu kawasan kota.

Pengertian Zoning (pendaerahan/mintakat) berasal dari kata zone yang berarti bagian dari suatu daerah atau wilayah yang terpisah dari wilayah lain yang didasarkan atas macam penggunaan atau peruntukan tanah. Penggunaan Zoning dalam perencanaan kota dimaksudkan sebagai peraturan yang sah dalam penggunaan tanah sebagai penerapan dari usaha memelihara ketertiban guna melindungi masyarakat serta menjaga kebutuhan kehidupan di perkotaan. Peraturan Zoning juga memuat ketentuan-ketentuan untuk penggunaan, kepemilikan, dan penentuan batas-batas cakupan bangunan di dalam ruang kota (lahan kota). Perencanaan Zoning dibuat melalui suatu studi yang mendalam dan komperehensif dari aspek-aspek yang terkait dengan ketentuan perencanaan, kemudian secara hukum disahkan oleh pemerintah dalam bentuk peraturan-peraturan Zoning, yang berfungsi sebagai perangkat pengendali perkembangan pemanfaatan ruang kota. Sebagai perangkat pengendali, seringkali dalam praktek di lapangan ada benturan antara peraturan Zoning yang ada dengan implementasi fisik di lapangan, sehingga dalam pelaksanaan peraturan Zoning harus selalu dilakukan pengawasan. Meskipun peraturan Zoning sudah memiliki kekuatan hukum yang mengikat, dengan pertimbangan tertentu masih dimungkinkan adanya perubahan dalam Zoning (Catanese, 1989).

Pertimbangan perubahan tata guna tanah tersebut dapat disebabkan karena situasi lingkungan alam, kondisi lingkungan binaan yang ada, atau karena kebutuhan yang belum jelas pada saat peraturan Zoning ditetapkan. Perubahan tersebut dapat juga dikarenakan pertimbangan batas-batas Zoning tidak dapat menyelesaikan permasalahan kebutuhan dan kebebasan ruang gerak bagi pemikiran baru atas kemajuan teknologi. Untuk menyesuaikan dengan perkembangan, ketentuan mengenai tata guna tanah dievaluasi setiap 5 tahun untuk lebih menyesuaikan dengan perkembangan kota. Perlu diperhatikan bahwa perubahan ketentuan Zoning harus melalui prosedur formal, dengan pertimbangan-pertimbangan antara lain (Catanese, 1989):

a. Tidak merugikan masyarakat banyak
b. Merupakan tuntutan kebutuhan masyarakat yang sangat mendesak
c. Untuk melindungi lingkungan yang harus dilestarikan
d. Pada dasarnya tidak bertentangan dengan rencana induk yang telah disahkan

Zoning sebagai produk perencanaan kota harus mampu berperan sebagai pengendali (*guidelines*) perkembangan kota. Hamid Shirvani (1985) mengemukakan *guidelines* dibuat untuk mengatasi perkembangan rencana yang ada, yang ditujukan untuk mengarahkan bentuk fisik kota. *Guidelines* sifatnya spesifik dan lebih menjamin kualitas ruang kota skala mikro. Hingga saat ini belum ada ketentuan baku tentang pembuatan *guidelines*, namun dengan melihat lingkup skala mikro,

maka *guidelines* merupakan kerangka desain pada tingkat distrik, jalan, dan pada skala proyek tertentu.

F. Kesimpulan

Desakan pertumbuhan dan perpindahan penduduk di Kota, pertumbuhan ekonomi dan pemenuhan kebutuhan sarana prasarana fisik didaerah kota tentunya berdampak pada kebutuhan akan tanah dan ruang yang semakin hari harganya semakin mahal dan ketersediaanya semakin terbatas. Kompleksitas permasalahan berbagai kepentingan dan kebutuhan dengan ketersediaan tanah seringkali berdampak buruk terhadap pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang yang telah ditetapkan sehingga ruang yang ada menjadi tidak teratur, tidak sesuai dan dikhawatirkan terjadi ketidaksinambungan yang akhirnya berujung pada timbulnya bencana serta *slum area* di daerah kota.

Zonasi sebagai kontrol terhadap pemanfaatan ruang dan penggunaan tanah tentunya menjadi bagian penting dalam sebuah pengendalian perencanaan tata ruang. Konsep ini dapat diterapkan sebagai pengendali perencanaan ruang apabila dituangkan dalam wujud peraturan yang mengikat sehingga penggunaan tanah dan pemanfaatan ruang yang menyimpang dapat diminimalisisr dan dicegah. Kotagede sebagai kawasan preservasi budaya yang menyimpan nilai sejarah, nilai ekonomi dan nilai budaya yang tak ternilai harganya tentunya membutuhkan penanganan khusus untuk perlindungan kawasan ini. Zoning yang dilakukan pada kawasan preservasi Kotagede merupakan *guideline* (pedoman) untuk mengendalikan terjadinya desain dan konstruksi baru yang tidak sesuai dan merusak karakter bangunan atau lingkungan lama. Pedoman dapat berupa pengendalian terhadap ketinggian bangunan, bahan, set back, proporsi, gaya arsitektur, atau perpetakan lahan. Zoning pada kawasan preservasi Kotagede dapat diberlakukan dengan batasan-batasan tambahan secara khusus berkaitan dengan penggunaan dan konstruksi baru yang diijinkan. Beberapa keuntungan melalui zoning dalam tujuan untuk preservasi kawasan Kotagede adalah untuk memperkaya hasrat kontinuitas, yang berarti memberi kaitan dengan masa lalu serta memberi pilihan untuk tinggal dan bekerja di samping lingkungan modern. Zoning yang telah ditetapkan juga bermanfaat untuk mewariskan arsitektur dan sebagai asset komersial dalam kegiatan wisata khususnya di kawasan Kotagede.

G. Daftar Pustaka

Bradstock Ross, 2014. "Countervailing Effects of Urbanization and Vegetation Extent on Fire Frequency on the Wildland Urban Interface: Disentangling Fuel and Ignition Effects", Landscape and Urban Planning, Elsevier, Vol. 130, Pages 81 – 88.

Bintarto, R. 1977. *Pengantar Geografi Kota.*Yogyakarta, U.P. Spring.

Budiharjo, Eko. 1997. *Tata Ruang Perkotaan*. Alumni: Bandung

Cadwallader, M.T. 1985. *Analytical Urban Geography*; *Spatial pattern and Theories*. New Jersey: Prentice Hall.

Catanese, Anthony J. 1989. *Perencanaan Kota.* Jakarta: Erlangga

Citra GeoEye Kawasan Kotagede, Yogyakarta, 2014.

Ding Chengri, Kung Lai Shih, Wang Ming-Shen, 2012. "Global Urbanization and Urban Management", Journal of Urban Management, Vol. 1, No. 1, pages 1 – 2.

Djoko Soekiman, 1993. *Kotagede.* Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.

Higano Yoshiro, 2013. "Reflections on Theories of Social Optimization and Their Relevance for Future City Management in Japan", Journal of Urban Management, Vol. 2, No. 1, pages 67 – 83.

Kostof, Spiro.1991. *The City Shaped : Urban Patterns and Meanings Through History*. Little, Brown and Company.

Rossi, Aldo. 1982. *Architecture of the City*. The MIT Press.London: England

Rupprecht D. Christoph, Byrne Jason, 2014. "Informal Urban Greenspace; A Typology and Trilingual Systematic Review of its Role for Urban Residents and Trends in the Literature", Urban Forestry and Urban Grenning, Vol 13, Issue, Pages 597-611.

Sadyohutomo, Multono. 2008. *Manajemen Kota dan Wilayah Realita dan Tantangan*. Bhumi Aksara.

Shackleton Chema, Chinymba Abby, 2015. "Multiple Benefit and Values Of Tress In Urban Lanscapes In Two Towns In Northern South

Africa", Landscape and Urban Planning, Elsevier, Vol. 136, Pages 76 – 86.

Shirvani, Hamid. 1985. *The Urban Design Process*. Van Nostrand Reinhold Company: New York.

Yunus, H.S. 2001. *Struktur Tata Ruang Kota*. Pustaka Pelajar.

Yunus, H.S. 2005. *Manajemen Kota Perpektif Spasial*. Pustaka Pelajar.

Peraturan Perundang-undangan:

Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Tata Enam Pedoman Bidang Penataan Ruang.

Ruang.

Undang-undang Nomor 11 Tahun 2010 tentang Cagar Budaya.

Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota.

Keputusan Menteri Permukiman dan Prasarana Wilayah Nomor 327/KPTS/M/2002 tentang Penetapan

Pengukuran Monitoring Jembatan Penggaron Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6

Fauzi Janu Amarrohman, S.T. M.Eng.[a*], Ir. Bambang Sudarsono, MS.,[b] Nur Rizal Adhi Nugroho[c]

[a,] Staff Pengajar Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (fauzi_geodesi06@yahoo.co.id)
[b,] Staff Pengajar Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (bambang_f220@yahoo.com)

ABSTRACT

The bridge is one of the infrastructure to support the land transportation over rivers, roads, drains, and others to crossing. Most bridges infrastructure damage caused by natural circumstances, the chemical process in the components of the bridge, natural disasters, or age of the bridge. It is therefore necessary periodic monitoring using GPS technology that enables to implementation of the observation system at regular intervals in order to obtain accurate data on the movement and deformation structure on a bridge. So that any adverse conditions that may occur on the bridge can be minimized and detected early. In this study, the main data is direct measurements in Penggaron Bridge area. The deformation measurement method using GPS static survey. Deformation survey during the period 2015 until 2016. The GPS data processing use GAMIT version 10.6. The results of this study are GPS survey data in April, May and June 2016 observed that the Bridges Penggaron control point's has deformations the coordinates of the starts point coordinates 2015. The average rate of the coordinates deformation in three-dimensional cartesian coordinate system on the axis n = 16.091 mm, e = 28.976 mm axis and the axis u = 9.0610 mm.

Keywords Penggaron Bridges, Deformation, GPS, GAMIT 10.6

Pendahuluan

Latar Belakang

Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk menyeberangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan dibangun untuk penyeberangan pejalan kaki, kendaraan atau kereta api di atas halangan. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (*traffic flows*). Oleh karena itu, jembatan memerlukan pemeliharan secara berkala agar bangunan tersebut dapat berfungsi secara normal, sehingga memberi manfaat yang sesuai dengan rencana teknis dan efektif sepanjang umur bangunan tersebut.

Jembatan juga mengalami deformasi seperti bangunan teknik yang lainnya. Dimana bangunan jembatan dalam fungsinya akan mendapatkan tekanan baik dari lalu lintas kendaraan maupun dari kondisi tanah sekitarnya sehingga mengalami perubahan posisi maupun bentuk. Deformasi adalah perubahan bentuk, posisi, dan dimensi dari suatu benda (Kuang, 1996). Deformasi dapat diartikan sebagai perubahan kedudukan atau pergerakan suatu titik pada suatu benda secara absolut apabila dikaji dari perilaku gerakan titik itu sendiri, sedangkan relatif apabila gerakan itu dikaji dari titik yang lain.

Jembatan Penggaron merupakan salah satu jembatan yang terdapat pada ruas jalan tol Semarang-Solo seksi 1. Jembatan ini memiliki panjang rentangan 400 meter sehingga menjadi jembatan kedua terpanjang setelah jembatan Susukan dalam ruas jalan tol Semarang-Solo. Karena jembatan Penggaron memiliki peranan yang cukup penting bagi kehidupan masyarakat, maka diperlukan suatu bentuk pemeliharaan dan perawatan yang memadai guna menghindari kerusakan pada jembatan tersebut. Salah satu bentuk pemeliharaan dan perawatan tersebut adalah dengan melakukan pemantauan deformasi pada jembatan. Pemantauan deformasi pada jembatan harus dilakukan secara berkala dan terus menerus.

Pemantauan secara berkala, dengan metode observasi berulang serta pencatatan mengenai perilaku jembatan dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi peralatan GPS. Data hasil pemantauan tersebut dapat menggambarkan kondisi perubahan posisi maupun bentuk dari suatu jembatan, sehingga gejala-gejala kerusakan yang akan terjadi dapat diketahui secara dini.

Oleh karena itu, pemantauan dan pengolahan data secara teliti diperlukan untuk mendapatkan hasil yang akurat dan dapat menjadi acuan untuk penanganan dan pengelolaan sampai perbaikan kondisi Jembatan Penggaron agar tetap aman digunakan.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana hasil pengamatan GPS pada pengukuran deformasi jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang – Ungaran Km 20 ?
2. Berapa besar pergerakan titik kontrol horizontal yang terjadi pada jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran Km 20 ?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui posisi koordinat titik-titik kontrol GPS pada bangunan utama dan sekitar Jembatan Penggaron di ruas Jalan Tol Semarang-Solo.
2. Membandingkan dengan data hasil pengukuran pada tahun 2015 sehingga dapat dianalisis besaran deformasinya.

Manfaat Penelitian

Dari segi keilmuan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengetahui nilai deformasi bangunan utama Jembatan Tol Penggaron, Semarang. Sehingga dapat dipakai sebagai masukan untuk pemantauan dan perencanaan perbaikan bangunan jembatan secara berkala. Dengan demikian bahaya yang ditimbulkan dari kerusakan yang mungkin terjadi dapat diantisipasi sedini mugkin dan jembatan bisa aman digunakan untuk memperlancar lalulintas.

Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Daerah penelitian adalah jembatan Penggaron di Jalan Tol Semarang-Ungaran Km 20.
2. Pengumpulan data titik kontrol horizontal deformasi jembatan Penggaron dengan melakukan pengukuran GPS Dual Frekuency secara statik.
3. Pengukuran titik-titik pengamatan GPS dilakukan 2 (dua) sesi. Sesi pertama telah dilakukan pada penelitian Tugas Akhir Sanchez Budi Waluyo pada tahun 2015. Sesi kedua direncanakan dilakukan pada penelitian ini.
4. Pengolahan data GPS dilakukan dengan perangkat lunak GAMIT 10.6 dan GLOBK.

Metodologi Penelitian

Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian dilakukan pada area Jembatan Penggaron di Jalan Tol Ungaran-Semarang Km 20. Koordinat titik pengamatan yang digunakan pada pengukuran deformasi Jembatan Penggaron dapat dilihat pada Tabel II.1. berikut.

Tabel II.1. Koordinat titik pengamatan

Titik	**Koordinat UTM (m)**	
	X	**Y**
BMSA	435864.603	9213511.401
BMDU	436017.172	9212608.609
CPSA	436078.752	9212607.895
CPDU	435955.290	9213482.778
TPSA	435927.177	9213091.818
TPDU	435993.828	9213111.699
TPTI	435932.689	9213037.583
TPEM	436028.832	9212975.361

Gambaran lokasi penelitian dan letak titik-titik pengamatan ditampilkan pada Gambar II.1. Berikut.



Gambar 0.1. Lokasi Penelitian

Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data-data sebagai berikut :

1. Data pengamatan GPS titik-titik pengamatan di titik-titik kontrol Jembatan Tol Penggaron pada bulan April, Mei, Juni, tahun 2016. Setiap titik kontrol dilaksanakan pengataman GPS selama 8

Jam, dengan interval waktu perekaman data 10 detik, dan *mask angle* untuk pengamatan satelit adalah 15 derajat.

2. Data RINEX CORS BAKO sebagai titik referensi dalam pengolahan data pengamatan GPS sesuai dengan tanggal pelaksanaan pengamatan titik kontrol.
3. Data pendukung pengolahan GPS pada perangkat lunak GAMIT yaitu : data atmosfer, data orbit teliti, koordinat *fix* titik ikat.

Peralatan Penelitian

Peralatan yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah

1. *Receiver* GPS TopCon Hiper II :Pengamatan titik kontrol
2. GPS Navigasi : Alat bantu navigasi lapangan
3. Laptop/ Komputer : Pengolahan data dan laporan penelitian
4. Perangkat lunak GAMIT 10.6 : Pengolahan data GPS
5. *Operating System* Linux : Pengolahan data GPS
6. *TEQC* : Pengecekan kualitas data GPS
7. *Microsoft Word* : Pelaporan penelitian
8. *Microsoft Excel* : Perhitungan data

Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilaksanakan dengan melakukan pengamatan GPS di lokasi penelitian dan pengumpulan data CORS BAKO sebagai titik referensi pengolahan data deformasi Jembatan Penggaron 2016.

Data Pengamatan GPS

Data Pengamatan GPS yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dengan melakukan pengamatan langsung di lokasi penelitian yaitu pada titik kontrol dengan kode titik dan waktu pengamatan seperti yang ditampilkan pada Tabel II.2 berikut.

Tabel 0.2.Tanggal Pengamatan dan Kode Titik Kontrol

PERIODE	TITIK	TANGGAL	DOY
APRIL 2016	CPSA	23 April 2016	114
	CPDU	23 April 2016	114
	BMSA	23 April 2016	114
	BMDU	23 April 2016	114
	TPSA	23 April 2016	114
	TPDU	23 April 2016	114
	TPTI	23 April 2016	114
	TPEM	23 April 2016	114

Tabel 0.2.Tanggal Pengamatan dan Kode Titik Kontrol (lanjutan)

PERIODE	TITIK	TANGGAL	DOY
MEI 2016	CPSA	21 Mei 2016	142
	CPDU	21 Mei 2016	142
	BMSA	21 Mei 2016	142
	BMDU	21 Mei 2016	142
	TPSA	21 Mei 2016	142
	TPDU	21 Mei 2016	142
	TPTI	21 Mei 2016	142
	TPEM	21 Mei 2016	142
JUNI 2016	CPSA	26 Juni 2016	178
	CPDU	25 Juni 2016	177
	BMSA	25 Juni 2016	177
	BMDU	26 Juni 2016	178

Data Pendukung

Data pendukung adalah data-data sekunder untuk pengolahan data menggunakan *software* GAMIT 10.6. Data tersebut salah satunya adalah data Rinex CORS BAKO yang diperoleh dari instansi Badan Informasi Geospasial di Bogor. Data Rinex disesuaikan dengan tanggal pengamatan titik kontrol jembatan.

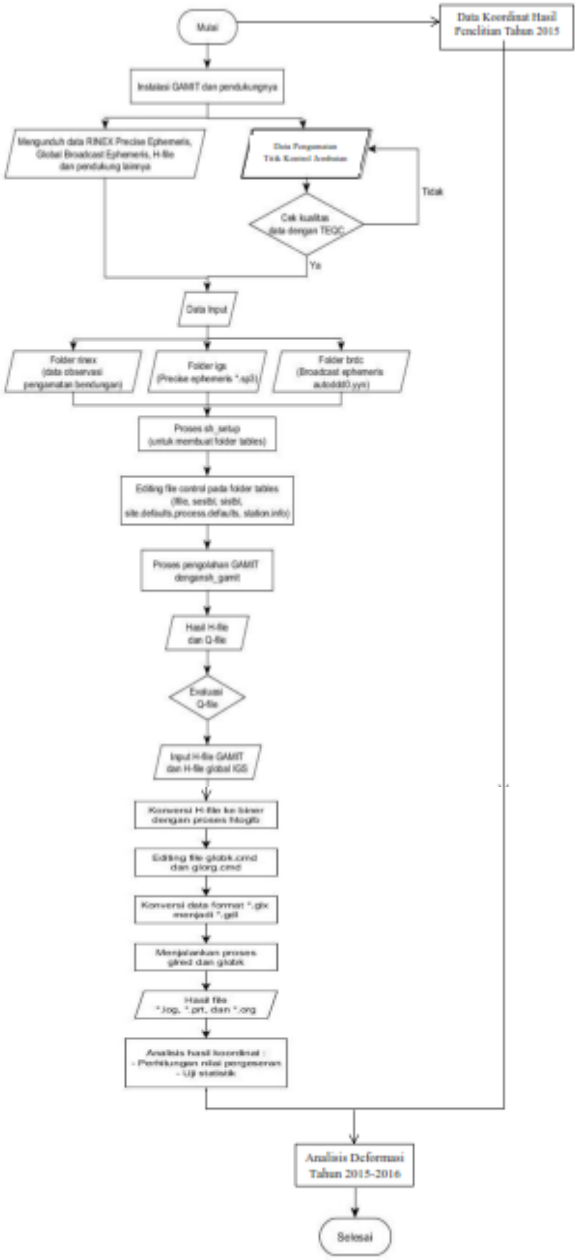
Pelaksanaan Penelitian dan Pengolahan Data

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan kegiatan Survei Pendahuluan, Pemasangan Titik Pengamatan GPS dan pengukuran serta pengolahan GPS sesi 1 telah dilakukan pada penelitian tugas akhir Sanchez Budi Waluyo, mahasiswa Program Studi Teknik Geodesi UNDIP pada tahun 2015.

Sedangkan pada penelitian ini akan dilakukan pengukuran titik-titik pengamatan GPS sesi 2 serta pengolahan data GPS menjadi pergeseran titik-titik pengamatan tersebut. Jika uji statistik hitungan pergeseran titik menyatakan bahwa titik tersebut benar-benar bergeser maka dilanjutkan perhitungan deformasi Jembatan Tol Penggaron, Semarang.

Mengingat Jembatan Tol Penggaron masih relatif baru, maka diperlukan pengamatan deformasi jembatan dalam jangka panjang kurang lebih selama 5 (lima) tahun atau sampai

waktu tertentu ketika sudah tidak terjadi deformasi. Penelitian pengamatan deformasi Jembatan Penggaron direncanakan akan berlanjut hingga beberapa tahun kedepan. Pengukuran GPS dilaksanakan secara periodik hingga beberapa tahun untuk dapat memperoleh hasil pergeseran titik pengamatan yang teruji secara statistik. Diagram Alir penelitian dapat dilihat pada Gambar III.1 Berikut ini.



Gambar III.1. Diagram Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pengecekan Kualitas Data dengan TEQC

Pada pengecekan kualitas data dengan TEQC beberapa parameter hasil pengecekan data pengamatan memenuhi kriteria apabila efek *multipath* MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 m. Hasil pengecekan data pengukuran Jembatan Penggaron diperoleh bahwa nilai *moving average* MP1 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,727 m dan *moving average* MP2 memiliki nilai rata-rata sebesar 0,774 m.

Nilai dari MP1 dan MP2 diperoleh bahwa ada beberapa titik pengamatan yang berada diluar standar yaitu lebih besar dari 0,5 m, karena hasil perekaman juga tergantung dari obstruksi di sekitar daerah titik pengamatan, namun dalam pengolahan selanjutnya masih dapat digunakan karena dalam perangkat lunak GAMIT terdapat parameter estimasi orbit satelit yang dapat digunakan untuk mengkoreksi data *RINEX* titik pengamatan.

Hasil Pengolahan GAMIT 10.6 dan GLOBK

Hasil dari pengolahan GLOBK pada DOY 114, 142, 177, dan 178 adalah nilai koordinat beserta simpangan bakunya dapat dilihat pada Tabel IV.1, Tabel IV.2, dan Tabel IV.3.

Tabel 0.1. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode April 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D (m)			Simpangan Baku (m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
BMSA	-2208344,191	5931973,913	-784786,387	0,004	0,008	0,003
BMDU	-2208442,734	5931804,415	-785681,118	0,007	0,009	0,006
CPSA	-2208501,455	5931785,571	-785682,265	0,008	0,009	0,006
CPDU	-2208427,518	5931937,831	-784814,648	0,005	0,008	0,004
TPSA	-2208372,400	5931871,752	-785198,653	0,005	0,008	0,004
TPDU	-2208430,240	5931835,939	-785177,034	0,006	0,008	0,004
TPTI	-2208375,404	5931864,230	-785252,596	0,005	0,008	0,003
TPEM	-2208449,898	5931788,850	-785309,867	0,006	0,008	0,004

Tabel 0.2. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode Mei 2016

Titik	Koordinat Kartesian 3D (m)			Simpangan Baku (m)		
	X	Y	Z	X	Y	Z
BMSA	-2208344,145	5931973,773	-784786,359	0,004	0,007	0,003
BMDU	-2208442,767	5931804,466	-785681,108	0,007	0,009	0,005
CPSA	-2208501,632	5931785,676	-785682,258	0,009	0,009	0,007
CPDU	-2208427,585	5931937,889	-784814,659	0,005	0,008	0,003
TPSA	-2208372,329	5931871,578	-785198,614	0,006	0,008	0,004
TPDU	-2208430,319	5931836,115	-785177,053	0,006	0,008	0,004
TPTI	-2208375,359	5931864,063	-785252,564	0,005	0,007	0,003
TPEM	-2208450,116	5931789,340	-785309,952	0,005	0,008	0,003

Tabel 0.3. Koordinat Kartesian 3D dan Simpangan Baku Periode Juni 2016

Titik	Koordinat Kartesian (m)			Simpangan Baku (m)		
	X	Y	Z	x	y	z
BMSA	-2208344,215	5931973,996	-784786,382	0,005	0,008	0,004
BMDU	-2208442,820	5931804,670	-785681,149	0,009	0,009	0,007
CPSA	-2208501,460	5931785,736	-785682,272	0,009	0,009	0,008
CPDU	-2208427,557	5931937,909	-784814,664	0,006	0,009	0,004

Hasil Perhitungan Deformasi Titik Pengamatan

Hasil perhitungan deformasi yang sudah dikonversi koordinat toposentrik dari geodetik dapat dilihat pada Tabel IV.5., Tabel IV.6. dan Tabel IV.7.

Tabel 0.5. Koordinat Toposentrik Juli 2015 - April 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	n	e	u
BMSA	-0,019484	0,022619	-0,014650
BMDU	-0,019279	0,016557	0,021920
CPSA	-0,022970	0,014339	0,022890
CPDU	-0,009197	0,011778	0,002004
TPSA	-0,031542	0,039611	0,059103
TPDU	-0,019555	0,021025	0,035235
TPTI	-0,032616	0,037184	-0,023030
TPEM	-0,026888	0,053508	0,124272

Tabel 0.6. Koordinat Toposentrik Juli 2015 - Mei 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	n	e	u
BMSA	-0,010238	0,028799	0,021424
BMDU	-0,001607	0,030612	0,017479
CPSA	0,004225	0,143345	0,048661
CPDU	-0,010371	0,053636	0,003385
TPSA	-0,015928	0,033564	0,099553
TPDU	-0,014445	0,034101	-0,000540
TPTI	-0,021670	0,053474	0,023241
TPEM	-0,044990	0,086882	0,019626

Tabel 0.7. Koordinat Toposentrik Juli 2015 - Juni 2016

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	n	e	u
BMSA	-0,003951	0,016243	-0,03464
BMDU	-0,017017	0,008412	-0,04017
CPSA	-0,010152	-0,038089	-0,03308
CPDU	-0,013698	0,020627	-0,01367

Dalam penelitian ini, arah pergeseran horizontal terfokus pada jarak dari nilai pergeseran yang diolah. Nilai pergeseran tersebut dapat bernilai minus (-) atau plus (+) yang dapat mempengaruhi dari arah pergeseran.

Analisis Pergeseran

Hasil hitungan uji statistik nilai t disajikan pada Tabel IV.8. dan Tabel IV.9. dan Tabel IV.10. berikut ini.

Tabel 0.8. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode April 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
BMSA	0,029853883	0,009771	3,055291	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,025413403	0,011952	2,126266	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,027078205	0,012554	2,156935	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,014943439	0,01024	1,459294	1,96	Diterima	Tidak
TPSA	0,050635205	0,010515	4,815718	1,96	Ditolak	Ya
TPDU	0,028713058	0,010832	2,650754	1,96	Ditolak	Ya
TPTI	0,04946172	0,009698	5,100415	1,96	Ditolak	Ya
TPEM	0,059883398	0,01069	5,601599	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 0.9. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Mei 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
BMSA	0,030564916	0,008829	3,461772	1,96	Ditolak	Ya
BMDU	0,030653954	0,011707	2,618415	1,96	Ditolak	Ya
CPSA	0,143407229	0,013972	10,26358	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,054629776	0,009761	5,596884	1,96	Ditolak	Ya
TPSA	0,037152199	0,010613	3,500488	1,96	Ditolak	Ya
TPDU	0,037033999	0,010455	3,542302	1,96	Ditolak	Ya
TPTI	0,057698216	0,009602	6,008976	1,96	Ditolak	Ya
TPEM	0,097839623	0,010382	9,423767	1,96	Ditolak	Ya

Tabel 0.10. Hasil Uji Statistik Pergeseran Titik Periode Juni 2016

Titik	Pij	Std Pij	t hitungan	t tabel	Ho	Pergeseran
BMSA	0,016716902	0,010566	1,58217	1,96	Diterima	Tidak
BMDU	0,018982569	0,013845	1,371051	1,96	Diterima	Tidak
CPSA	0,03941869	0,014029	2,809795	1,96	Ditolak	Ya
CPDU	0,024761091	0,010918	2,268013	1,96	Ditolak	Ya

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel IV.12 s.d. Tabel IV.13 menunjukkan mayoritas titik kontrol Jembatan Penggaron secara statistik mengalami pergeseran dan deformasi karena mempunyai nilai t-hitungan lebih dari nilai t-tabel. Namun beberapa nilai t-hitungan kurang dari t_α yang ditentukan, nilai tersebut menunjukkan bahwa koordinat toposentrik hasil hitungan pada setiap titik tidak mengalami pergeseran secara statistik, tetapi titik mengalami pergeseran secara numeris. Pergeseran pada beberapa titik-titik pengamatan tersebut merupakan suatu pergeseran yang signifikan. Jadi, secara statistik beberapa titik-titik pengamatan mengalami pergeseran.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisis hasil data penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil survei GPS pada bulan April, Mei, dan Juni tahun 2016 teramati bahwa titik-titik kontrol Jembatan Penggaron mengalami perubahan koordinat terhadap titik koordinat tahun 2015. Rata-rata nilai perubahan koordinat dalam sistem koordinat kartesian tiga dimensi pada sumbu n = 16,091 mm, sumbu e = 28,976 mm dan sumbu u = 9,0610 mm.
2. Secara numeris kedelapan titik pengamatan mengalami deformasi, sesuai dengan hasil uji statistik dengan selang kepercayaan 95% dinyatakan bahwa kedelapan titik memiliki pergeseran yang signifikan. Berdasarkan hasil uji statistik tersebut, dapat disimpulkan bahwa titik-titik pengamatan mengalami deformasi.

Saran

Beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Pengamatan deformasi baiknya dilakukan secara berkala agar dapat mengetahui kondisi deformasi yang terjadi.
2. Untuk memperoleh data yang lebih baik, perlu dilakukan perencanaan survei dan strategi pengamatan yang lebih cermat, misalnya dengan durasi pengamatan yang lebih lama.
3. Titik referensi bisa menggunakan titik IGS lain yang lebih banyak untuk memperoleh hasil yang lebih baik dalam hal presisi dan akurasi.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, Hasanudin Zainal, dkk. 2006. *Land Subsidence Characteristics of Bandung Basin (Indonesia) between 2000 and 2005 as Estimated from GPS Surveys*. Jurnal Kongres FIG XXIII. Munich, Germany. October 8-13, 2006.

Abidin, Hasanudin Zainal. 2007. *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.

Adhi Pratama, Rizal. 2013. *Pengamatan Lendutan Vertikal Jembatan Kali Babon dengan Metode Terrestrial Laser Scanner.* Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Herring, T. A., King, R. W., & McClusky, S. C. 2010. *GLOBK Reference Manual*. Departement of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences. Massachussetts Institute of Technology.

Kuang, Shanlong. 1996. *Geodetic Network Analysis and Optimal Design : Concepts and Applications.* Michigan : Ann Arbor Press. Inc

Nur Utomo, Amran. 2013. *Monitoring Pergerakan Struktur Jembatan Di Semarang Berbasis Fotogrametri Jarak Dekat*. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Panuntun, Hidayat. 2012. *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global*. Thessis. Program Studi S-2 Teknik Geomatika Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada : Yogyakarta.

Safi'i, Ayu Nur. 2014. *Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horizontal pada Pengukuran Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan Software GAMIT 10.5.* Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar. 2007. *Jembatan.* Yogyakarta: CV. Beta Offset.

Waluyo, Sanchez Budi. 2015. *Analisis Ketelitian Titik Kontrol Horisontal Pada Pengukuran Deformasi Jembatan Penggaron Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6*. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Klasifikasi Berbasis Objek untuk Identifikasi Kawasan Industri Menggunakan Citra Landsat
(Studi Kasus : Kecamatan Tugu dan Genuk, Kota Semarang)

Ari Setiani [a], Yudo Prasetyo[b], Sawitri Subiyanto[c]

[a] Departemen Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro Semarang (arisetiani.as@gmail.com)
[b] Departemen Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro Semarang (yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id)
[c] Departemen Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro Semarang (sawitrisubiyanto66@gmail.com)

ABSTRACT

The classification methods development in remote sensing has been enormously evolved. One of data classification method envolving is the object based classification. In this research, in order to identify an industrial area using the object based classification, used a Landsat images which is located in Genuk and Tugu sub-district. To identify industry area, this process divided into two processes, first process is segmentation and the second process is classification. In segmentation process, Landsat Imagery is processed by using multiresolution segmentation algorithm. There are three segmentation parameters in this algorithm. Furthermore, the process of classification is to classify the segmentation products that are segmentated into an each class.From segmentation proccess, it was resulted an optimal value for Landsat imagery in Genuk sub-district around 30 in scale parameter, 0.1 in shape parameter and 0.3 in compactness parameter. While the optimal value in Tugu sub-district around 25 in scale parameter, 0.5 in shape parameters, and 0.3 for compactness parameters. The area of industrial and non-industrial resulted for Genuk districts of 492.277 ha for the area of industrial and 2264.334 ha for non indsutri area. While the industrial area of districts Tugu resulted 143.193 Ha and non-industrial area resulted 2865.20 ha.

Keywords *Industry Area, Multiresolution Segmentation Algorithm, object based classification*

Pendahuluan

Latar Belakang

Perkembangan teknologi satelit penginderaan jauh meningkat seiring dengan kemajuan teknologi saat ini. Perkembangan ini meliputi sensor dan wahana satelit yang membawa sensor mencapai orbit sehingga dapat mendeteksi obyek yang berada di permukaan bumi. Kemajuan teknologi ini menuntut para praktisi bidang penginderaan jauh melakukan pengembangan metode-metode ekstraksi citra dengan metode klasifikasi untuk mendapatkan informasi yang tepat dan akurat (Danoedoro, 2012).

Metode klasifikasi digital telah berkembang dengan pesat terutama klasifikasi berbasis objek. Metode klasifikasi ini meminimalkan kelemahan pada klasifikasi berbasis piksel yang masih mengalami efek salt and pepper pada tahap pengklasifikasiannya begitu pula klasifikasi secara visual yang masih bersifat subjektif. Keunggulan dari metode klasifikasi berbasis objek adalah pemisah antar objek yang akurat dan presisi. Selain itu metode ini juga lebih efisien dalam waktu pengerjaan.

Terdapat dua tahapan pada metode klasifikasi berbasis objek yaitu segmentasi dan klasifikasi. Pada tahap segmentasi dilakukan proses pembagian objek – objek kedalam region – region yang ditentukan oleh suatu ukuran yang sama. Pada proses segmentasi ini dapat dilakukan dengan berbagai pendekatan algoritma, salah satu algoritma yang banyak digunakan pada penelitian – penelitian sebelumnya adalah algoritma multiresolusi segmentasi. Berdasarkan konsep segmentasi, untuk mendapatkan hasil segmentasi dengan menggunakan algoritma multiresolusi segmentasi tergantung dari tiga parameter yaitu parameter skala, bentuk dan kekompakkan. Parameter skala digunakan untuk mempengaruhi jumlah segmen yang dihasilkan, semakian besar nilai skala semakin sedikit jumlah segmen yang terbentuk begitu juga sebaliknya semakin kecil nilai skala semakin detail segmen yang terbentuk. Parameter bentuk saling mempengaruhi dengan warna yang ada pada objek begitu pula parameter kekompakkan saling mempengaruhi tingkat kehalusan dari suatu objek.

Ketiga parameter tersebut dapat dikombinasikan sehingga membentuk segmentasi sesuai dengan objek yang diinginkan. Kombinasi parameter ini dilakukan

tidak hanya untuk tutupan lahan saja , namun dapat juga untuk mengidentifikasi tata guna lahan yang ada salah satu contohnya adalah kawasan industri. Dengan menggunakan citra satelit Landsat, Kombinasi ketiga parameter segmentasi tersebut bertujuan untuk mengidentifikasi kawasan industri yang berada di kecamatan Tugu dan Genuk.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kombinasi parameter segmentasi untuk identifikasi kawasan industri ?
2. Bagaimana luas hasil klasifikasi kawasan industri dan non industri menggunakan citra Landsat?

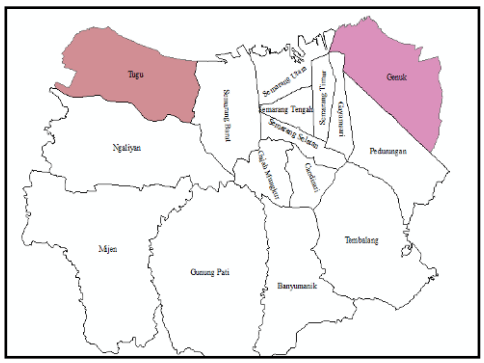
Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

a. Mendapatkan kombinasi parameter segmentasi untuk identifikasi kawasan industri.
b. Mengetahui luas kawasan indsutri yang terbentuk dari hasil klasifikasi antara kawasan industri dan non industri.

Wilayah Penelitian

Wilayah studi penelitian ini terdiri dari dua kecamatan yang ada di kota Semarang, yaitu Kecamatan Tugu dan Genuk.



Gambar 1. Lokasi Penelitian di Kecamatan Tugu dan Genuk

Metodologi

Data dan Alat Penelitian

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah citra Landsat 7 ETM+ Tahun 2007, Citra Quickbird Tahun 2011, Peta RTRW kota Semarang, Peta RBI kota Semarang.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari perangkat keras dan perangkat lunak sebagai berikut :

a. Perangkat keras
   i. Laptop ASUS X450CC Intel® Core™ i5 – 3337U CP @ 1.80GHz (4 CPUs), ~1.8.GHz
   ii. GPS *Handheld*

b. Perangkat Lunak
   i. ECognition 8.9
   ii. ArcGIS 10.0
   iii. ENVI 5.1
   iv. Frame and Fill

Pra Pengolahan Citra Landsat

Pada proses pra pengolahan ini dilakukan beberapa tahapan yang diawali dengan proses *gap and fill*. Proses ini dilakukan akibatnya timbul garis – garis hitam yang tidak terekam oleh sensor satelit (*stripping*) dan meninggalkan gap yang besar, sehingga citra tidak mempunyai nilai spektral pada bagian yang terjadi *stripping*. Cara mengatasi kondisi tersebut adalah melakukan pengisian citra yang mempunyai *gap* dengan citra lainnya menggunakan akuisisi data perekaman yang berbeda. Selanjutnya dilakukan penggabungan *layer* atau band yang ada pada citra tersebut. Setelah itu dilakukan koreksi geometrik yang geometrik bertujuan agar posisi objek yang ada pada citra sesuai dengan posisi yang sebenarnya di muka bumi. Koreksi geometrik dilakukan dengan menggunakan titik kontrol tanah (GCP) sebanyak 10 titik yang tersebar di kota Semarang. Titik – titik GCP sendiri bisa didapatkan peta RBI 1 : 25000 di kota Semarang. Proses terakhir setelah dilakukannya proses koreksi geometrik adalah pemotongan daerah penelitian citra yang akan disegmentasi.

Penyusunan Algortima Segmentasi

Pada penyusunan algoritma segmentasi terdapat algoritma yang dinamakan segmentasi multiresolusi. Pada algoritma tersebut mempunyai tiga parameter, yaitu parameter skala, bentuk dan kekompakkan. Ketiga parameter dilakukan penyusunan kombinasi satu dengan yang lain untuk mendapatkan hasil yang optimal. Penyusunan algoritma tersebut menggunakan pengujian metode korelasi. Metode ini dilakukan dengan cara berulang dalam mencari nilai optimal dari setiap parameter secara satu persatu kemudian dikombinasikan dengan parameter yang lain hingga mendapat parameter yang optimal untuk segmentasi.

Validasi Data Segmentasi

Hasil segmentasi yang sudah dilakukan dievaluasi secara visual dengan kemampuan manusia atau pengguna karena interpetasi manusia adalah cara terbaik untuk mengevaluasi hasil segmentasi. Selain dengan secara visual, dapat pula dilakukan evaluasi dengan validasi data dalam proses segmentasi ini.. Validasi data tersebut menggunakan citra resolusi tinggi yang sudah terkoreksi dengan cara menampalkan hasil segmentasi dengan format .shp pada citra satelit yang ada.

Klasifikasi *Nearest Neighbor*

Klasifikasi bertujuan mengelompokkan objek ke dalam satu jenis kelas yang sama. Kelas yang dibuat terbagi menjadi dua, yaitu kawasan industri dan kawasan non industri. Klasifikasi yang digunakan pada penelitian adalah klasifikasi *nearest neighbour*. Klasifikasi ini menggunakan prinsip bahwa diperlukan *sample* yang tipikal yang mewakili masing – masing kelas. Berdasarkan *sample* ini, algoritma mencari *sample* objek citra terdekat dalam ruang fitur (*feature space*) pada setiap objek citra. Hasil klasifikasi sangat ditentukan oleh ketelitian operator pada saat menentukan *training area*.

Hasil dan Pembahasan

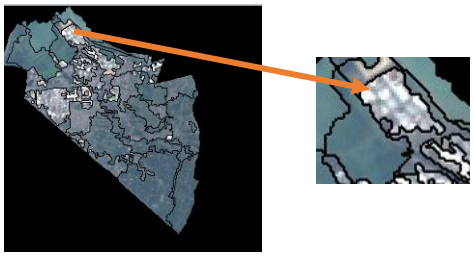
Hasil dan Pembahasan Segmentasi

Hasil dari parameter segmentasi untuk identitfikasi kawasan industri menggunakan citra Landsat pada kecamatan Genuk dan Tugu menghasilkan nilai parameter yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Parameter Segmentasi

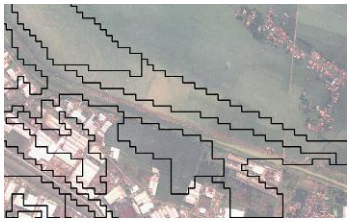
Jenis Citra	Daerah Penelitian	Parameter			Jumlah Objek
Citra Landsat	Genuk	30	0,1	0,3	58
	Tugu	17	0,1	0,5	122

Segmentasi pada citra Landsat menghasilkan segmen yang mampu memisahkan objek dengan cukup baik antara kawasan industri dan non industri seperti pada Gambar 2. Pada kecamatan Genuk, dapat dilihat bahwa segmen-segmen yang berwarna putih yang definisikan sebagai atap kawasan industri menjelaskan kawasan industri dengan cukup jelas. Dengan nilai kombinasi pada Tabel 1. menunjukkan bahwa nilai yang diberikan akan berpengaruh pada bentuk segmen yang terbentuk. Tidak hanya parameter skala yang berperan penting, tetapi parameter bentuk dan kekompakkan juga mempengaruhi hasil segmentasi.



Gambar 2. Segmen Kawasan Industri Kecamatan Genuk

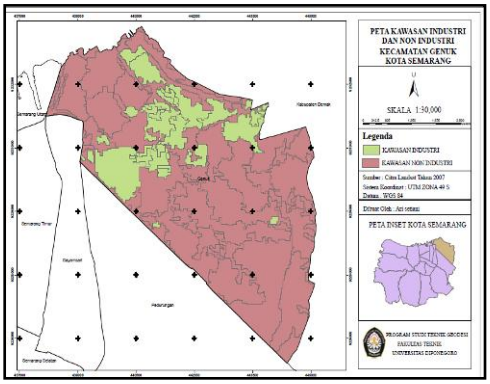
Dari hasil segmentasi tersebut kemudian dilakukan pertampalan dengan citra Quickbird untuk dilakukan validasi data hasil segmentasi dan dapat dilhat bahwa beberapa objek terdapat *undersegmentation* dan *oversegmentation*.. *Undersegmentation* merupakan segmentasi yang mempunyai ukuran poligon lebih kecil dari objeknya, sedangkan *oversegmentation* merupakan segmentasi yang mempunyai ukuran poligon yang melebihi objek (Maksum, 2016). Hal ini dikarenakan beberapa hal, yang pertama adalah input data citra pada penelitian ini menggunakan citra resolusi menengah, yang kedua penentuan heterogenitas/homogenitas objek sehingga menghasilkan hasil seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Citra Landsat *Oversegmentattion*

Hasil dan Pembahasan Klasifikasi

Hasil klasifikasi menunjukkan bahwa pada kecamatan Genuk untuk kawasan industri mempunyai luas sebesar 492,277 Ha dengan presentase sebesar 17,858% sedangkan untuk kawasan non industri yang terdiri dari pemukiman, vegetasi, lahan kosong dan lainnya mempunyai luas sebsar 2264,334 Ha.

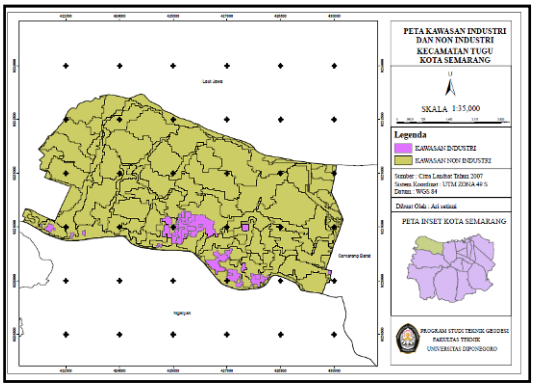


Gambar 4. Hasil Klasifikasi Kecamatan Genuk

Tabel 2. Luas Kawasan Industri dan Non Industri Kecamatan Genuk

Kelas	Luas	
	Ha	%
Kawasan Industri	492,277	17,858
Kawasan Non Industri	2264,334	82,142
Jumlah	2756,611	100

Untuk Kecamatan Tugu Hasil klasifikasi menunjukkan untuk kawasan industri mempunyai luas sebesar 143,193 Ha dengan presentase sebesar 4,759% sedangkan untuk kawasan non industri yang terdiri dari pemukiman, vegetasi, lahan kosong dan lainnya mempunyai luas sebsar 2865,520 Ha.



Gambar 5. Hasil Klasifikasi Kecamatan Tugu

Tabel 3. Luas Kawasan Industri dan Non Industri Kecamatan Tugu

Kelas	Luas	
	Ha	%
Kawasan Industri	143,193	4,759
Kawasan Non Industri	2865,520	95,241
Jumlah	3008.,13	100

Dari hasil luas pada dua kecamatan di atas dapat dilihat bahwa sebaran kawasan indsutri lebih banyak terdapat di wilayah kecamatan Genuk dibandingkan dengan kecamatan Tugu. Setelah klasifikasi selesai, harus dilakukan validasi data ke lapangan agar kelas yang diklasifikasikan sesuai dengan kondisi asli di lapangan. Apabila terdapat kelas yang tidak sesuai maka perlu dilakukan reklasifikasi agar kelas yang terbentuk sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Hasil Uji Akurasi

Proses klasifikasi sudah dilakukan, namun untuk melihat keakuratan dari klasifikasi yang dibuat maka dilakukan perhitungan dengan menggunakan matriks konfusi. Matriks ini dapat menunjukkan penyimpangan dari setiap kelas yang diklasifikasikan.

Hasil dari uji akurasi untuk citra Landsat pada kecamatan Genuk dan Tugu dapat dilihat melalui Tabel 4-5.

Tabel 4. Matrik Konfusi Citra Landsat Kecamatan Genuk

Kelas	Kawasan Industri	Kawasan Non Industri	Jumlah
Kawasan Industri	3	0	3
Kawasan Non Industri	0	3	3
Jumlah	3	3	
Akurasi Pengguna	100%		
Akurasi Pembuat	100%		
Akurasi Keseluruhan	100%		
Akurasi Kappa	100%		

Tabel 5. Matrik Konfusi Citra Landsat Kecamatan Tugu

Kelas	Kawasan Industri	Kawasan Non Industri	Jumlah
Kawasan Industri	3	0	3
Kawasan Non Industri	0	3	3
Jumlah	3	3	
Akurasi Pengguna	100%		
Akurasi Pembuat	100%		
Akurasi Keseluruhan	100%		
Akurasi Kappa	100%		

Dari perhitungan matriks konfusi kedua percobaan, dihasilkan nilai akurasi sebesar 100%. Nilai ini mengartikan bahwa semua kelas dari sampel yang dibuat terklasifikasi sesuai dengan kelasnya. Nilai 100 % ini didapatkan karena pada saat pemilihan *training area* untuk penetapan nilai sampel, sampel yang dipilih merupakan sampel terbaik yang dianggap tepat sebagai kawasan industri dan non industri. Sehingga setiap kelas yang terbentuk masuk kedalam kelas yang dibuat.

Adapun kriteria pemilihan sampel ini dibuat

berdasarkan beberapa kriteria yaitu, pertama pemilihan kawasan industri didefinisikan dengan sebaran warna putih yang merupakan atap dari kawasan industri, selain dari warna tersebut objek-objek yang terbentuk didefinisikan sebagai kawasan non industri. Kemudian yang kedua tidak memilih objek yang berbatasan atau bersebelahan langsung dengan objek lainnya. Lalu pemahaman spasial dari daerah tersebut turut membantu dalam pemilihan sampel dan yang terakhir adalah dilakukannya validasi lapangan sehingga menghasilkan nilai uji akurasi yang baik.

Bagian Kesimpulan dan Saran memuat ringkasan kualitatif yang disimpulkan dari hasil-hasil penelitian ditunjang dengan angka-angka (kuantitatif) seperlunya. Saran-saran untuk penelitian selanjutnya dapat dituliskan setelah bagian kesimpulan. Saran-saran merupakan refleksi dari keterbatasan, masalah, ataupun kekurangan yang tidak bisa dipecahkan dalam penelitian yang sedang berlangsung. Kesimpulan dan saran dituliskan dalam bentuk alinea (bukan dalam bentuk daftar dengan nomor urut) .

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil segmentasi yang dilakukan nilai parameter yang terbentuk untuk identifikasi kawasan industri pada citra Landsat sebesar :
   a. Kecamatan Genuk : 30 untuk parameter skala, 0,1 untuk parameter bentuk dan 0,3 untuk parameter kekompakkaan.
   b. Kecamatan Tugu : 17 untuk parameter skala, 0,1 untuk parameter bentuk dan 0,5 untuk parameter.
2. Hasil klasifikasi dengan menggunakan metode *nearest neighbor* dengan membentuk dua kelas, yaitu kawasan Industri dan non industri menghasilkan luas pada citra Landsat sebesar :
   a. Kecamatan Genuk : Kawasan industri 492,277 Ha dan kawasan non industri 2264,334 Ha.
   b. Kecamatan Tugu : Kawasan industri 143,193 Ha dan kawasan non industri 2865,520 Ha.

Saran

Beberapa saran untuk melakukan penelitian lanjutan adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan hasil segmentasi yang lebih sesuai sebaiknya menggunakan citra satelit beresolusi tinggi agar kenampakkan objek yang dihasilkan lebih jelas.
2. Melakukan validasi lapangan agar kelas yang terbentuk sesuai dengan keadaan sebenarnya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terkait baik di dalam Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro ataupun pihak di luar tersebut, yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulis *paper* ini.

Daftar Pustaka

Danoedoro, P, 2012, *Pengantar Penginderaan Jauh Digital*, Andi, Yogyakarta.

Maksum, Z.U., Prasetyo. Y., Haniah, 2016, *Perbandingan Klasifikasi Tutupan Lahan Menggunakan Metode Klasifikasi Berbasis Objek dan Klasifikasi Berbasis Piksel Pada Citra Resolusi Tinggi dan Menengah*, Tugas Akhir, Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.

Analisis Komparasi Ketelitian Posisi dari Pengukuran Satelit GPS GLONASS dan BEIDOU Menggunakan Metode RTK dan *Rapid Statik*

B.D. Yuwono [a], M. Awaluddin [b], Fathan A.

[a,] Universitas Diponegoro (bdyuwono92@gmail.com)
[b,] Universitas Diponegoro (awal210874@gmail.com)

ABSTRACT

Perkembangan satelit penentuan posisi (GNSS) semakin cepat ditandai dengan hadirnya Satelit Beidu. Ketelitian dan Akurasi pada penentuan posisi menjadi hal yang menjadi utama. Ketelitian pengukuran satelit ini dapat ditingkatkan melalui beberapa cara. Salah satunya adalah menggunakan pemilihan satelit dan kombinasi dari beberapa satelit untuk penentuan posisi.

Penelitian ini dilakukan pada area terbuka dan area pemukiman yang terletak disekitar tembalang. Hal ini dimaksukan untuk mengetahui seberapa besar perbedaan ketelitian yang bisa dicapai. Metode penentuan posisi yang digunakan pada penelitian ini adalah rtk dan rapid statik. Receiver yang digunakan pada penelitian ini adalah dual frequency dengan interval perekaman data selama 1 detik. Untuk keperluan validasi digunakan pengukuran Total Station

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah untuk melakukan analisa komparasi terhadap ketelitian dan akurasi terhadap jarak dan luas yang dapat dicapai melalui penentuan posisi dari satelit GPS GLONASS dan Beidou,

Keywords ditulis dalam 1 baris, maksimal 5 buah kata dengan format Times New Roman, Sentence, 9 point justified

Pendahuluan

Dewasa ini kebutuhan penentuan posisi tidak hanya di bidang pemetaan dan pengukuran akan tetapi telah berkembang di berbagai bidang, antarain telekomunikasi, sumber daya, bencana, explorasi, perhubungan, pemukiman dan lain-lain. Pemetaan telah berkembang dengan cukup pesat dengan munculnya berbagai satelit navigasi yang dikenal dengan nama GNSS (Global Navigation Satellite System). GNSS merupakan sistem satelit yang memberikan pelayanan berupa informasi lokasi dan waktu. GNSS yang saat ini antaralain GNSS (Global Navigation Satellite System) adalah suatu sistem satelit yang terdiri dari konstelasi satelit yang menyediakan informasi waktu dan lokasi, memancarkan macam-macam sinyal dalam berbagai frekuensi secara terus menerus, yang tersedia di semua lokasi di atas permukaan bumi. GNSS memiliki peranan penting dalam bidang navigasi. GNSS yang ada saat ini adalah GPS (Global Positioning System) milik Amerika Serikat, GLONASS (Global Navigation Satellite System) milik Rusia, Galileo milik Uni Eropa, dan Compass atau Beidou milik Cina.

GPS merupakan sistem navigasi yang memberikan informasi berupa posisi, kecepatan, waktu dimana tidak memiliki ketergantugan terhadapa cuaca. Ketelitian yng dapat mencapai mm untuk posisi, cm/s untuk kecepatan dan nano detik untuk ketelitian waktu. GLONASS dibangun semenjak tahun 1970 secara resmi diumumkan oleh Uni Soviet pada Februari 1982. Tahun 2010 GLONASS telah mendapatkan cakupan 100% dari wilayah rusia dengan 24 konstelasi orbit satelit yang memungkinkan jangkauan global. Beidou merupakan satelit navigasi dan penentuan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Tiongkok. Awal perkembangan dikenal sebagai Beidou-1, terdiri dari tiga satelit dan menawarkan cakupan dan aplikasi yang terbatas. Ini telah menawarkan layanan navigasi, terutama untuk pelanggan di Cina dan daerah tetangga, sejak tahun 2000. Generasi kedua dari sistem, secara resmi disebut Beidou Navigation Satellite System (BDS) dan juga dikenal sebagai COMPASS atau Beidou-2,

akan menjadi sistem navigasi satelit global yang terdiri dari 35 satelit, dan berada di bawah konstruksi dari Januari 2015 . Ini menjadi operasional di Cina pada bulan Desember 2011, dengan 10 satelit yang digunakan, dan mulai menawarkan layanan kepada pelanggan di wilayah Asia-Pasifik pada bulan Desember 2012. (Wikipedia 2016).

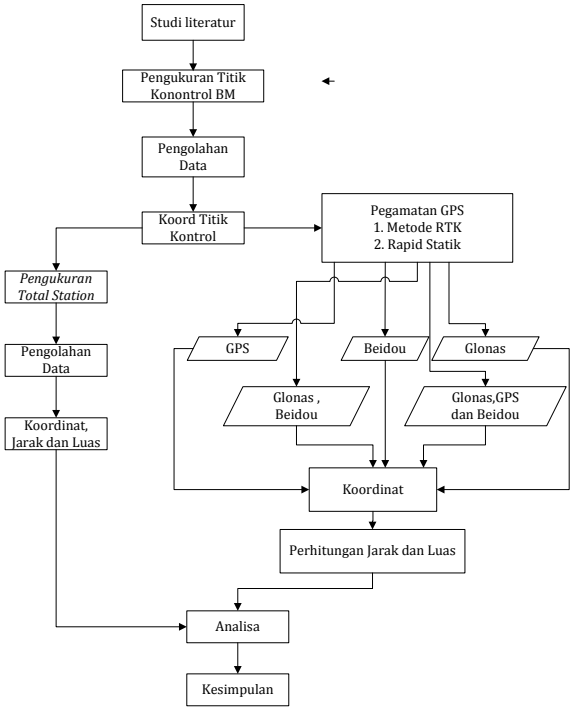
Pemetaan dan Pengukuran tidak terlepas kebutuhan titik kontrol. Untuk mendapatkan ketelitian tinggi yang diperoleh dari pengukuran geodetik perlu mendapatkan koreksi. Uji ketelitian luas dengan eberapa metode yang dapat digunakan antara lain adalah metode Differensial maupun RTK (Yuwono,dkk.,2011)

Dari uraian diatas maka perlu dikaji sebarapa besar tingkat ketelitian yang dapat dicapai dari data pengamatan satelit GPS, GLONASS dan BEIDO dengan menggunakan metode pangamatan RTK dan Rapid Statik terhadap pangamatan jarak dan luas.

Metodologi

1. Data pengamatan GNSS dari Pengamatan RTK dan Rapid Statik
2. Menggunakan Receiver GPS Dual frekuansi
3. Pengukuran Jarak dan Luas dengan Total Stasion menggunakan metode RTK dan Rapid Statik.
4. Dilakukan Uji Geometri Jarak, Luas serta Uji Statistik terhadap kombinasi 5 Satelit GNSS(GPS,GPS+BEIDOU,GLONASS,GLONASS+BEIDOU,GPS+GLONASS+BEIDOU.)

Penelitian ini mengacu pada diagram alir dibawah ini;



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengamatan RTK

RTK (*Real Time Kinematik)* merupakan penentuan posisi *real time* secara differensial dengan data fase. Stasiun referensi harus mengirim data fase dan *pseudorange*-nya ke pengguna secara *real time* dengan melalui sistem komunikasi tertentu. Ketelitian yang dapat dicapai sekitar 1-5 cm, akan tetapi sistem RTK harus dapat memecahkan ambiguitas fase, mekanisme ini dikenal dengan *one the fly ambiguity* (Abidin, 2007).

Pengamatan RAPID STATIK

Pengamatan rapid statik pada dasarnya sama dengan pengamtan statik hanya dilakukan dalam waktu yang relatif cukup singkat yaitu 1 sd 2 menit. Pengolahan dilakukan dengan *post processing.*

Uji F

Uji statistik ini digunakan untuk menguji dua atau lebih mean populasi bernilai sama dengan menggunakan data masing-masing populasi. Analisis variansi lebih efektif untuk menguji 2 atau lebih populasi.(Wolf P. R. & Ghilani C.D, 2006).

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \quad or \quad F = \frac{S_2^2}{S_1^2} \quad F = \frac{larger\ sample\ variance}{smaller\ sample\ variance} \qquad (1)$$

$$F_{\propto,vi,v2} = \frac{1}{F_{1-\propto,v2,v1}}. \qquad (2)$$

Hasil dan Pembahasan Diskusi

Untuk pengamatan RTK dilakukan pada jarak dan luas bidang sejumlah 15 buah. Pengamatan dilakukan untuk daerah terbuka dan di daerah perumahan. Dari hasil penelitian diperoleh hasil sebagai berikut ;

a. Untuk daerah yang relatif terbuka diperoleh perbandingan untuk jarak dan luas sebagai berikut (Tabel 1 dan tabel 2)

Tabel 1. Perbandingan Jarak antar Satelite GNSS

TS	GPS	GPS+BEI	GLO	GLO+BEI	GNSS
20.018	19.972	19.963	19.938	19.959	19.944
24.983	24.985	24.987	25.003	24.985	24.991
25.055	24.996	25.017	24.995	24.981	24.974
19.807	19.858	19.867	19.851	19.872	19.862
25.221	25.213	25.156	25.188	25.212	25.172
25.007	25.053	25.044	25.074	25.095	25.075
20.202	20.182	20.239	20.188	20.190	20.200
25.033	25.002	25.046	25.018	24.990	25.027
25.101	25.090	25.070	25.072	25.062	25.071
20.508	20.497	20.545	20.505	20.530	20.519
25.086	25.043	25.063	25.042	25.061	25.032

25.018	24.969	25.006	25.020	25.004	25.009
20.597	20.619	20.595	20.565	20.575	20.565
10.152	10.172	10.166	10.229	10.209	10.194
20.027	20.044	19.974	20.045	19.996	20.035

Tabel 2. Perbandingan Luas antar Satelite GNSS di daerah terbuka

TS	GPS	GPS+BEI	GLO	GLO+BEI	GNSS
498.038	497.549	497.765	497.215	497.412	497.114
502.289	503.075	503.235	503.031	503.770	503.158
510.145	509.329	510.848	509.477	509.432	509.873
514.866	514.053	514.938	513.987	514.460	513.944
207.116	207.681	206.405	207.667	206.838	207.615
208.824	208.688	208.264	208.151	207.828	208.149
209.273	210.316	209.521	209.376	209.340	209.228
208.745	208.602	207.938	207.997	208.279	208.243
208.742	207.840	209.398	207.783	207.828	208.000
103.971	103.869	104.216	103.984	104.252	103.977
103.938	104.650	104.377	104.266	103.884	104.433
102.537	102.755	102.701	102.653	102.878	102.561
103.664	103.225	103.640	103.390	103.274	103.433
105.842	106.571	105.697	105.457	106.053	105.974
105.229	104.315	104.610	104.837	104.775	104.599

b. Untuk daerah yang perumahan dimana dijumpai adanya obstruksi yang bervariasi. Hasil perbandingan untuk jarak dan luas sebagai berikut (Tabel 3 dan tabel 4). Kendala yang ditemui adalah tidak adanya data dari satelit GLONASS dikarenakan jumlah satelit yang tidak mencukupi untuk penentuan posisi.

Tabel 3. Perbandingan Jarak antar Satelite GNSS RTK di daerah pemukiman

TS	GPS	GPS+BEI	GLO+BEI	ALL
13.365	12.739	13.220	13.793	13.312
7.507	7.793	7.546	7.120	7.483
7.293	7.462	7.306	7.190	7.256
5.816	6.207	5.803	5.718	5.834
29.070	28.118	29.145	29.016	29.044
12.281	12.083	12.282	12.275	12.260
9.408	9.630	9.382	9.371	9.415
7.258	7.214	7.214	7.241	7.238
5.770	5.797	5.761	5.580	5.759
30.391	30.536	30.386	30.327	30.352
29.722	29.194	29.704	29.706	29.691
29.816	29.073	29.794	29.890	29.807
29.813	28.693	29.879	30.160	29.825
6.300	6.338	6.283	6.250	6.295
7.113	7.156	7.153	7.179	7.170

Tabel 4. Perbandingan Luas antar Satelite GNSS di daerah pemukiman

Luas TS	Luas GPS	Luas GPS+BEI	Luas GLO+BEI	Luas ALL
375.057	351.078	373.938	382.037	373.838
251.674	251.264	252.206	247.192	251.447
215.552	213.490	215.770	214.756	215.372
173.814	177.779	173.416	169.297	173.723
407.070	425.090	406.402	408.124	406.499
208.564	204.193	208.433	208.533	209.516
192.904	194.889	194.773	194.311	194.485
182.651	182.923	181.652	182.384	183.111
294.761	289.149	297.696	298.765	297.495
223.838	228.118	222.217	225.732	223.001
215.585	212.811	216.498	212.660	214.283
207.945	206.909	208.729	209.111	208.125
190.642	190.916	189.485	189.333	190.227
183.126	194.404	186.382	183.820	183.673
449.054	459.500	448.370	448.506	448.136

Untuk uji Validasi dengan menggunakan pengukuran total station. Dengan mengacu dari hasil pengamatan Total Station yang digunakan sebagai nilai yang dianggap benar, kemudian analisa dilakukan terhadap semua pengamatan dengan satelit yang berbeda untuk mengetahui pergeseran lateral jarak, perbedaan Luas

dan juga standart deviasi yang dicapai. Untuk mengetahui mean rata populasi satu dengan yang lain sama atau tidak dilakukan uji signifikasi fisher (uji F).

Analisa Komparasi Jarak dan Luas

Tabel 6. menunjukkan bahwa untuk daerah terbuka satelit GLONASS memiliki Nilai pergesaran lateral dan selisih luas yang paling kecil dari satelit lainya

Tabel 6 Komparasi luas dan Jarak Lahan Terbuka RTK

GNSS	Δ l cm	Std (mm)	ΔL (m2)	Std(m2)
GPS	3.7	2	0.58	0.66
GPS+BEIDOU	3.4	43	0.44	0.52
GLONASS	2.9	37	0.03	0.59
GLONASS+BEIDOU	3	38	0.51	0.63
GPS+GLONASS+BEIDOU	3	39	0.47	0.56

Δl = Pergeseran Lateral Jarak

ΔL = Perbedaan Luas

Tabel 7 menunjukkan di daerah perumahan bahwa penggunaan dari Satelit GPS+GLONASS+BEIDOU memiliki pergeseran lateral dan perbedaan luas yang paling kecil dibandingkan dengan satelit lainnya.

Tabel 7. Komparasi jarak dan Luas di Perumahan RTK

GNSS	Δ l cm	Std (mm)	ΔL (m2)	Std(m2)
GPS	26	401.00	4.98	7.70
GPS+BEIDOU	4.6	59.00	1.06	1.37
GLONASS	-	-	-	-
GLONASS+BEIDOU	6.4	104.00	1.69	2.44
GPS+GLONASS+BEIDOU	4	65.00	0.97	1.30

Δl = Pergeseran Lateral Jarak

ΔL = Perbedaan Luas

Uji F Untuk Lahan Terbuka RTK

Hasil dari tabel 8 menunjukkan untuk uji pergeseran lateral jarak diperoleh dengan nilai f tabel sebesar 1.287, hasil diperoleh untuk GPS memiliki nilai rata2 populasi yang berbeda dengan ke4 satelit lainnya dengan nilai f hitung yang lebih besar dari 1.287. Adapun uji f untuk luas menunjukkan bahwa secara statistik rata2 populasi dari ke5 satelit tersebut memiliki nilai yang sama dilihat dari nilai f hitung yang lebih kecil dari f tabel yaitu 2,862. Yang dapat diartikan bahwa ke5 kombinasi satelit tersebut secara statistik memiliki nilai signifikasi yang sama.

Tabel 8. Uji F Daerah Lahan terbuka

Var. 1	Var. 2 l	Uji F l	Kes.	Uji F L	Kes.
GPS	GPS+BEI	367,892	N	1,596	Y
GPS	GLO	279,881	N	1,265	Y
GPS	GLO+BEI	285,774	N	1,097	Y
GPS	ALL	304,015	N	1,381	Y
GPS+BEI	GLO	1,314	Y	1,261	Y
GPS+BEI	GLO+BEI	1,287	Y	1,454	Y
GPS+BEI	ALL	1,210	Y	1,156	Y
GLO	GLO+BEI	1,021	Y	1,153	Y
GLO	ALL	1,086	Y	1,092	Y
GLO+BEI	ALL	1,064	Y	1,259	Y

N = H_0 Ditolak ; Y = H_0 Diterima

Uji F Untuk Lahan pemukiman.

Uji F untuk lahan pemukiman ditunjukkan tabel 9. Menunjukkan bahwa hasil GLONAS+BEIDOU, GPS+BEIDU,GPS+GLONASS+BEIDOU memiliki nilai signifikasi yang sama dimana f hitung lebih kecil dari f tabel

Tabel 9. Uji F untuk daerah perumahan RTK

Var. 1	Var. 2	Uji Fl	Kes.	Uji FL	Kes.
GPS	GPS+BEI	45,939	N	32,092	N
GPS	GLO+BEI	14,981	N	10,159	N
GPS	ALL	38,443	N	35,555	N
GPS+BEI	GLO+BEI	3,066	N	3,159	N
GPS+BEI	ALL	1,195	Y	1,108	Y
GLO+BEI	ALL	2,566	N	3,500	N

N = H_0 Ditolak ; Y = H_0 Diterima

Untuk hasil jarak dan luas penggunaan satelit untuk lahan perumahan GPS+BEIDOU dan GPS+GLONASS+BEIDOU memiliki nilai signifikasi yang sama ditunjukkan dengan nilai F hitung lebih kecil dari F tabel (1.604) untuk jarak dan F tabel (2.358) untuk luas

RAPID STATIK

Pada uji hasil pengamatan menggunakan metode Statik. Pengukuran dilakukan pada 15 bidang dengan luasan yang bervariasi 100m2, 200m2, 400m2 dan 500m2. Hasil dari pengukuran dapat dilihat pada tabel. 10.

Tabel 10. Komparasi Jarak dan Luas Daerah Rapid Statik

GNSS	Δ l cm	Std (mm)	ΔL ¸m2)	Std(m2)
GPS	0.20	39.00	0.52	0.72
GPS+BEIDOU	0.20	9.00	0.54	0.73
GLONASS	-	-		
GLONASS+BEIDOU	0.10	38.00	0.51	0.71
BEIDOU	0.10	38.00	0.51	0.71
GPS+GLONASS+BEIDOU	0.20	4.00	0.54	0.74

Δl = Pergeseran Lateral Jarak

ΔL = Perbedaan Luas

Tabel 10 Menunjukkan bahwa nilai perbedaan lateral jarak paling rendah untuk penggunaan satelit Glonas+Beidou dan Beidou yang bernilai sama sebesar 0.1 dengan standart deviasi sebesar 38mm. Untuk perbedaan luas terbesar adalah GPS+GLONASS+BEIDO sebesar 0.54m^2 dengan beda standar deviasi 0.74m^2

Signifikasi hasil uji F pada Penggunaa Satelit untuk metode Rapid statik dapat dilihat pada tabel 11.

Tabel 11. Uji F Jarak dan Luas Rapid Statik

Var. 1	Var. 2	Uji F l	Ket	Uji F L	Ket
GPS	GPS+BEI	1.02	Y	1.03	Y
GPS	GLO+BEI	1.07	Y	1.02	Y
GPS	BEIDOU	1.08	Y	1.02	Y
GPS	ALL	1.00	Y	1.04	Y
GPS+BEI	GLO+BEI	1.05	Y	1.05	Y
GPS+BEI	BEIDOU	1.06	Y	1.01	Y
GPS+BEI	ALL	1.03	Y	1.01	Y
GLO+BEI	BEIDOU	1.01	Y	1.01	Y
GLO+BEI	ALL	1.08	Y	1.06	Y
BEIDOU	ALL	1.08	Y	1.06	Y

Dari hasil menunjukkan nilai F hitung < dari nilai F tabel sebesar 1.846, dan untuk Luas nilai F hitung lebih < F Tabel sebesar 3.115, Sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk uji Jarak dan luas, kombinasi dari ke5 GNSS (GPS, GPS+BEIDOU, GLONASS,GLONASS+BEIDOU,GPS+GLONASS+ BEIDOU) masing-masing memiliki nilai rata2 yang sama.

Hasil dan Kesimpulan

Rapid Statik memiliki selisih jarak lateral dan standar deviasi yang lebih kecil daripada RTK. Penggunaam Satelit GNSS baik secara *single* (GPS, GLONASS) maupun bersama (GPS+BEIDOU, GLONAS+BEIDOU, GPS+GLONASS+BEIDOU) untuk pengukuran jarak dan luas dengan metode RTK dan RAPID STATIK memberikan tingkat ketelitian terhadap jarak dan luas yang berbeda. Perbedaan ketelitian jarak dan luas juga terjadi pada pengukuran di daerah terbuka maupun daerah pemukiman

Banyak faktor yang mempengaruhi ketelitian antara lain waktu pengamatan, geometri satelit, Strategi pengolahan data, sehingga dari penelitian ini masih perlu dikaji lagi secara komprehensif terkait parameter2 yang mempengaruhi ketelitian seperti lama pengamatan, pengaruh obtruksi.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT Geotronix Pratama Indonesia.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. 2007. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta : PT Pradnya Paramita.

Ghilani, Charles D., dan Paul R. Wolf. 2006. Adjustment Computations Spatial Data Analysis. Jhon Wiley & Son. New York

https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System. Diakses pada April 2016.

Yuwono, Darmo Bambang S.T, M.T. Artiningsih. Hani‟ah. 2011. Kajian Hitungan Luas Bidang Metode Stop and Go dengan Data Fase dan Precise Ephemeris Menggunakan GPS Topcon RTK HiperGb. Jurnal Hal II-114. Prosiding Forum Ilmiah Tahunan (FIT) 2011 Ikatan Surveyor Indonesia dan Seminar Nasional “Optimalisasi Peran Pemerintah Daerah dan Swasta untuk Percepatan Pemetaan dan Pembangunan”, ISBN 978- 602-96012-1-3.

https://en.wikipedia.org/wiki/BeiDou_Navigation_Satellite_System (diakses tgl. 8 Oktober 2016).

https://en.wikipedia.org/wiki/GLONASS_Navigation_Satellite_System (diakses tgl. 8 Oktober 2016).

Penentuan Nilai Ekonomi Dan Tipologi Kawasan Untuk Pemetaan Zona Nilai Ekonomi Kawasan Wisata Kota Semarang Dengan SIG

Sawitri Subiyanto

Staf Pengajar Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (sawitrisubiyanto66@gmail.com)

ABSTRACT

Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong and Masjid Agung Jawa Tengah Tower as four icons of Semarang, have potential as a tourist attraction and the tourist area continues to grow each year. Based on this, it would require typology determination and calculation of the economic value of the region from year to year to determine the strategy development of tourism. Determination of Total Economic Value (TEV) approach Travel Cost Method (TCM) and the Contingent Valuation Method (CVM). TCM and CVM data obtained from sampling survey (respondents) in 2014 and 2016. Data processing method for calculation of DUV and EV used is multiple linear regression analysis. Based on the calculations, the Total Economic Value (TEV) in 2014 and 2016 for Lawang Sewu obtained an increase of 134,3%, Sam Poo Kong Tourism obtained an increase of 43,0%. Travel to Bodhagaya Temple Watugong obtained an increase of 7,8% and for Masjid Agung Jawa Tengah Tower, there is an increase in value by 76,9%. The summary results of the regression output the independent variables that most influence the function of the average tourist area is variable education and frequency of visits.

Keywords : *Tourism Region, Total Economic Value (TEV), SIG.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Kota Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah yang merupakan pusat kegiatan industri, pemerintahan, dan juga termasuk kawasan wisata yang strategis dan potensial untuk dikelola, dikembangkan, dan dipasarkan. Kawasan wisata tersebut ialah Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah merupakan objek wisata yang banyak dikunjungi dan menjadi kawasan objek wisata favorit di Kota Semarang (Qadarrochman, 2010). Kawasan wisata tersebut terus berkembang tiap tahunnya berdasarkan grafik kunjungan wisatawan datanya terus menunjukkan peningkatan secara signifikan dari tahun ke tahun karena lokasi yang strategis terletak di pusat Kota Semarang dan mempunyai nilai sejarah dan *religious* yang terkandung didalamnya. Hal ini menjadikan salah satu pilihan masyarakat untuk berwisata. Kawasan tersebut mempunyai nilai ekonomi yang bisa dihitung berdasarkan tipologinya. Menurut Pontoh, dkk (2008), kawasan merupakan wilayah yang batasannya bersifat fungsional. Jadi wilayah yang dibatasi oleh batasan fungsional dan kegunaan, dinamakan kawasan. Nilai ekonomi kawasan adalah seluruh agregat nilai-nilai ekonomi, baik nilai guna langsung maupun nilai guna tidak langsung, nilai opsional atau pilihan, nilai keberadaan dan nilai pewarisan diluar nilai-nilai tanah dan properti yang ada di dalam kawasan yang dinilai tersebut. Berdasarkan hal tersebut, maka diperlukan perhitungan nilai ekonomi kawasan dari tahun ke tahun dan pemetaanya untuk menentukan strategi pengembangan kawasan wisata tersebut. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian mengenai manfaat nilai ekonomi kawasan wisata Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah yang dapat dilihat dari kunjungan yang dilakukan oleh wisatawan untuk menduga seberapa besar nilai ekonomi yang diberikan oleh wisatawan yang berasal dari zona-zona kunjungan wisatawan yang kemudian diduga akan mempengaruhi permintaan wisata. Banyak literatur dalam bidang valuasi ekonomi seperti Barton (1994), Barbier (1993), Freeman III (2002) dalam Monik (2014) menyatakan dalam penentuan *Total Economic Value* (TEV) dan pembuatan peta zona nilai ekonomi kawasan (ZNEK) dilakukan dengan teknik pengukuran tidak langsung menggunakan pendekatan *Travel Cost Method* (TCM) dan pengukuran langsung menggunakan pendekatan *Contingent Valuation Method* (CVM). Penghitungan nilai ekonomi kawasan pada tahun 2014 untuk keempat lokasi

tersebut pernah dihitung oleh Monik (2014) dan Pebriyanah (2014) dengan pendekatan pemanfaatan nilai WTP. Peneliti melanjutkan penelitian dengan metode pendekatan TCM dan CVM untuk mendapatkan nilai TEV serta menentukan variable yang paling mempengaruhinya dengan data frekwensi kunjungan dan jumlah populasi dengan menggunakan data pada tahun 2014 dan 2016. Penghitungan dengan data beda tahun dimaksudkan untuk mengetahui nilai ekonmi kawasan dalam kurun waktu dua tahun. Periode dua tahun menurut penulis cukup signifikan perbedaanya, mengingat jumlah frekwensi pengunjung yang semakin meningkat. Selisih nilai TEV 2014 dan 2016 merupakan persentase nilai kenaikan atau penurunan untuk empat lokasi wisata yang di teliti. Menurut Sugiyono (2001), analisis regresi berganda merupakan analisis data kuantitatif yang digunakan untuk mencari besar hubungan secara linear antara dua atau lebih variabel independen (X1, X2,….Xn) dengan variabel dependen (Y). Uji ini digunakan untuk mengetahui apakah variabel independen (X1,X2….Xn) secara bersama-sama berpengaruh secara signifikan terhadap variabel dependen (Y). Analisis regresi untuk menilai hubungan variable data TCM dan CVM.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa nilai tipologi kawasan (EV, DUV dan TEV) kawasan wisata Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah tahun 2014 dan 2016 dan berapa prosentase kenaikannya?
2. Variabel apa yang paling mempengaruhi nilai ekonomi kawasan wisata Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah?

Tujuan Penelitian

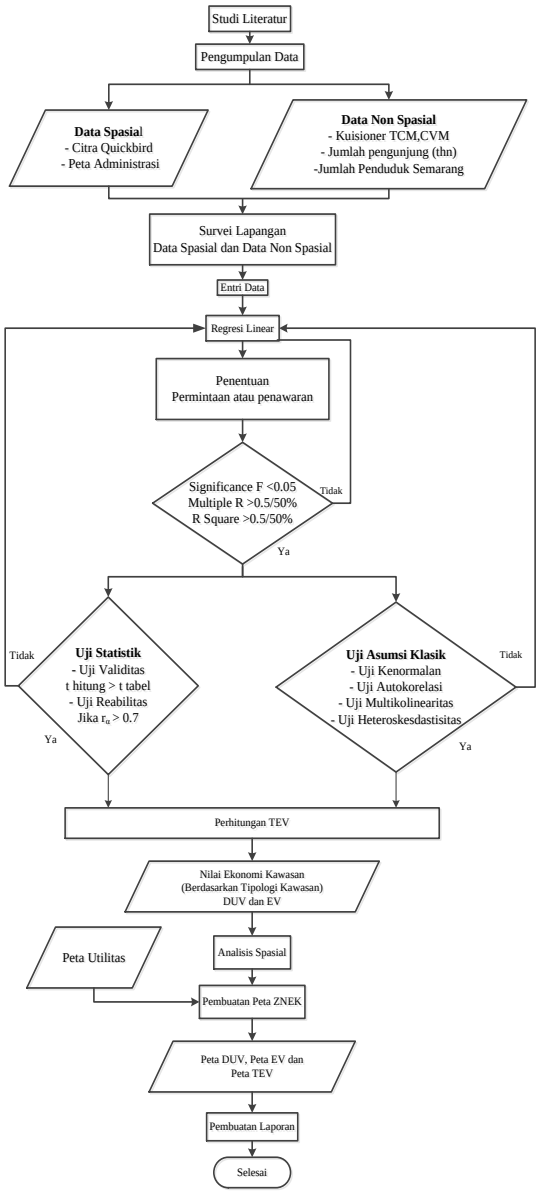
Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Untuk menghitung nilai dari tipologi kawasan (DUV dan EV) wisata Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah.
2. Untuk mengetahui variable yang paling mempengaruhi dalam perhitungan nilai ekonomi kawasan.

Metodologi

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menghitung nilai ekonomi kawasan berdasarkan tipologinya yaitu nilai DUV dari data TCM dan nilai EV dari data CVM untuk tahun 2014 dan 2016. Dengan pendekatan uji statistik dengan menggunakan nilai dari tabel persentase distribusi t dengan df = jumlah sampel masing masing wisata dengan selang kepercayaan 0,05 dan syarat nilai t hitung pada *summary output* hasil regresi lebih besar daripada nilai pada t tabel, maka variabel bebas yang paling mempengaruhi fungsi kawasan wisata dapat ditentukan. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data dan Peralatan Penelitian

Data Penelitian

1. Data responden yaitu masing-masing kawasan wisata minimal 30 sampel baik kuisioner TCM

maupun kuisioner CVM yang diperoleh dari survey tahun 2014 dan tahun 2016.

2. Data frekwensi/jumlah pengunjung dalam satu tahun dan data luas kawasan digunakan data tahun 2013 dan 2015 didapatkan dari kantor pengelola masing masing kawasan wisata
3. Data nilai bobot variable yang digunakan dalam perhitungan mengacu pada Direktorat SPT, BPN 2012.

Alat Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan untuk penelitian antara lain :

1. Perangkat lunak pengolah data statistik
2. GPS Handheld/ Navigation
3. Kamera untuk dokumentasi

Hasil dan Pembahasan

Data Pendukung

Berdasarkan hasil survey data dikantor pengelola masing masing kawasan wisata, Kantor Dinas Pariwisata dan Budaya dan Badan Statistik Kota Semarang diperoleh data pendukung sebagai berikut :

1. Jumlah penduduk Kota Semarang tahun 2013 sebanyak 1.629.924 orang dan 2015 sebanyak 1.634.600 orang.
2. Jumlah penduduk Kecamatan Banyumanik tahun 2013 sebanyak 136.453 orang dan 2015 sebanyak 136.544 orang
3. Luas kawasan, Jumlah pengunjung dan harga tiket masuk masing masing lokasi wisata sebagai berikut :
   a. Lawang Sewu luas kawasan 1,3993 Ha, jumlah pengunjung tahun 2013 sebanyak 233.559 dan tahun 2015 sebanyak 658.000 pengunjung dengan harga tiket masuk Rp.10.000,-
   b. Sam Poo Kong luas kawasan 3,3118 Ha, jumlah pengunjung tahun 2013 sebanyak 180.000 dan tahun 2015 sebanyak 278.008 pengunjung dengan harga tiket masuk Rp. 3.000,-
   c. Vihara Buddhagaya Watugong luas kawasan 2,25 Ha, jumlah pengunjung tahun 2013 sebanyak 14.310 dan tahun 2015 sebanyak 14.580 pengunjung dengan harga tiket masuk Rp. Sukarela
   d. Menara Masjid Agung Jawa Tengah luas kawasan 10 Ha, jumlah pengunjung tahun 2013 sebanyak 218.271 dan tahun 2015 sebanyak 395.010 pengunjung dengan harga tiket masuk Rp. 7.000,-

Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan

Nilai yang dikaji dalam penelitian ini terdiri atas nilai manfaat keberadaan, manfaat penyedia pengetahuan, dan manfaat keindahan, serta nilai ekonomi kawasan tersebut berdasarkan fungsinya sebagai penyedia wisata. Jenis manfaat ekonomi kawasan yang diperoleh dari kawasan tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan

Jenis Kawasan	Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan				
	DUV	IUV	OV	BV	EV
Lawang Sewu (Rekreasi dan Wisata Situs Budaya)					
1. Nilai Keberadaan	v				
2. Manfaat Wisata					v
Sam Poo Kong (Rekreasi dan Wisata Religi/Ziarah)					
1. Nilai Keberadaan	v				
2. Manfaat Wisata					v
Vihara Buddhagaya Watugong (Rekreasi dan Wisata Religi/Ziarah)					
1. Nilai Keberadaan	v				
2. Manfaat Wisata					v
Menara Masjid Agung Jawa Tengah (Rekreasi dan Wisata Religi/Ziarah					
1. Nilai Keberadaan	v				
2. Manfaat Wisata					v

Sumber : Penulis (2016)

Hasil Penghitungan Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan

Hasil hitungan berdasarkan tipologi nilai ekonomi kawasan didapatkan nilai manfaat keberadaan kawasan wisata tersebut berupa nilai DUV dan manfaat wisata berupa nilai EV. Nilai DUV dan EV hasil perhitungan tahun 2014 dan tahun 2016 dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 2016.

Tabel 2. Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan 2014

Nama Kawasan	DUV (Rp)	EV (Rp)
Lawang Sewu	298.502.779.000	105.625.787.500
Sam Poo Kong	368.806.844.500	99.760.547.850
Vihara Buddhagaya Watugong	1.859.627.753	47.227.691.940-
Menara Masjid Agung Jawa Tengah	1.366.531.749.000	77.009.790.490

Sumber : Penulis (2016)

Tabel 3. Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan 2016

Nama Kawasan	DUV (Rp)	EV (Rp)
Lawang Sewu	840.964.503.800	105.719.248.000
Sam Poo Kong	569.618.073.600	100.321.772.100
Vihara Buddhagaya Watugong	1.885.881.911	45.039.201.350
Menara Masjid Agung Jawa Tengah	2.473.043.630.000	80.110.048.390

Sumber : Penulis (2016)

Nilai TEV diperoleh dari penjumlahan nilai DUV dan EV masing masing kawasan wisata pada tahun 2014 dapat dilihat pada Tabel 2 dan pada Tabel 3 untuk tahun 2016. Nilai ekonomi total kawasan (TEV) tahun 2014 tersebut selanjutnya dihitung selisih nilainya. Selisih nilainya merupakan nilai persentase kanaikan atau penurunan nilai TEV. Presentasi kenaikannya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Presentasi Kenaikan Nilai Ekonomi Total Kawasan (TEV) Tahun 2014 ke 2016

Nama Kawasan	Total Nilai Ekonomi Kawasan (DUV+EV=TEV)	
	Nilai TEV (Rp)	Presentase (%)
Lawang Sewu TEV 2014 TEV 2016	404.128.566.500 946.683.751.800	+ 134.3%
Sam Poo Kong Lawang Sewu TEV 2014 TEV 2016	468.567.392.350 669.939.845.700	+ 43.0%
Vihara Buddhagaya Watugong TEV 2014 TEV 2016	49.087.319.693 52.925.083.261	+ 7.8%
Menara Masjid Agung Jawa Tengah TEV 2014 TEV 2016	1.443.541.539.490 2.553.153.678.390	+ 76.9%

Sumber : Penulis (2016)

Analisis Nilai Ekonomi Kawasan Objek Wisata Lawang Sewu

Berdasarkan tabel titik persentase distribusi t dengan df = 40 (jumlah sampel) dan selang kepercayaan 0,05, maka t tabel sebesar 2,02108. Jika t hitung pada *summary output* hasil regresi > 2,02108, maka variabel bebas memberikan pengaruh terhadap keinginan membayar demi mempertahankan keberadaan kawasan objek wisata Lawang Sewu di Kota Semarang, sehingga masyarakat yang memanfaatkan langsung keberadaan kawasan bersedia untuk berkontribusi dalam menjaga eksistensi kawasan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel X2 (umur), X3 (pendidikan), dan X5 (pendapatan) yang paling mempengaruhi terhadap keinginan untuk membayar karena t hitung hasil regresi lebih besar dari t tabel, yaitu X2 sebesar 4,13112, X3 sebesar 2,68483, dan X5 sebesar 3,30168.

Nilai Ekonomi Kawasan Objek Wisata Sam Poo Kong

Berdasarkan tabel titik persentase distribusi t dengan df = 40 (jumlah sampel) dan selang kepercayaan 0,05, maka t tabel sebesar 2,02108. Jika t hitung pada *summary output* hasil regresi > 2,02108, maka variabel bebas memberikan pengaruh terhadap fungsi kawasan objek wisata Lawang Sewu sebagai penyedia jasa di Kota Semarang. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel V (frekuensi kunjungan) yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan karena t hitung hasil regresi lebih besar dari t tabel, yaitu V sebesar 2,97175.

Nilai Ekonomi Kawasan Obyek Wisata Vihara Buddhagaya Watugong

Berdasarkan tabel titik persentase distribusi t dengan df = 40 (jumlah sampel) dan selang kepercayaan 0,05, maka t tabel sebesar 2,02108. Jika t hitung pada *summary output* hasil regresi > 2,02108, maka variabel bebas memberikan pengaruh terhadap fungsi kawasan Vihara Buddhagaya Watugong sebagai penyedia wisata. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel frekuensi kunjungan (V) yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan karena t hitung hasil regresi lebih besar dari t tabel, yaitu V sebesar 4,50595043.

Nilai Ekonomi Kawasan Obyek Wisata Menara Masjid Agung Jawa Tengah

Berdasarkan tabel titik persentase distribusi t dengan df = 40 (jumlah sampel) dan selang kepercayaan 0,05, maka t tabel sebesar 2,02108. Jika t hitung pada

summary output hasil regresi > 2,02108, maka variabel bebas memberikan pengaruh terhadap keinginan membayar demi mempertahankan keberadaan kawasan Menara Masjid Agung Jawa Tengah di Kota Semarang, sehingga masyarakat yang memanfaatkan langsung keberadaan kawasan bersedia untuk berkontribusi dalam menjaga eksistensi kawasan tersebut. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel keberadaan (X1), kepentingan (X7) dan partisipasi (X9) yang paling mempengaruhi terhadap keinginan untuk membayar karena t hitung hasil regresi lebih besar dari t tabel, yaitu X1 sebesar 2,836626328, X7 sebesar 2,857673785 dan X9 sebesar 3,088176963.

Uji Statistik

Dari data survei penelitian kemudian dilakukan pengujian alat ukur kuesioner dengan mengetahui tingkat validitas dan realibilitas kuesioner yang digunakan. Apabila data sudah valid dan reliabel, maka penelitian dapat dilanjutkan. Apabila tidak valid dan tidak reliabel, maka alat ukur harus diukur kembali hingga datanya valid dan reliabel.

Uji Validitas

Proses uji validitas dilakukan dengan menggunakan *software SPSS Statistics* 17.0 *For Windows*. Hasil dari pengujian validitas tersebut kemudian dibandingkan dengan r tabel dengan df-1. Untuk CVM Lawang Sewu, df – 1 (38 – 1 = 37) sebesar 0,325, untuk CVM Sam Poo Kong, df – 1 (35 – 1 = 34) sebesar 0,339, CVM Vihara Buddhagaya Watugong, df-1 (35 – 1 = 34) sebesar 0,339, dan CVM Menara Masjid Agung Jawa Tengah, df-1 (36 – 1 = 35) sebesar 0,334. Jika r hitung > r tabel, maka data tersebut telah valid dan jika r hitung < r tabel, maka data tersebut tidak valid dan perlu dilakukan uji validitas lagi. Dari hasil rekapitulasi di atas bahwa seluruh item pertanyaan valid dari keempat lokasi penelitian ditunjukan oleh r hitung > r tabel.

Uji Reliabilitas

Berdasarkan kriteria Kaplan dan Saccuzo, reliabilitas minimum sebesar 0,7. Jika sebesar rα > 0,7 maka variabel tersebut reliabel dan jika rα < 0,7 maka variabel tersebut tidak reliabel. Hasil uji reliabilitas menyatakan bahwa, CVM Lawang Sewu, Sam Poo Kong, Vihara Buddhagaya Watugong dan Menara Masjid Agung Jawa Tengah reliabel karena memiliki nilai *alpha cronbach* atau rα sebesar 0,721 untuk CVM Lawang Sewu, nilai 0,707 untuk CVM Sam Poo Kong, nilai 0,758 untuk CVM Vihara Buddhagaya Watugong dan 0,769 untuk CVM Menara Masjid Agung Jawa Tengah.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh nilai Tipologi Kawasan Wisata Lawang Sewu tahun 2014 dengan Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 404.128.565.500,-, dan tahun 2016 Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 946.683.751.800,- terjadi kenaikan nilai dengan presentasi sebesar 134.3%. Untuk Wisata Sam Poo Kong tahun 2014 untuk Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 468.567.392.350,- dan tahun 2016 Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 669.939.845.700,- terjadi kenaikan nilai dengan presentasi sebesar 43.0%. Untuk Wisata Vihara Buddhagaya Watugong tahun 2014 untuk Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 49.087.319.693,- dan tahun 2016 Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 52.925.083.261,- terjadi kenaikan nilai dengan presentasi sebesar 7.8%. Untuk Wisata Menara Masjid Agung Jawa Tengah tahun 2014 untuk Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 1.443.541.539.490,- dan tahun 2016 Nilai Total Ekonomi (TEV) sebesar Rp 2.553.153.678.390,- terjadi kenaikan nilai dengan presentasi sebesar 76.9% .
2. Berdasarkan tabel persentase distribusi t dengan df = jumlah sampel masing masing wisata dengan selang kepercayaan 0,05 dan nilai t hitung pada *summary output* hasil regresi lebih besar daripada nilai pada t tabel, maka variabel bebas memberikan pengaruh terhadap fungsi kawasan objek wisata. Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel X3 (pendidikan) yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan wisata Lawang Sewu. Untuk variabel V (frekuensi kunjungan) yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan wisata Sam Poo Kong. Untuk Kawasan wisata Vihara Buddhagaya Watugong variabel yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan adalah frekuensi kunjungan (V). Sedangkan variabel frekuensi kunjungan (V) dan variabel alternatif lokasi (OPT) yang paling mempengaruhi terhadap fungsi kawasan wisata Menara Masjid Agung Jawa Tengah.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Data responden dalam TCM dan CVM sebaiknya ditambah sehingga dapat

diperoleh nilai WTP yang lebih baik untuk kawasan yang dinilai.

2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dianalisis lebih lanjut nilai guna tidak langsung (IUV), nilai pilihan (OV), dan nilai pewarisan (BV) sehingga dapat diperoleh total nilai ekonomi (TEV) secara keseluruhan dari kawasan yang dinilai.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro atas bantuannya memberikan fasitas ruang/ laboratorium dan data textual penilaian tanah.

Daftar Pustaka

Manik, Yesi Monika. (2014), "Pembuatan Peta Zona Nilai Ekonomi Kawasan Berdasarkan Willingness To Pay Studi Kasus: Lawang Sewu Dan Sam Poo Kong", *Jurnal Geodesi Undip*, Vol.4,No.1.

Pebriyanah, (2014), "Pemanfaatan Nilai Willingess To Pay (WTP) Dalam Perhitungan Nilai Ekonomi Kawasan ((Studi Kasus : Candi Gedong Songo, Masjid Agung Jawa Tengah dan Vihara buddhagaya Watugong)", *Jurnal Geodesi Undip*, Vol.4,No.2.

Pontoh, Nia. K, dan Iwan Kustiwan, 2008, *Pengantar Perencanaan Perkotaan*, ITB Press, Bandung.

Qadarrochman, (2010), "Analisis Penerimaan Daerah Dari Sektor Pariwisata Di Kota Semarang Dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhinya", Fakultas Ekonomi, Universitas Diponegoro.

Sugiyono, (2012), *Statistika untuk Penelitian*, Cetakan ke-1, Alfabeta, Bandung.

Direktorat BPN, 2012, "*Survey Potensi Tanah",* Buku Panduan Latihan Hitung Penilaian Kawasan.

_____ , (2013), *Kota Semarang Dalam Angka 2014,* katalog BPS 1102001.3374, Badan Pusat Statistik Kota Semarang, Semarang.

Analisis Nilai Ekonomi Kawasan Menggunakan *Travel Cost Method* (TCM) Dan *Contingen Valuation Method* (CVM) untuk Pembuatan Peta Zona Nilai Ekonomi Kawasan dengan SIG

(Studi kasus : Kawasan Kota Lama Semarang)

Istighfary Abirama Cininta[a], Sawitri Subiyanto[b] , Fauzi Janu Ammarohman[c]

[a,] Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
[b,] Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
[c,] Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
(Istighfaryabirama@gmail.com)
(Sawitrisubiyanto66@gmail.com)
(Fauzi.Janu@gmail.com)

ABSTRACT

Kawasan Kota Lama Semarang is a historical tourist attraction that has the opportunity to develop its tourism potential because it has historical value related to historical and cultural value . This causes Kawasan Kota Lama became one of the cultural heritage of UNESCO in 2020 . Government program "Ayo Wisata ke Semarang " to revive the Kawasan Kota Lama succeed and increased the frequency of domestic and foreign tourists to enjoy the beauty of European architecture of the region. From the condition that there has to be developed and reviewed ZNEK map to guess and find out how much a person's desire to give the region's economic functions which will then affect the economic activities surrounding communities .The sample collection method that is use in this research is non-probability sampling. Sampling with incidental sampling technique , is respondents who met by chance came to visit attractions in Kawasan Kota Lama. Data processing method used is multiple linear regression analysis and calculation of WTP using software Maple 17.In this research , obtained in the form of maps Zone Region Economic Value to the value of WTP attraction Kawasan Kota Lama of Rp 31.445 , - with a consumer surplus of Rp 3.712.180 , - per individual per year , in order to obtain the total value of economic attraction City Region old Rp 1,262,505,888,690 , - (consumer surplus value per individual per year multiplied by the number of visitors in 2015) .

Keywords Willingness to Pay, Value Zone Economic Zone , Linear Regression , Maple 17 .

Pendahuluan

Kondisi Kawasan Kota Lama dari tahun ke tahun menunjukkan adanya perubahan. Usaha pemerintah untuk menghidupkan kembali Kawasan Kota Lama berhasil dan membuat frekuensi jumlah pengunjung wisatawan domestik maupun mancanegara meningkat untuk menikmati keindahan arsitektur khas Eropa kawasan tersebut. Dari kondisi yang ada maka perlu dibuat Peta ZNEK dan dikaji untuk menduga dan mengetahui seberapa besar keinginan seseorang untuk memberikan nilai fungsi ekonomi kawasan yang kemudian akan mempengaruhi kegiatan perekonomian masyarakat sekitarnya. Penelitian tugas akhir ini menggunakan Travel Cost Method (TCM) dan Contingen Valuation Method (CVM) untuk mengukur nilai ekonomi Kawasan Kota Lama. Travel Cost Method (TCM) didapatkan berdasarkan asumsi biaya perjalanan pengunjung ke Kawasan Kota lama sedangkan Contingen Valuation Method (CVM) didapatkan berdasarkan keinginan masyarakat mempertahankan keberadaan Kawasan Kota Lama dan masyarakat yang memperoleh manfaat langsung dari kawasan tersebut.

Metodologi

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perangkat Keras :
   a. Laptop *Asus A43S*
2. Perangkat Lunak :
   a. Ms. Office Word 2010
   b. Ms. Office Excel 2010
   c. *Software* Maple 14
   d. *Software ArcGis* 10
   e. *Software SPSS*
3. Penentuan Koordinat menggunakan GPS *Handheld Trimble Juno SB.*
4. Foto survei selama penelitian menggunakan kamera digital.

Data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini adalah :

1. Data Spasial
   a. Citra Quickbird Kota Semarang Tahun 2011 yang diperoleh dari Kantor Bappeda Kota Semarang.
   b. Peta Administrasi Kota Semarang yang

diperoleh dari Kantor Bappeda Kota Semarang.

2. Data Non-Spasial
   a. Kuisioner TCM (SPT 212) dan kuisioner CVM (SPT 211.a).
   b. Data jumlah penduduk Kota Semarang yang diperoleh dari Kantor Badan Pusat Statistik Kota Semarang.
   c. Data Pengunjung tahunan Kawasan Kota Lama Semarang yang di peroleh dari BPK2L.

Tahapan pada penelitian ini yaitu :

1. Pengambilan data dilakukan dengan mengumpulkan materi berupa tulisan dalam bentuk buku, jurnal ilmiah, dan laporan tugas akhir.
2. Mengumpulkan Data Spasial dan Data Non spasial yaitu peta administrasi Kota Semarang yang diperoleh dari Kantor Bappeda dan peta rupa bumi Indonesia Digital atau citra Quickbird Kota Semarang, kuisioner SPT. 211a dan 212 yang bersumber dari BPN, data jumlah penduduk Kota Semarang dan pengunjung tahunan Kawasan Kota Lama.
3. Melakukan Entri data dan merubah data tekstual hasil kuisioner TCM dan CVM menjadi numeric kemudian dimasukkan ke *Ms.Excel* lalu dilakukan regresi linear berganda.
4. Melakukan perhitungan menggunakan *software Maple 17*ntuk mendapatkan nilai surplus konsumen, nilai WTP dan nilai ekonomi kawasan.
5. Setelah melakukan perhitungan kemudian menguji alat ukur yang digunakan yaitu kuisioner dengan cara uji statistik. Uji statistik yang digunakan adalah uji validitas dan uji reabilitas yaitu dengan menggunakan *software SPSS*.
6. Pembuatan Peta ZNEK menggunakan *software ArcGis* 10. Peta ZNEK meliputi peta nilai guna langsung (DUV), peta keberadaan(EV), dan peta nilai total ekonomi kawasan.

Tabel 1. Skala Likert Interval TCM (Direktorat BPN, 2012)

No.	Variabel Penilaian	keterangan	Nilai
1	Frekuensi Kunjungan (V)	Besarnya frekuensi pengunjung untuk mengunjungi kawasan tersebut.	Jumlah
2	*Total Cost* (X1)	Besarnya biaya yang dikeluarkan untuk per orang dalam mengunjungi kawasan tersebut (dalam rupiah)	Jumlah
3	Umur (X2)	Sesuai dengan umur pengunjung	Jumlah
4	Pendidikan (X3)	Tidak sekolah	1
		Tidak Tamat SD kelas a	a
		Tamat SMP	10
		Belum/tidak tamat SMP kelas a	7+a-1
		Tamat SMA	13
		Belum/tidak tamat SMA kelas a	10+a-1
		D1 Tamat	14
		D2 Tamat	15
		D3 Tamat	16
		D4/S1 Tamat	17
		Belum/tidak tamat PT tingkat a	17+a-1
		S2	19
		Belum/tidak tamat S2 tingkat a	19+a-1
		S3	21
		Belum/tidak tamat S3 tingkat a	19+a-1

Tabel 2. Lanjutan Tabel Skala Likert Interval TCM (Direktorat BPN, 2012)

5	Pendapatan (X4)	Pendapatan keluarga (dalam rupiah)	Jumlah
6	Lama Kunjungan (X5)	Lamanya kunjungan di kawasan tersebut (dalam jam)	Jumlah
7	Alternatif Lokasi (X6)	Jika ada alternatif wisata yang akan dikunjungi	
		Ya	
		Tidak	1
			2
8	Jumlah Rombongan (X7)	Jumlah anggota keluarga yang ikut dalam kunjungan wisata	Jumlah

Tabel 3. Skala Likert Interval CVM (Direktorat BPN, 2012)

1	WTP (Kontribusi)	Besarnya Kontribusi yang ingin diberikan responden	
		Rp 1.000 – Rp 25.000	1
		Rp 25.000 – Rp 50.000	2
		Rp 50.000 – 100.000	3
		Rp 100.000 – 250.000	4
		Rp 250.000 – 500.000	5
		Rp 500.000 – 1000.000	6
		Rp 1000.000 – 5.000.000	7
		Rp 5000.000 – 10.000.000	8
		>10.000.000	9
2	Keberadaan (X1)	Sangat Perlu	5
		Cukup Perlu	4
		Biasa Saja	3
		Kurang Perlu	2
		Tidak Perlu	1
3	Umur (X2)	Sesuai dengan umur responden	Jumlah
4	Pendidikan (X3)	Tidak sekolah	1
		Tidak Tamat SD kelas a	a
		Tamat SMP	10
		Belum/tidak tamat SMP kelas a	7+a-1
		Tamat SMA	13
		Belum/tidak tamat SMA kelas a	10+a-1
		D1 Tamat	14
		D2 Tamat	15
		D3 Tamat	16
		D4/S1 Tamat	17
		Belum/tidak tamat PT tingkat a	17+a-1
		S2	19
		Belum/tidak tamat S2 tingkat a	19+a-1
		S3	21
		Belum/tidak tamat S3 tingkat a	19+a-1
5	Keluarga (X4)	Jumlah anggota Keluarga	Jumlah
6	Pendapatan (X5)	Total enghasilan keluarga	Jumlah
7	Manfaat (X6)	Sangat bermanfaat	5
		Cukup bermanfaat	4
		Biasa saja	3
		Kurang penting	2
		Tidak penting	1
8	Kepentingan (X7)	Sangat penting	5
		Cukup penting	4
		Biasa saja	3
		Kurang penting	2
		Tidak penting	1
9	Konversi (X8)	Tidak setuju	5
		Kurang setuju	4
		Biasa saja	3
		Cukup setuju	2
		Sangat setuju	1
10	Partisipasi (X9)	Sangat bersedia	5
		Bersedia	4
		Biasa saja	3
		Kurang bersedia	2
		Tidak bersedia	1

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

1. Tipologi Nilai Ekonomi Kawasan

Berdasarkan analis survei lapangan, peneliti mengklasifikasikan objek wisata Kawasan Kota Lama sebagai wisata situs sejarah.

Tabel 4. Tipologi Nilai Ekonomi

Jenis Kawasan	**Tipologi Nilai Ekonomi Total (TEV)**				
	DUV	**IUV**	**OV**	**BV**	**EV**
Wisata situs Budaya					
Manfaat nilai keberadaan					**v**
Manfaat Wisata	**v**				
Nilai EV	Rp 50.256.156.690				
Nilai DUV	Rp 1.212.249.732.000				

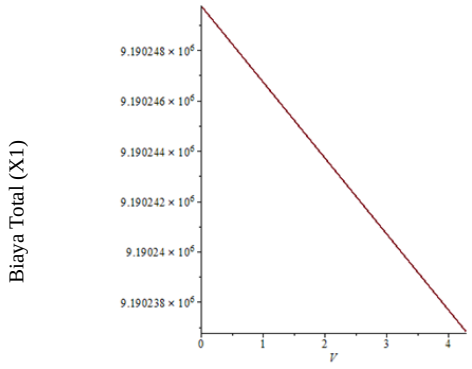
2. Penilaian Nilai Ekonomi Kawasan

Nilai yang dikaji dalam penelitian ini terdiri dari nilai manfaat wisata (Direct Use Value, DUV) dan nilai keberadaan (Existence Value, EV). Setelah dilakukan perhitungan diperoleh nilai ekonomi Kawasan Kota Lama sebagai berikut:

Tabel 5. Nilai Ekonomi Kawasan Kota Lama

Direct Use Value (DUV)		*Existence Value* (EV)	
Surplus Konsumen	Rp 3.712.180	Rata-rata WTP	Rp 31.445
Jumlah pengunjung tahunan (2015)	326.56	Jumlah Populasi	1.598 193
Luas Kawasan (Ha)	31,0	Luas Kawasan (Ha)	31,0
Direct Use Value DUV/Ha	Rp 39.104.830.060,-	*Existence Value* (EV)/Ha	Rp 1.621.166.345
Total Benefit/Direct Use Value (DUV)	Rp.1.212.249.732.000	*Existence Value* (EV)	Rp 50.256.156.690

3. Kurva Penawaran



Gambar 1. Kurva Permintaan Kawasan Kota Lama

3. Hasil Uji Statistik

Dari data survey penelitian kemudian dilakukan pengujian alat ukur kuisioner dengan mengetahui tingkat validitas dan realibilitas kuisioner yang digunakan. Dikatakan valid jika T hitung > T tabel (*tabel r product moment)* dan dikatakan reliabel jika *Alpha Cronbach* > 0,7. Berikut merupakan hasil uji statistik menggunakan *software SPSS*.

Tabel 6. Hasil Uji Reabilitas

Kuisioner CVM	***Reability Statistic***	
	Cronbach's Alpha (r_a)	***N of item***
Kawasan Kota Lama	0,712	10

Tabel 7. Hasil Uji Validitas

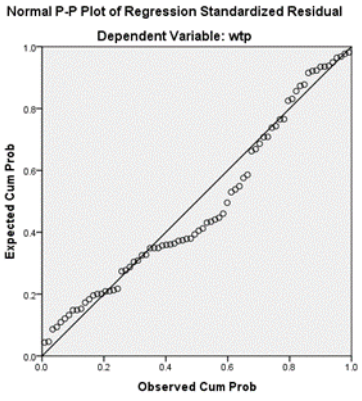
No.	**Item Pertanyaan**	**r hitung**	**r tabel**	**keterangan**
1	Kontribusi (WTP)	0,510	0,224	VALID
2	Keberadaan (X1)	0,750	0,224	VALID
3	Umur (X2)	0,000	0,000	VALID
4	Pendidikan (X3)	0,000	0,000	VALID
5	Keluarga (X4)	0,000	0,000	VALID
6	Pendapatan (X5)	0,000	0,000	VALID
7	Manfaat (X6)	0,529	0,224	VALID
8	Kepentingan (X7)	0,415	0,224	VALID
9	Konversi (X8)	0,500	0,224	VALID
10	Partisipasi (X9)	0.422	0,224	VALID

4. Uji Asumsi Klasik

Uji asumsi klasik digunakan untuk mengetahui apakah antar variabel indepen atau variabel (X) mempunyai hubungan atau korelasi. Suatu data indepen yang baik tidak mengalami hubungan antar variabel (X).

a. Uji Kenormalan

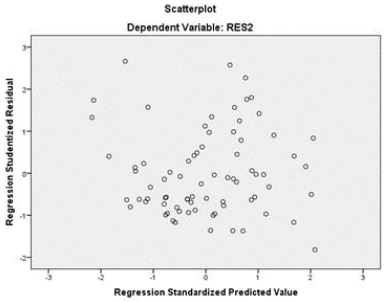
Uji normalitas bertujuan untuk menguji apakah dalam model regresi, variabel pengganggu variabel (X) atau residual memiliki distribusi normal. Data berdistribusi normal apabila titik-titik menyebar disekitar garis diagonal.



Gambar 2. Hasil Uji Kenormalan

b. Uji Heteroskesdastisitas

Uji heteroskesdastisitas bertujuan untuk mengetahui variabel (X) yang tidak konstan.



Gambar 3. Hasil Uji Heteroskesdastisitas

Berdasarkan Gambar 3 dinyatakan tidak terdapat hetero skesdastisitas apabila penyebaran nilai-nilai residual terhadap nilai-nilai prediksi tidak membentuk suatu pola tertentu. Jadi, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat heteroskesdastisitas.

c. Uji Multikolinearitas

Bertujuan untuk menguji apakah model regresi ditemukan adanya korelasi antar variabel bebas Variabel (X). Berdasarkan Tabel 8 diperoleh nilai VIF kurang dari 10, sehingga data tidak memiliki gejala multikolinieritas.

Tabel 8. Hasil Uji Multikolinearitas

Coefficients[a]

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	Collinearity Statistics	
		B	Std. Error	Beta			Tolerance	VIF
1	(Constant)	-.725	.489		-1.482	.143		
	x1	.294	.076	.493	3.848	.000	.430	2.328
	x2	-.006	.003	-.164	-1.746	.085	.802	1.248
	x3	.022	.013	.156	1.662	.101	.796	1.256
	x4	-.030	.023	-.117	-1.309	.195	.884	1.131
	x5	4.593E-9	.000	.281	3.160	.002	.890	1.124
	x6	-.067	.069	-.106	-.960	.341	.579	1.726
	x7	.044	.065	.064	.679	.499	.789	1.267
	x8	.146	.076	.189	1.919	.059	.731	1.368
	x9	.041	.068	.057	.595	.554	.781	1.280

a. Dependent Variable: wtp

d. Uji Autokorelasi

Uji Autokorelasi bertujuan untuk mengetahui apakah variabel (X) mengalami kolerasi.

Tabel 9. Hasil Uji Autokorelasi

Model Summary[b]

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Durbin-Watson
1	.731[a]	.534	.471	.311	1.535

a. Predictors: (Constant), x9, x5, x4, x7, x2, x6, x3, x8, x1

b. Dependent Variable: wtp

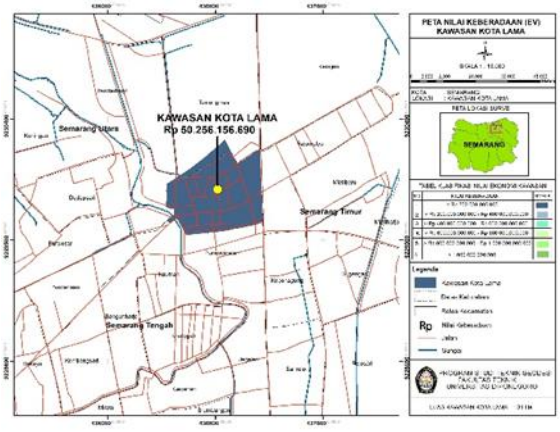
Berdasarkan Tabel 9 diperoleh nilai uji autokoreasi sebesar 1,535. Dapat dinyatakan bahwa tidak terjadi autotokorelasi karena nilai terletak diantara 1,5-2,5.

5. Peta Zona Nilai Ekonomi Kawasan

Berdasarkan penelitian dan penilaian Kawasan Kota Lama yang telah dilakukan, maka diperoleh Peta Nilai Guna Langsung (*Direct Use Value*, DUV), Peta Nilai Keberadaan (*Existance Value*).

a. Peta Nilai Keberadaan (*Existance Value*, EV)

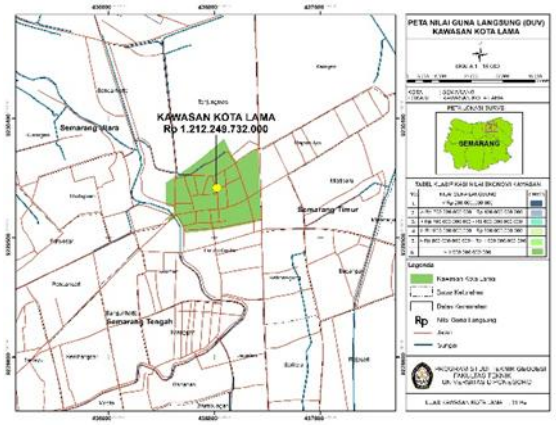
Berdasarkan Peta EV pada Gambar 4 diketahui bahwa Kawasan Kota lama berada pada klasifikasi warna biru dengan nilai fungsi kawasan < Rp 200.000.000.000,- Kawasan Kota Lama memiliki nilai fungsi kawasan sebesar Rp 50.256.156.690,-. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil kuisioner terhadap responden yaitu masyarakat yang memanfaatkan langsung keberadaan objek wisata Kawasan Kota Lama.



Gambar 4. Peta Keberadaan (EV) Kawasan Kota Lama

b. Peta Nilai Guna Langsung (*Direct Use Value*, DUV)

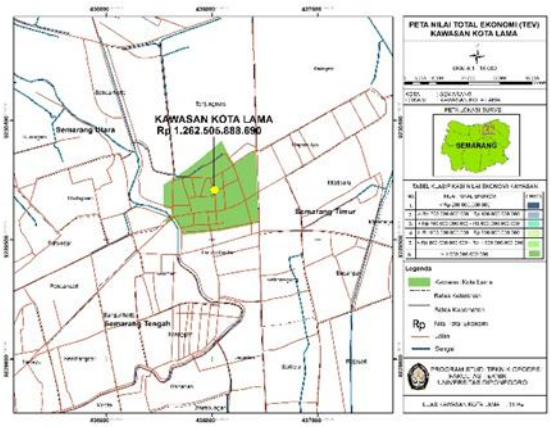
Berdasarkan Peta DUV pada Gambar 5 diketahui Kawasan Kota Lama berada pada klasifikasi warna hijau dengan nilai fungsi kawasan > Rp 1.000.000.000.000,- Kawasan Kota Lama memiliki nilai fungsi kawasan sebesar Rp 1.212.249.732.000,-. Nilai tersebut diperoleh berdasarkan hasil kuisioner terhadap responden yaitu pengunjung yang mengeluarkan biaya perjalanan untuk sampai pada objek wisata Kawasan Kota Lama.



Gambar 5. Peta Nilai Guna Langsung (DUV) Kawasan Kota Lama

c. Peta Total Nilai Ekonomi Kawasan (*Total Economic Value,* TEV)

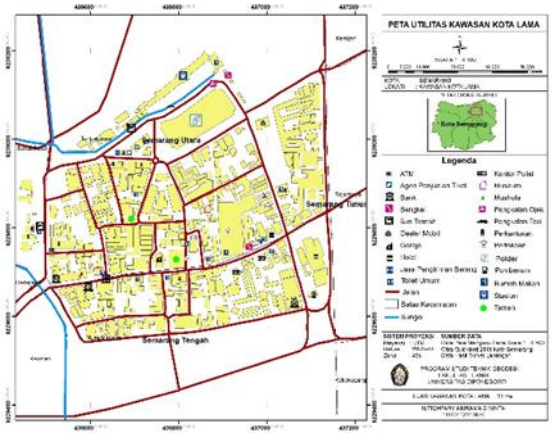
Total Nilai Ekonomi (TEV) diperoleh dari hasil penjumlahan Nilai Guna Langsung (DUV) dan Nilai Keberadaan (TEV). Berdasarkan Peta TEV pada Gambar 6 dapat diketahui bahwa total nilai ekonomi objek wisata Kawasan Kota Lama sebesar Rp 1.262.505.888.690,-.



Gambar 6. Peta Nilai Total Ekonomi (TEV) Kawasan Kota Lama

6. Peta Utilitas

Kemudahan aksesbilitas dan fasilitas umum yang memadai menjadi sebab wisatawan mengunjungi objek wisata sejarah tersebut sehingga mengakibatkan Kawasan Kota Lama mengalami peningkatan frekuensi kunjungan yang signifikan dari tahun ke tahun. Peta Utilitas Kawasan Kota Lama dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Peta Utilitas Kawasan Kota Lama

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Melalui proses perhitungan dan penilaian diperoleh nilai total ekonomi (TEV) Kawasan sebesar Rp 50.256.156.690,-. Sedangkan hasil analisis pada hitungan TCM variabel pendidikan, pendapatan, dan frekuensi kunjungan paling mempengaruhi fungsi kawasan sebagai penyedia jasa dengan nilai guna langsung sebesar Rp 1.212.249.732.000.
2. Produk yang dihasilkan dari penelitian yaitu, Peta Nilai Guna Langsung (DUV), Peta Keberadaan (EV) dan Peta Total Nilai Ekonomi (TEV). Dilihat dari Peta DUV berdasarkan perhitungan kawasan kota lama ada pada rentang harga sebesar > Rp 1.000.000.000.000- , sedangkan Peta EV ada pada rentang harga sebesar < Rp 200.000,000.000- . Maka didapatkan Peta TEV ada pada rentang harga > Rp 1.000.000,000.000,-.
3. Kota lama sebesar Rp 1,262,505,888,690,-. Nilai tersebut didapatkan dari hasil penjumlahan nilai keberadaan (EV) dan nilai guna langsung (DUV) Hasil analisis menunjukkan bahwa variabel pendapatan pada hitungan CVM paling mempengaruhi fungsi kawasan demi mempertahankan keberadaan kawasan tersebut dengan nilai keberadaan

Saran yang perlu diperhatikan setelah melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dikaji terlebih dahulu uji validitas dan uji reabilitas terhadap kuisioner CVM untuk mengetahui seberapa jauh kevalidan dan reabilitas kuisioner yang akan digunakan.
2. Saat melakukan pengolahan dan perhitungan CVM maupun TCM sebaiknya memilih data responden yang memiliki variabel bebas yang hampir sama agar memudahkan dalam perhitungan.
3. Dalam penelitian ini lebih memperhatikan saat melakukan pengambilan data primer khususnya kuisioner pada responden TCM, dilakukan saat akhir pekan atau hari libur. Karena responden atau pengunjung banyak yang datang pada hari libur.

Ucapan Terimakasih

Penulis template mengucapkan terima kasih kepada Jurusan Teknik Geodesi dan instansi yang telah memberikan data untuk Penelitian Karya ilmiyah ini.

Daftar Pustaka

Direktorat BPN, 2012, " *Survey Potensi Tanah",* Buku Panduan Latihan Hitung Penilaian Kawasan.

http://SPSSIndonesia.com. (Diakses pada tanggal 20 Agustus 2016).

Pembuatan Aplikasi Pembelajaran Hitungan Geodesi Berbasis Web

Muhammad Iqbal Akhsin[a], Moehammad Awaluddin[b], Andri Suprayogi[c]

[a,] Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (iqbalamuhammad@gmail.com)
[b,] Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (awal210874@gmail.com)
[c,] Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro (andreebdg@gmail.com)

ABSTRACT

Geodesy is one branch of applied mathematics that studies the measurement of the earth's surface. Therefore, Geodesy students are required to have a deep understanding of various types of basic calculations with the help of a program. Calculation program not only displays the result of the count but also a matter of process that is easily understood. In order to be more accessible to many people, it was created a web-based program. In this research designed, a website, which has to learn, features on several counts of Geodesy, namely: Geodesy Basic Problem, Map Projections and Coordinate Conversions. Some count included in this site the Principal Problem of Geodesy with the method of Gauss Mid-Latitude and Vincenty, Transformation Map Projection UTM, and Transverse Mercator and Geodetic Coordinate Conversions - geocentric. This web based programming language prepared using PHP and HTML and uploaded to the site hitungangeodesi.com.The result of count program compared with the adjust program count result and the excel .Test comparisons get the same results, except in Geodetic Coordinate Transformation program to UTM / TM3 / TM has a difference of 0.0002 m and Count reverse azimuth Gauss methods Mid-Latitude difference of 0.02 ". The students of Geodesy UNDIP questionnaire have tested programs on the web in two phases with the positive feedback value of 96.55% and 97.92%..

Keywords *Coordinate conversions, Map Projection, Principal matter of geodesy, Web Programmer*

Pendahuluan

Latar Belakang

Geodesi mempelajari mengenai pengukuran di permukaan bumi, bentuk muka bumi sebagai geoid maupun elipsoid serta berbagai macam jenis hitungan didalamnya. Yang dimaksud elipsoid disini adalah elips yang berotasi pada sumbu pendeknya. Elipsoid yang digunakan sebagai model bumi sering disebut dengan elipsoid referensi (Kahar, 2008). Sehingga mahasiswa Geodesi dituntut memiliki pemahaman yang mendalam mengenai berbagai macam jenis hitungan dasar.

Dalam Kurikulum Teknik Geodesi UNDIP, hitungan-hitungan tersebut dipelajari pada saat kuliah di Semester III. Beberapa mata kuliah yang khusus mempelajari hitungan geodesi adalah Sistem Transformasi Koordinat, Hitungan Proyeksi Geodesi dan Proyeksi Peta. Ketiga mata kuliah ini secara khusus memperlajari hitungan penentuan posisi di atas permukaan bidang ellipsoid, konversi dan transformasi antar sistem koordinat.

Dalam memahami jenis jenis hitungan ini, menjadi kendala tersendiri bagi mahasiswa untuk memahami hitungan secara komprehensif. tidak sedikit pula mahasiswa yang harus kembali mengambil mata kuliah tersebut dikarenakan dianggap belum memenuhi syarat kelulusan mata kuliah. Sehingga dibutuhkan sebuah sistem yang secara fleksibel dan bisa digunakan dimana saja untuk dapat membantu mahasiswa memperdalam kompetensi utuk jenis hitungan tertentu.

Seiring dengan berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi yang berkembang pesat, muncul berbagai macam bentuk perangkat lunak yang dapat memberikan bantuan untuk melakukan hitungan Geodesi. Namun sejauh ini program dan perangkat lunak tersebut hanya memberikan fasilitas input data dan setelah itu berisi eksekusi khusus untuk menampilkan hasilnya, tanpa menampilkan penjelasan mengenai tahapan perhitungan. Selain itu beberapa perangkat lunak memerlukan speksifikasi khusus, dan bergantung pada sistem operasi tertentu serta terkendala lokasi (Syetiawan, 2013).

Dengan mengacu permasalahan di atas muncul suatu gagasan untuk membuat aplikasi pembelajaran hitungan Geodesi yang berbasis *web* agar dapat diakses dari manapun tanpa terkendala sistem operasi dan lokasi. Sehingga dapat diakses oleh siapapun, kapanpun dan dimanapun pengguna berada dengan menggunakan internet sebagai media untuk mengakses *web*. Pengaksesan dapat dilakukan dengan

menggunakan perangkat komputer atau melalui telepon genggam cerdas oleh pengguna dimanapun berada.

Penelitian yang Berhubungan

Dalam penelitian Agung Syetiawan (2013) dalam penelitian Tugas Akhirnya yang berjudul "Pembuatan Aplikasi Pengolah Komponen Pasut Metode Perataan Kuadrat Terkecil Berbasis Web" membahas mengenai penggunaan PHP dan HTML untuk menyusun suatu aplikasi hitungan.

Program-program hitungan Geodesi lain yang telah dibuat oleh mahasiswa Teknik Geodesi UNDIP dalam Tugas Akhirnya adalah program hitungan perataan data jarak dan sudut (Yunsorun, 2011), perataan beda tinggi waterpass (Handriyanto, 2013), perataan jaring *baseline* pengukuran GPS (Hutomo, 2012). Kesemua program tersebut merupakan program berbasis *dekstop*.

Dalam makalah ini akan dibahas pembuatan program hitungan konversi koordinat Geodetik - Geosentrik, Geodetik – Peta UTM/TM3/TM dan hitungan penentuan posisi di atas elipsoid dengan metode *Gauss Mid Latitude* dan *Vincenty* berbasis web.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana membuat aplikasi pembelajaran dan hitungan Geodesi berbasis web dengan tampilan antar muka yang *user friendly*?
2. Bagaimana menguji tingkat ketelitian dari aplikasi hitungan dari PHP terhadap aplikasi hitungan dari perangkat lunak yang lain?
3. Bagaimana cara menyajikan tahapan pengolahan hitungan kepada pengguna?

Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah:

1. Membangun aplikasi pembelajaran hitungan Geodesi yang memiliki fitur pembelajaran hitungan Geodesi berbasis web menggunakan bahasa pemrograman PHP dan HTML
2. Membantu mahasiswa dalam memahami tahapan hitungan konversi koordinat Geodetik - Geosentrik, Geodetik – Peta UTM/TM3/TM dan hitungan penentuan posisi di atas elipsoid dengan metode *Gauss Mid Latitude* dan *Vincenty.*

Ruang Lingkup Penelitian

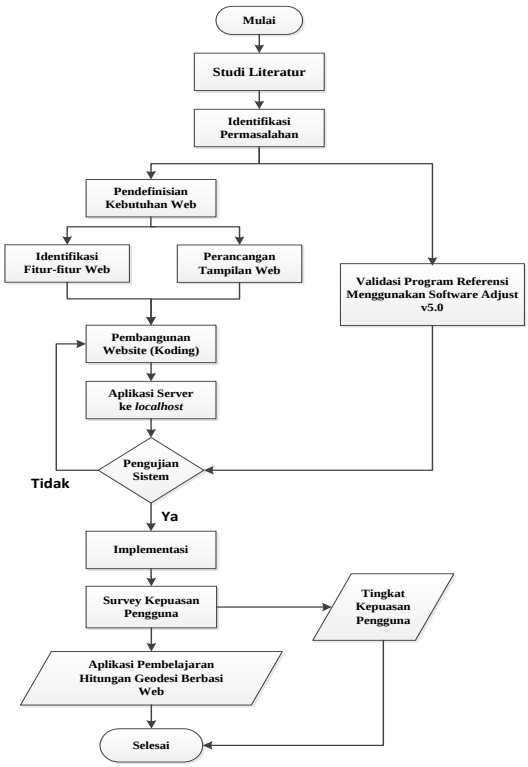
Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Aplikasi memiliki fitur hitungan:
   a. Konversi koordinat Geodetik – Geosentrik;
   b. Konversi koordinat Geodetik – Peta UTM, TM3 dan TM;
   c. Hitungan penentuan posisi pada bidang ellipsoid metode *Gauss Mid Latitude* dan *Vincenty.*
2. Aplikasi dibuat dengan menggunakan bahasa pemrograman PHP 5.6.20 dan HTML.
3. Pengujian hasil hitungan dengan menggunakan Program Adjust v6.10 dan hitungan di excel.

Metodologi

Persiapan

Pada tahap ini akan dilakukan beberapa tahapan persiapan, antara lain persiapan peralatan dan bahan yang diperlukan serta perancangan diagram alir dari penelitian, metodologi yang yang memuat informasi mengenai tampilan *website* serta *script* yang dibuat untuk menyusun *website.*



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Peralatan yang Digunakan

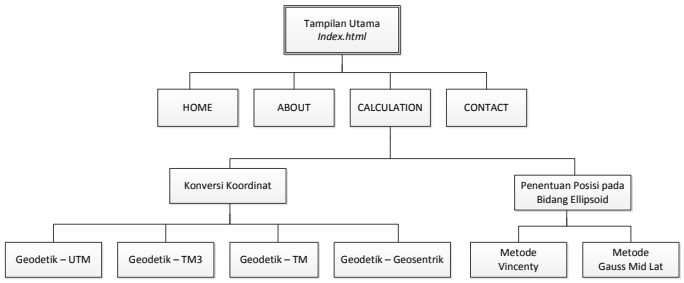
Peralatan yang digunakan terbagi menjadi dua yakni perangkat keras dan perangkat lunak dengan spesifikasi sebagai berikut :

1. Perangkat Keras:
   a. *Type* : ASUS A555L
   b. *Processor* : Intel® Core™ i5-5200U CPU @2.20GHz
   c. *System* : Windows 8.1 64bit
   d. *Memory* : 4GB
   e. *Storage* : 1000 GB / 1 TB
   f. Printer

2. Perangkat Lunak:
   a. Microsoft Office 2010 untuk penyusunan laporan dan hitungan
   b. Microsoft Visio 2010 untuk pembentukan rencana tampilan *web*
   c. Notepad ++ dan Sublime Text 3 untuk penyusunan *script* PHP dan HTML
   d. XAMPP 1.6.4 digunakan sebagai *server* yang berfungsi untuk menjalankan program aplikasi di *localhost*
   e. *File* Zilla digunakan untuk *uploading* koding ke *server domain*
   f. Chrome adalah *web browser* yang digunakan untuk menjalankan program aplikasi melalui *localhost*
   g. *Adjust* 7.0 adalah program hitungan Geodesi berbasis *dekstop* yang dapat diunduh di http://www.personal.psu.edu/cdg3/free.htm

Perancangan Sistem Aplikasi

Perancangan sistem aplikasi merupakan perencanaan menu menu yang akan tersedia dalam aplikasi. Dalam perancangan sistem ini akan dibuat dengan menggunakan bentuk hirarki *activity* urutan tingkatan atau jenjang dari yang paling umum hingga khusus.



Gambar 2. Hirarki *Activity*

Pada tahap ini penulis merancang *User Interface* (UI) aplikasi dengan menggunakan aplikasi Microsoft Visio 2010 yang tergabung dalam Microsoft Office. Perancangan sistem mencakup tampilan *Home* serta sub halaman yang sudah disusun dengan hirarki *activity*.

Perancangan *User Interface*

Pada tahap ini penulis merancang *User Interface* (UI) aplikasi dengan menggunakan aplikasi Microsoft Visio 2010 yang tergabung dalam Microsoft Office. Perancangan sistem mencakup tampilan *Home* serta sub halaman yang sudah disusun dengan hirarki *activity*.

Pembangunan dan Uji Coba Pengodean

Pengodean yang dibangun adalah kode untuk *form* dan *process*. Kedua pengodean tersebut merupakan isi dari aplikasi yang akan disisipkan pada *template* yang telah disusun.

Setelah selesai membuat pengodean program aplikasi, sebelum diunggah ke alamat domain, dicoba terlebih dahulu dengan menggunakan *localhost*. Tujuan dari penggunaan *localhost* adalah melakukan *checking* apakah program yang sudah kita susun sesuai dengan Hirarki *activity* yang sudah kita tentukan.

Untuk dapat diakses melalui *localhost,* kami menggunakan XAMPP *Control Panel* untuk mengaktifkan *Apache* yang berguna untuk mengeksekusi kode PHP.

Uji coba program menggunakan domain dan *hosting* pribadi. *Domain* bernama *hitungangeodesi.com* yang dimiliki secara pribadi. *Hosting* dilakukan dengan menggunakan menggunakan *Cpanel*.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Hasil Tampilan pada *web browser Laptop* adalah sebagai berikut.



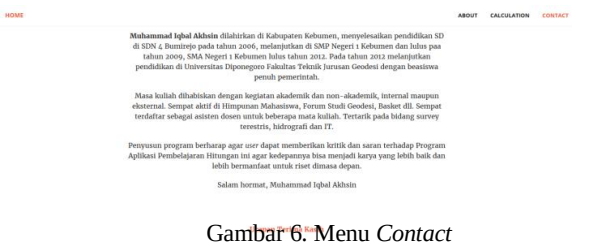
Gambar 3. Menu *Home*



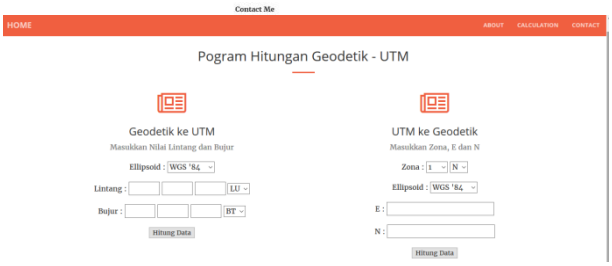
Gambar 4. Menu *About*



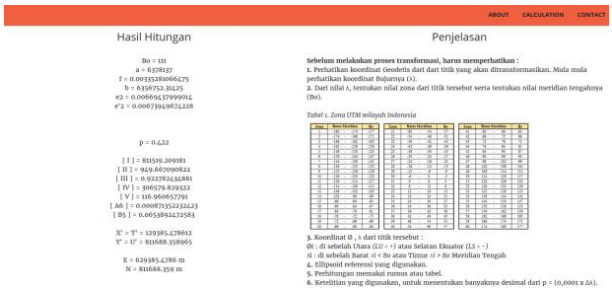
Gambar 5. Menu Program Hitungan



Gambar 6. Menu *Contact*

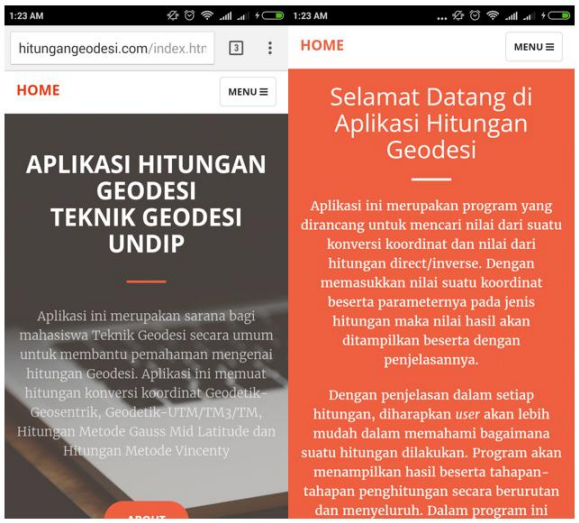


Gambar 7. *Form* Hitungan



Gambar 8. Proses dan Hasil Hitungan

Hasil Tampilan pada peramban di telepon genggam adalah sebagai berikut.



(a) (b)

Gambar 9. (a) Tampilan *Home* dan (b) Tampilan *About* pada Peramban Telepon Genggam



(a) (b)

Gambar 10. (a) Tampilan *Form* dan (b) Tampilan Program Hitungan pada Peramban Telepon Genggam

Pembahasan

Pengujian program aplikasi pembelajaran hitungan geodesi dilakukan dengan membuka pada beberapa *browser*. Program aplikasi ini di *hosting* pada *domain* **hitungangeodesi.com**..

Tidak ditemukan adanya kegagalan sistem ataupun *error* ketika aplikasi dijalankan. Tidak ditemukan pula adanya *link* yang tidak berfungsi. Semua berfungsi sesuai dengan rencana sistem

Hasil hitungan pada program ini jika dibandingkan dengan hasil hitungan pada perangkat lunak Adjust dan hitungan di *excel* adalah sebagai berikut.

1. Perbedaan selisih untuk hasil N (*Northing*) konversi koordinat Geodetik ke UTM/TM3/TM sebesar 0 – 0.0012 m dari 0^0 – 90^0 LU/LS.
2. Perbedaan hasil sebesar 0.02” (detik) pada program hitungan metode *Indirect* Gauss Mid Latitude.
3. Hasil program selebihnya didapatkan nilai yang sama antara program ini dengan perangkat lunak *Adjust* dan hitungan di *excel.*

Berdasarkan hasil validasi yang sudah dilakukan dapat disimpulkan bahwa tidak ada selisih yang signifikan antara program aplikasi milik penulis dengan aplikasi hitung lain yang dianggap sebagai acuan yakni perangkat lunak *Adjust.* Validasi hasil juga menunjukkan hasil yang sama jika dilakukan perhitungan dengan *Microsoft Excel*.

Perbedaan selisih untuk hasil N (*Northing*) konversi koordinat Geodetik ke UTM/TM3/TM disebabkan adanya perbedaan formula dalam menghitung nilai dari panjang busur meridian. Panjang busur meridian adalah panjang antara garis ekuator dengan titik yang akan dikonversi (Lintang). Dalam penentuan panjang

busur meridian, digunakan deret MacLaurin yang merupakan bentuk khusus dari deret Taylor (Prijatna, 2006). Besar selisih hasil hitungan antara Program penulis dengan Software Adjust dimulai dari nilai sebesar 0 m sampai sebesar 0,0012 m pada Lintang 90^0 0' 0" LU/LS.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Aplikasi pembelajaran dan hitungan Geodesi merupakan program sederhana memiliki elemen-elemen yang berisi hitungan dan penjelasan tahapan hitungan yang mudah dipahami, penyusunan program dengan menggunakan PHP dan HTML.
2. Data hasil hitungan program penulis dibandingkan dengan hasil hitungan program *Adjust* memiliki selisih untuk hasil N (*Northing*) pada konversi koordinat Geodetik ke UTM/TM3/TM sebesar 0 – 0,0012 m dari 0^0 – 90^0 LU/LS dan selisih sebesar 0,02" untuk hasil *reverse azimuth* metode *direct Gauss Mid Latitude* dengan hitungan *excel*. Hasil program selebihnya didapatkan nilai yang sama.
3. Program dapat menampilkan hasil dari hitungan beserta proses hitungan yang ditampilkan dalam dua kolom dalam satu halaman.

Saran

1. Pengembangan terhadap program aplikasi *web* yang dapat mendukung berbagai macam format CSS dan HTML
2. Program aplikasi hitungan pembelajaran hitungan geodesi ini belum dilengkapi dengan fasilitas unggah *file* yang dapat dengan otomatis meghitung banyak data.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan bamyak terimakasih kepada semua pihak di Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan makalah ini.

Daftar Pustaka

Handriyanto, S.N., 2013, *Pembuatan Program Perhitungan Perataan Jaring Sipat Datar*, Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.

Hutomo, S.S., 2012. *Pembuatan Program Perataan Jaring GPS*, Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

Kahar, J., 2008, *Geodesi*, Penerbit ITB, Bandung.

Syetiawan, A., 2013, *Pembuatan Aplikasi Pengolah Komponen Pasut Metode Perataan Kuadrat Perataan Kuadrat Terkecil Berbasis Web*, Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.

Yunsorun, R., 2011, *Pembuatan Program Ekstrasi dan Perataan Parameter Kerangka Horisontal dari Data Total Station Sokkia*, Skripsi: Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.

Hitungan Kecepatan Pergerakan Stasiun SuGAr Akibat Proses Interseismik Gempa Mentawai 2007

Much Jibriel Sajagat[a], Moehammad Awaluddin[b], Bambang Darmo Yuwono[c]

[a,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (muchjibrielsajagat@yahoo.com)
[b,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (awal210874@gmail.com)
[c,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (bdyuwono92@gmail.com)

ABSTRACT

The Mentawai Islands is a region in southwest Sumatra, which has high seismic activity. Carrying of historical seismicity on the west coast of Sumatra, in this area has been an earthquake with a greater magnitude in 1833 (magnitude 8.7), in 2000 (magnitude 7.9) and on September 12, 2007 with the magnitude of the main quake 8.5, followed by a large earthquake on the other day with magnitude 7.9. The earthquake followed by the tsunami on October 25, 2010, occurred in the Mentawai Islands, especially in the area of South Pagai with magnitude 7.7.

This research uses data observations of SuGAr before 2007 earthquake. We processed the SuGAr data using GAMIT Ver. 10.6. This research aim to calculate the velocity rate before 2007 earthquake from observational data of SuGAr stations . Furthermore, the value of velocity rate omitted from the effects of Sumatran fault activity and Sunda block rotation to get the value of interseismic velocity rate at SuGAr stations .

Velocity rate of displacemebt horizontally SuGAr station due interseismic process leads to the Northeast. Greatest horizontal velocity rate on the station BTET 0.0431 m / year. While most large vertical on the station BSAT 0.0116 m / year.

Keywords *GAMIT, Interseismic, SuGAr Stations, Velocity Rate.*

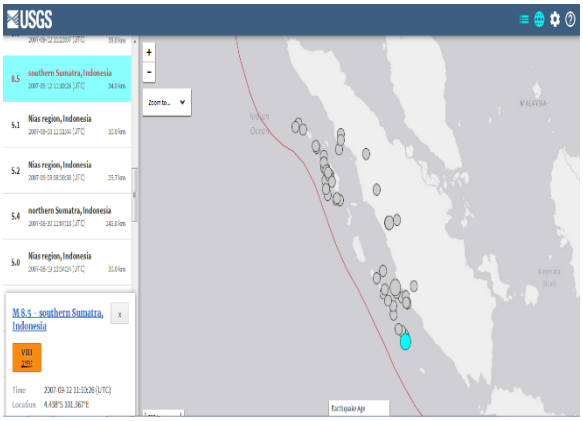
Pendahuluan

Latar Belakang

Sumatra merupakan pulau di Indonesia yang memiliki potensi gempa bumi yang cukup besar. Dalam catatan sejarah sering terjadi gempa bumi di Sumatra bahkan beberapa diiringi dengan gelombang tsunami akibat lokasi sumber gempa yang terlalu dangkal dan besarnya kekuatan gempa yang terjadi. Kepulauan di Sumatra mengakomodasi tumbukan lempeng Hindia-Australia yang menekan lempeng Eurasia dengan kecepatan 5-6 cm/tahun pada batas antar lempeng di sepanjang pantai barat Sumatra. Zona subduksi Sumatra adalah jalur gempa bumi yang paling banyak menyerap dan mengeluarkan energi Gempa bumi. Dalam sejarah, tercatat sudah banyak Gempa bumi yang terjadi dengan magnitudo lebuh dari 8 (Natawidjaja, D.H., 2007).

Kepulauan Mentawai terletak di bagian paling barat Sumatera dan termasuk wilayah zona subduksi Segmen Mentawai. Kepulauan ini terdiri atas tiga pulau utama yang berpenghuni yaitu Pulau Siberut, Pulau Sipora, dan Pulau Pagai. Gempabumi tektonik sering terjadi di ketiga pulau ini. Berdasarkan data gempabumi di USGS dengan alamat website http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/ tercatat intensitas gempabumi yang cukup sering terjadi di pulau Sumatra khususnya di Kepulauan Mentawai antara tahun 2006 s/d 2007. Dimana gempa terbesar terjadi pada hari rabu tanggal 12 September 2007 pada jam 11:10:26 UTC atau 18:10:26 PM pada waktu lokal di kepulauan Mentawai dengan magnitude (Mw) 8,5 dengan kedalaman 34 Km yang berlokasi di 4,438º LS dan 101,367º BT. Pusat gempa berjarak sekitar 122,22 Km (75,9 Mil) arah barat daya Kota Bengkulu, berjarak sekitar 208,7 Km (129,7 Mil) arah barat daya Kota Lubuk linggau, Indonesia.

Lokasi gempabumi berada di antara zona besar sesar Sumatra dan blok Sunda, dimana pada sesar Sumatra dan blok Sunda memiliki nilai pergerakan per tahunnya beserta arah pergerakannya masing-masing. Sehingga pada gempa yang terjadi di Mentawai 2007 masih memiliki nilai pengaruh dari pergerakan sesar Sumatra dan blok Sunda. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Bock dan Prawirodirdjo (2003) menunjukkan bahwa total energi yang dilepaskan di sepanjang Segmen Mentawai sampai tahun 2007 tidak lebih dari sepertiga energi yang terlepas dari total energi yang sudah terkumpul lagi sejak gempabumi tahun 1797 dan 1833. Adapun gempabumi mempunyai sifat berulang. Suatu gempabumi yang terjadi di suatu daerah akan terjadi lagi di masa yang akan datang dalam periode waktu tertentu. Istilah perulangan gempabumi ini dinamakan siklus gempabumi (Shimazaki dan Nakata dalam Vigny, 2005). Dalam satu siklus gempa bumi terdapat beberapa tahapan mekanisme terjadinya gempa bumi, yaitu tahapan interseismik, koseismik, dan pasca-seismik. Tahapan interseismik merupakan tahapan awal dari suatu siklus gempa bumi. Pada tahapan ini energi dari dalam bumi menggerakkan lempeng dan energi mulai terakumulasi di bagian-bagian lempeng tempat biasanya terjadi gempa bumi. Tahapan koseismik adalah saat terjadinya gempa utama. Tahapan post-seismik didefinisikan sebagai tahapan ketika sisa-sisa energi gempa terlepaskan secara perlahan dan dalam kurun waktu yang lama sampai kondisi kembali ke tahap kesetimbangan awal yang baru.



Gambar 1. Lokasi Gempa Mentawai 12 September 2007

Sumber :
http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/
(2016)

Dewasa ini survei geodetik semakin dapat di andalkan untuk melakukan pengamatan dan analisis deformasi pada setiap tahapan gempa bumi. Data dan metode yang digunakan dalam analisis deformasi dapat beragam, diantaranya adalah dengan pengamatan GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dan menggunakan *Interferometric Synthetic Aperture Radar* (InSAR).

Survey GNSS dapat digunakan untuk memantau deformasi suatu daerah pada saat periode gempa baik saat interseismik, koseismik, dan pasca-seismik. Kecepatan pergeseran daerah yang diamati dapat berhubungan dengan

aktivitas interseismik suatu bidang gempa daerah tersebut (Awaluddin, 2012).

Sumatran GPS Array (SuGAr) dibuat dan dioperasikan oleh anggota Earth Observatory of Singapore (EOS) dan Lembaga Ilmu Penelitian Indonesia (LIPI). Data pengamatan GPS ini memiliki interval waktu pengamatan 15 detik. Sejak tahun 2002, SuGAr secara berkelanjutan memonitor pergerakan tektonik di sepanjang pantai barat Sumatra dan Kepulauan Mentawai (Rusmen, M.R dkk., 2012).

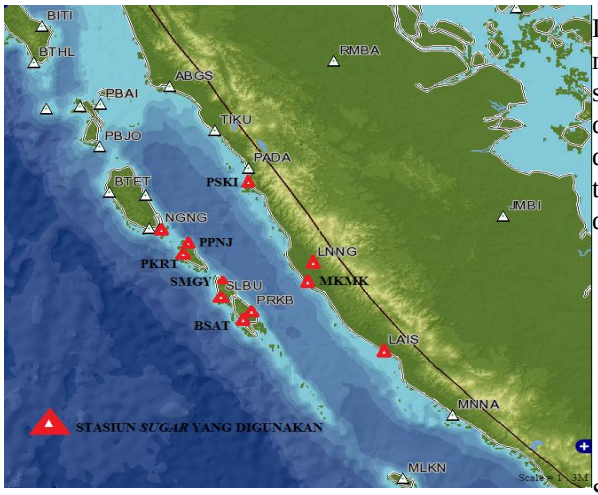
Oleh karena itu dengan adanya SuGAr pemantauan deformasi suaru daerah yang aktivitas seismiknya tinggi seperti Kepulauan Mentawai dapat dilakukan salah satunya dengan menghitung kecepatan stasiun-stasiun SuGAr akibat adanya proses interseismik bidang gempa di daerah tersebut.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah yang diteliti dalam penelitian ini adalah berapakah nilai vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) stasiun GPS SuGAr akibat proses Interseismik gempa Mentawai 2007?

Maksud dan Tujuan

Maksud dan tujuan yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah menghitung nilai vektor kecepatan pergeseran (*velocity rate*) stasiun SuGAr akibat proses Interseismik gempa Mentawai 2007.



Gambar 2. Lokasi Penelitian Ditandai Oleh Segitiga Berwarna Merah

Sumber: Di gambar ulang dari SOPAC (2016)

Tabel 1. Stasiun SuGAr yang digunakan dalam penelitian

No	Stasiun	Lokasi
1	BSAT	Bulasat, Pulau Pagai Selatan
2	MKMK	Bandara Moku-moku
3	NGNG	Nyang-nyang, Pulau Siberut
4	LNNG	Lunang, Indonesia
5	LAIS	Lais, Bengkulu
6	PSKI	Pulau Sikuai
7	PPNJ	Pulau Panjang, Tuapejat
8	PRKB	Parak Batu, Pulau Pagai Selatan

Metodologi

Peralatan yang digunakan

Perangkat lumak yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sistem Operasi *Windows* 7 dan *Linux Ubuntu* 14.04 LTS.
2. GAMIT dan GLOBK versi 10.6, digunakan dalam pemrosesan/ pengolahan data RINEX.
3. *Microsoft Office* 2013, sebagai perangkat pengolah kata.
4. *Adjust*, sebagai perangkat lunak keperluan transformasi koordinat
5. MATLAB, sebagai perangkat lunak untuk perhitungan *velocity rate.*
6. GMT (Generic Mapping Tool), sebagai perangkat lunak untuk penggambaran.

Pengumpulan Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini meliputi dua bagian, yaitu data primer dan data sekunder. Dimana data yang digunakan adalah data periode waktu tahun 2006-2007 dikarenakan gempa Mentawai terjadi pada tanggal 12 September 2007. Data primer yang digunakan meliputi:

1. Data stasiun SuGAr (*Sumatran GPS Array*) yang berjumlah 11 stasiun meliputi stasiun BSAT, LAIS, LNNG, NGNG, MKMK, PRKB, PSKI, PPNJ, SLBU, MSAI, BTET.
2. Data stasiun IGS yang berjumlah enam stasiun meliputi stasiun BAKO, COCO, DGAR, HYDE, KUNM, PIMO.

Sedangkan untuk data sekunder yang digunakan meliputi:

3. Data *locking depth* dan *slip rate* pada Sesar Sumatra yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan oleh Natawidjaja pada tahun 2010.

4. Data kutub euler dan kecepatan rotasi Blok Sunda dalam ITRF 2008 yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan oleh Henri Kuncoro pada tahun 2013.

Dengan menggunakan software GAMIT dan GLOBK 10.6 maka akan diperoleh koordinat toposentrik dan geosentrik dari masing-masing stasiun SuGAr untuk selanjutnya digunakan dalam perhitungan kecepatan pergerakan stasiun SuGAr akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007.

Menghitung kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseismik gempa Mentawai dilakukan dengan mengunakan rumus fungsi linear sebagai berikut:

$$Y = ax + b \quad (1)$$

Keterangan :
x : waktu
y : data pada waktu x
a dan b : nilai yang di tentukan dari kumpulan data pengamatan

Tahapan untuk mendapatkan mendapatkan nilai a dan b adalah menggunakan metode analisis kuadrat terkecil yang tahapannya dijelaskan sebagai berikut :

$$AX = F + V \quad (2)$$

$$X = (A^T A)^{-1} . (A^T F) \quad (3)$$

Keterangan:
A,V,F : matrik desain, matrik residu dan matrik identitas
X : parameter yang dicari

Kemudian dengan parameter a dan b yang sudah diperoleh, dihitung nilai koordinat di setiap waktu yang ada, dan dapat dihitung standar deviasinya. Jika selisih absolut dari nilai koordinat data dan hasil hitungan melebihi satu standar deviasi maka data pada waktu itu di tolak. Data-data yang diterima kemudian dilakukan proses pencocokan kurva kembali dengan metode yang sama sehingga di dapat parameter a dan b yang baru.

Dengan parameter a dan b yang di dapat dihitung koordinat titik pada hari ke-1 tahun pertama dan hari ke-1 tahun kedua. Selisih koordinat keduanya adalah kecepatan pergeseran pertahun titik akibat proses interseismik

Kecepatan hasil perhitungan di atas masih harus dikurangkan dengan kecepatan pergerakan stasiun SuGAr akibat aktivitas Sesar Sumatra dan rotasi Blok Sunda. Untuk menghitung kecepatan pergerakan stasiun SuGAr akibat aktivitas Sesar Sumatra dapat dihitung menggunakan rumus (Meilano, 2012):

$$S(y) = (D/\pi) * TAN^{-1} (y/w) \quad (4)$$

Keterangan :
S(y) : Pergeseran titik di permukaan sebagai fungsi jarak
D : *Slip Rate*
W : kedalaman bidang sesar terkunci (*locking depth*)
y : jarak titik tegak lurus ke sesar

Sedangkan untuk menghitung kecepatan pergerakan stasiun SuGAr akibat rotasi blok Sunda digunakan pemodelan *euler pole* pada ITRF 2008 dengan pusat rotasu *euler pole* = 46.202º dan *bujur euler pole* = -85.899º dengan kecepatan rotasi sebesar 0.37 deg/Myr (Kuncoro., H. 2013).

Hasil dan Pembahasan

Pada penelitian ini menghasilkan nilai kecepatan pegeseran (*velocity rate*) stasiun SuGAr yang ditunjukan pada Tabel 2 dimana kecepatan pergeseran (*velocity rate*) tersebut belum mewakili nilai kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007 karena masih dipengaruhi aktivitas Sesar Sumatra dan rotasi Blok Sunda.

Tabel 2. Nilai kecepatan pergeseran (velocity rate) stasiun SuGAr dalam meter/tahun

Nama Stasiun	Vn	Ve	Vu
BSAT	0,041	0,039	0,012
LAIS	0,014	0,029	0,009
LNNG	0,018	0,033	0,008
NGNG	0,019	0,042	0,009
MKMK	0,019	0,035	0,009
PRKB	0,039	0,038	0,010
PPNJ	0,030	0,038	0,009
PSKI	0,027	0,035	0,008
SLBU	0,036	0,036	0,001
BTET	0,038	0,039	0,009
MSAI	0,035	0,037	0,003

Selanjutnya untuk menghitung kecepatan pergerakan Stasiun SuGAr akibat aktivitas Sesar Sumatra dengan menggunakan rumus 4 dengan menggunakan nilai kedalaman bidang sesar terkunci (*locking depth*) sebesar 15 Km dan data *slip rate* 23 mm/tahun (Natawidjaja, 2007).

Menghasilkan nilai kecepatan seperti ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai kecepatan Stasiun SuGAr akibat aktivitas Sesar Sumatra dalam meter/tahun

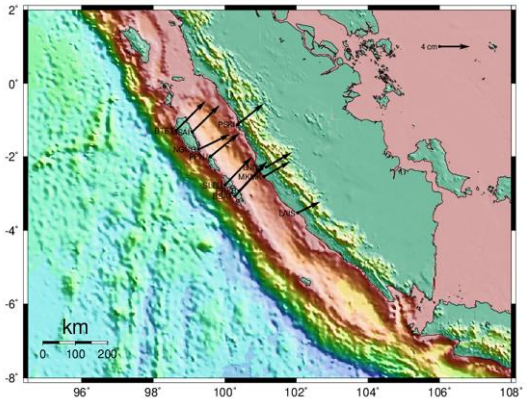
Nama Stasiun	Vn	Ve	Vu
BSAT	0,010	-0,010	0,000
LAIS	0,005	-0,007	0,000
LNNG	0,004	-0,007	0,000
NGNG	0,012	-0,007	0,000
MKMK	0,010	-0,010	0,000
PRKB	0,010	-0,010	0,000
PPNJ	0,009	-0,010	0,000
PSKI	0,010	-0,007	0,000
SLBU	0,010	-0,010	0,000
BTET	0,004	-0,010	0,000
MSAI	0,005	-0,009	0,000

Adapun untuk nilai kecepatan pergerakan Stasiun SuGAr akibat rotasi Blok Sunda hasil perhitungan ditampilkan pada Tabel 4.

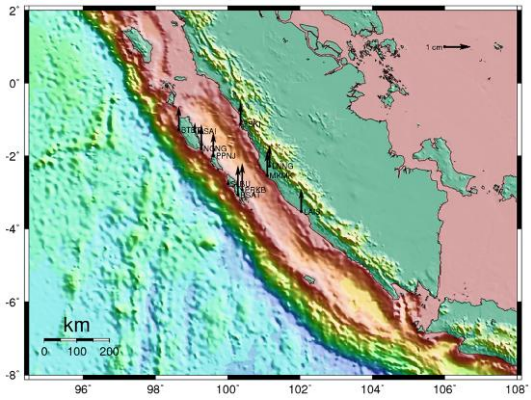
Tabel 4. Nilai kecepatan Stasiun SuGAr akibat rotasi Blok Sunda dalam meter/tahun

Nama Stasiun	Vn	Ve	Vu
BSAT	-0,003	0,028	0,000
LAIS	-0,004	0,028	0,000
LNNG	-0,003	0,029	0,000
NGNG	-0,003	0,029	0,000
MKMK	-0,004	0,028	0,000
PRKB	-0,003	0,028	0,000
PPNJ	-0,003	0,029	0,000
PSKI	-0,003	0,029	0,000
SLBU	-0,003	0,028	0,000
BTET	-0,002	0,025	0,000
MSAI	-0,002	0,025	0,000

Untuk pengambaran hasil kecepatan pergeseran akibat proses interseismik (*velocity rate*) stasiun SuGAr ditampilkan pada Gambar 3 dan Gambar 4 Adapun untuk kecepatan pergeseran pada komponen horizontal seluruh stasiun SuGAr yang diteliti mengarah ke timur laut dengan kecepatan berkisar antara 0,0156 s.d. 0,0431 m/tahun, sedangkan untuk kecepatan pergeseran pada komponen vertikal seluruh stasiun SuGAr yang diteliti mengarah ke atas dengan kecepatan berkisar antara 0,0011 s.d. 0,0116 m/tahun.



Gambar 3. Kecepatan pergeseran akibat proses interseismik (*velocity rate*) komponen horizontal Stasiun SuGAr



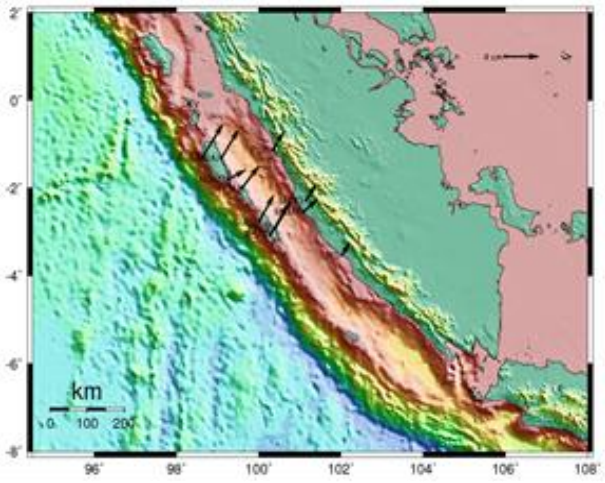
Gambar 4. Kecepatan pergeseran akibat proses interseismik (*velocity rate*) komponen vertikal Stasiun SuGAr

Dengan melakukan pengurangan pada nilai kecepatan pergeseran (*velocity rate*) stasiun SuGAr periode waktu tahun 2006-2007 dengan kecepatan pergerakan akibat aktivitas Sesar Sumatra dan rotasi Blok Sunda, maka akan diperoleh nilai kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseimik gempa Mentawai 2007 seperti ditampilkan pada Tabel 5.

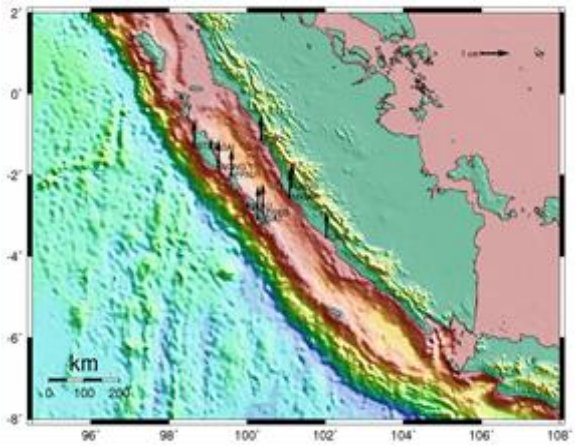
Tabel 5. Nilai kecepatan pergeseran (*velocity rate*) Stasiun SuGAr akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007 dalam meter

Nama Stasiun SuGAr	Vn	Ve	Vu
BSAT	0,034	0,021	0,012
LAIS	0,013	0,009	0,009
LNNG	0,018	0,012	0,008
NGNG	0,010	0,020	0,009
MKMK	0,013	0,016	0,009
PRKB	0,032	0,020	0,010
PPNJ	0,024	0,020	0,009
PSKI	0,020	0,013	0,008
SLBU	0,029	0,017	0,001
BTET	0,036	0,024	0,009
MSAI	0,032	0,021	0,003

Untuk plotting hasil kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007 ditampilkan pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) komponen horizontal Stasiun SuGAr akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007



Gambar 6. Kecepatan pergeseran (*velocity rate*) komponen vertikal Stasiun SuGAr akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kecepatan pergeseran stasiun SuGAr akibat proses interseismik pada komponen horizontal mengarah ke timur laut dengan kecepatan berkisar antara 0,0156 s.d. 0,0431 m/tahun, sedangkan untuk komponen vertikal mengarah ke atas dengan kecepatan berkisar antara 0,0011 s.d. 0,0116 m/tahun.

Stasiun BTET merupakan stasiun dengan kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007 terbesar pada komponen horizontal yaitu sebesar 0,0431 m/tahun, dan stasiun SuGAr BSAT merupakan stasiun dengan kecepatan pergeseran (*velocity rate*) akibat proses interseismik gempa Mentawai 2007 terbesar pada komponen vertikal yaitu sebesar 0,0116 m/tahun.

Saran

Saran untuk penelitian yang membahas permasalahan yang sama dengan penelitian ini, baiknya menggunakan jumlah data doy yang lebih banyak dan lebih tersebar di sepanjang tahun 2006-2007.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan bamyak terimakasih kepada semua pihak di Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan penelitian dan penulisan makalah ini.

Daftar Pustaka

Awaluddin M, Meilano I, Widiyantoro S., 2012, Estimation of Slip Distribution of the 2007 Bengkulu Earthquake from GPS Observation Using Least Squares Inversion Method , *ITB J. Eng. Sci.* 44(2), pp 186-205. Bandung.

Bock, L.Y. dan Prawirodirjo, J.F., 2003, "Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements", *Journal of Geophysical Research* Vol. 108, No. B8, 2367, doi:10.1029/2001JB000324, 2003

Kuncoro, H., 2013. "Estimasi Parameter Rotasi Euler Blok Sunda Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinyu Dan Episodik Di Regional Asia Tenggara", Tesis, Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Meilano, I., Abidin, HZ., Andreas, H., Gumilar, I., Sarsito, D., Hanifa, R. Rino, Harjono, H., Kato, T., Kimata, F., Fukuda, Y. 2012. Slip Rate Estimation of the Lembang FaultWest Java from Geodetic Observation. *Journal of Disaster Research* Vol. 7 No.1, 2012.

Natawidjaja, D.H., 2007. "Gempa Bumi dan Tsunami di Sumatra dan Upaya Untuk Mengembangkan Lingkungan Hidup yang Aman Dari Bencana Alam.

Natawidjaja, D.H. Triyoso, W., 2007, "The Sumatran Fault Zone — From Source To Hazard, *Journal of Earthquake and Tsunami LIPI* Vol. 1, No. 1 (2007) 21–47, Bandung.

Rusmen, R.M. dkk., 2012, "Analisis Deformasi Gempa Mentawai Tahun 2010 Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2010-2011", *Jurnal Geodesi dan Geomatika*, Institut Teknologi Bandung, Bandung.

Vigny, C., et al. 2005. Insight into the 2004 Sumatra–Andaman Earthquake from GPS Measurements in Southeast Asia, *Nature*, 436(7048), 201–206.

Publikasi dari internet

SOPAC, http://sopac.ucsd.edu/map.shtml (akses pada 17 April 2016).

USGS, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/ (akses pada tanggal 17 April 2016).

Penggunaan Parameter Orientasi Eksternal (EO) untuk Optimalisasi Digital Triangulasi Fotogrametri untuk Keperluan Ortofoto

Syarifa Naula Husna[a*], Sawitri Subiyanto[b], Hani'ah[c]

[a,] mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (syarifanaula@gmail.com)
[b,] staf pengajar Teknik Geodesi Universitas Diponegoro
[c,] staf pengajar Teknik Geodesi Universitas Diponegoro

ABSTRACT

This study have purposes to determine the accuration and maps scale that can be generated from the orthophotos which processed using Integrated Sensor Orientation (ISO) method. It is using digital aerial triangulation methodology by adding exterior orientation parameters (EO) on three samples which has different gap to produce orthophoto. The samples have three kinds of gaps which is 8 gaps, 4 gaps and 2 gaps. Overall implementation of the research are using Inpho Application Master software. After all of orthophotos are formed, $RMSE_X$ GCP values was obtained for 8 gaps aerial photos amounted to 0.547 meters long, $RMSE_Y$ amounted to 0.670 meters long and $RMSE_Z$ amounted to 1.162 meters long. Furthermore, 4 gaps aerial photos produced $RMSE_X$ amounted to 0.392 meters, $RMSE_Y$ amounted to 0.573 meters and $RMSE_Z$ amounted to 0.527 meters. Last, 2 gaps aerial photos produced $RMSE_X$ amounted to 0.137 meters, $RMSE_Y$ amounted to 0.428 meters and $RMSE_Z$ amounted to 0.377 meters. The horizontal accuracy value is 0.617 meter with scale 1: 5000 for 8 gaps aerial photos, 0.605 meter with scale 1: 5000 for 4 gaps aerial photos, and 0.477 meter with scale 1: 2500 for 2 gaps aerial photos.

Keywords : *Aerial triangulation, Exterior orientation, GCP, Orthophoto, Photogrammetry.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Fotogrametri merupakan metode survei dan pemetaan yang cukup efektif. Metode ini dapat memotret cakupan wilayah yang luas dari jarak dekat dan ketelitian yang besar hanya dalam waktu singkat. Peta foto yang dihasilkan juga dapat memiliki skala yang besar sehingga sangat cocok untuk dimanfaatkan dalam hal perencanaan.

Dalam pelaksanaan pemetaan fotogrametri dibutuhkan titik-titik yang diketahui dan memiliki referensi koordinat tanah lokasi dimana pengukuran dilaksanakan. Titik-titik ini disebut dengan *Ground Control Point* atau titik kontrol (Seker dan Duran, 2011). GCP berfungsi sebagai titik sekutu yang menghubungkan antara sistem koordinat peta dan sistem koordinat foto (Harintaka, 2008 dalam Hendy G.j, 2014). Dari GCP inilah nantinya peta foto akan memiliki koordinat yang sesuai dan terikat dengan wilayah pengukuran tersebut. Pengukuran GCP biasanya menggunakan pengukuran terestris dan harus terikat dengan *base station* yang digunakan sebagai *premark* pada saat pesawat melakukan pemotretan udara.

Pengolahan pada tahap triangulasi udara juga dapat dilakukan dengan menambahkan parameter orientasi eksternal (EO) disamping hanya menggunakan GCP. Metode ini disebut dengan istilah *Integrated Sensor Orientation* (ISO) (Jacobsen, 2004). EO adalah orientasi kamera dalam ruang yang terdiri dari enam parameter yang menggambarkan posisi sistem koordinat dari kamera (Aulejtner, 2011). Parameter EO ini berupa koordinat posisi principal point (X, Y, Z) dan rotasi (omega, phi, kappa) yang dihasilkan oleh GNSS (*Global Navigation Satelite System*) dan IMU (*Inertial Measurement Unit*) yang terpasang pada kamera saat melakukan pemotretan.

ISO bekerja dengan menggabungkan manfaat dari parameter orientasi eksternal (EO) hasil GNSS serta IMU dengan proses triangulasi udara pada serangkaian foto udara yang memiliki nilai overlap yang cukup. Dengan menggunakan orientasi eksternal ini maka *tie point* yang dibutuhkan pada wilayah overlap dapat diminimalisir (Ip dkk, 2007).

Parameter orientasi eksternal tetap akan kurang optimal apabila tidak menggunakan titik GCP. Karena tanpa adanya titik koordinat tanah memungkinkan munculnya nilai parallax dimana nilai inilah yang yang harus dihindari apabila ingin melakukan proses

stereoplotting foto udara (Rizaldy dan Wildan, 2012).

Apabila fungsi titik-titik GCP yang digunakan pada metode triangulasi udara tanpa memasukan orientasi eksternal (EO) adalah untuk mengikat koordinat foto dan koordinat tanah, GCP pada metode ISO ini hanya akan digunakan untuk memeriksa pergeseran datum dan dapat memperbaiki kesalahan residual sistematis yang dihasilkan oleh koordinat orientasi eksternal (Ip dkk, 2007).

Dari pembahasan tersebut diatas, maka dari itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui seberapa besar ketelitian koordinat ortofoto yang dihasilkan dengan menambahkan parameter EO pada proses triangulasi udara. Penelitian ini akan dilaksanakan pada data foto udara format medium di kawasan tugu muda sampai simpang lima Kota Semarang.

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana ketelitian ortofoto yang dihasilkan dalam proses triangulasi udara digital yang menggunakan parameter EO?
2. Berapa skala peta foto yang dapat terpenuhi dari proses triangulasi udara digital yang menggunakan parameter EO?

Manfaat dan Tujuan Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pengolahan foto udara, khususnya pada pengolahan triangulasi udara dan ortofoto. Sehingga akan didapatkan ketelitian koordinat yang baik dalam pengolahannya. Selain itu, diharapkan juga agar penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik bagi para pembaca tentang seluk beluk fotogrametri udara.

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui nilai ketelitian ortofoto yang dihasilkan dalam proses triangulasi udara digital yang menggunakan parameter EO.
2. Mengetahui skala peta foto yang dapat terpenuhi dari proses triangulasi udara digital yang menggunakan parameter EO.

Ruang Lingkup Penelitian

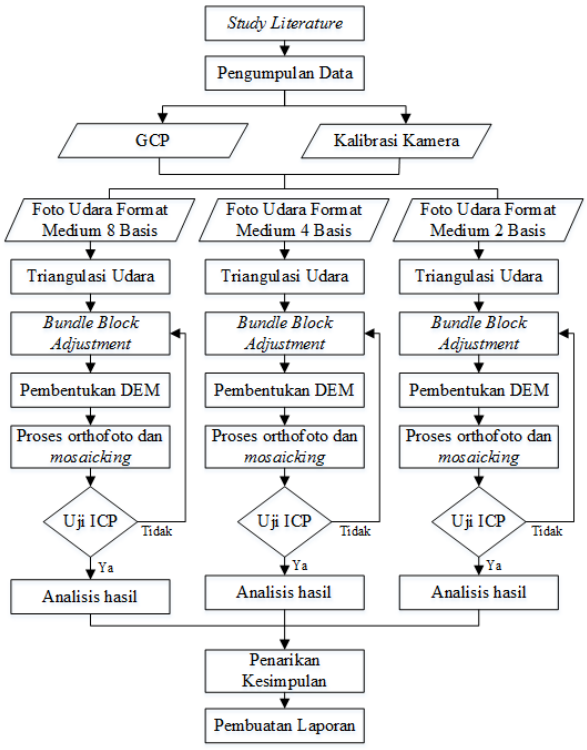
Adapun ruang lingkup dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Foto udara yang digunakan adalah foto format medium kawasan tugu muda sampai simpang lima Kota Semarang yang diperoleh dari PT. Karvak Nusa Geomatika sebagai pelaksana pemotretan sejumlah 27 foto dengan luas ±600 Ha. Foto tersebut akan dibagi menjadi tiga sample penelitian, yakni foto udara 8 basis, foto udara 4 basis, dan foto udara 2 basis.
2. Data titik-titik GCP dan ICP yang digunakan adalah data yang dihasilkan melalui pengukuran terestris menggunakan alat ukur GPS geodetik dan telah diolah menggunakan perangkat lunak TopconTools.
3. Data parameter orientasi eksternal yang telah diolah menggunakan perangkat lunak POSPac.
4. Pengolahan foto udara yang akan dilaksanakan dalam penelitian ini adalah triangulasi udara digital dan ortofoto.

Metodologi

Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah penambahan parameter orientasi eksternal (EO) hasil direct georeferencing pada triangulasi udara digital untuk membentuk ortofoto. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut :

1. Data kalibrasi kamera metrik digital dengan sensor CCD D8900.
2. Tiga sample penelitian dari total keseluruhan 27 foto udara format medium seluas 600 Ha di

kawasan tugu muda sampai simpang lima Kota Semarang. Tiga sampel tersebut adalah foto udara yang memiliki jumlah 8 basis (PB) dengan total 27 foto udara, 4 basis (PB) dengan total 15 foto udara, dan 2 basis (PB) dengan total 9 foto udara.
3. Titik GCP sebanyak 12 buah hasil pengukuran terestris menggunakan alat ukur GPS geodetik.
4. Titik ICP sebanyak 4 buah untuk validasi data yang diukur menggunakan GPS geodetik.
5. Sistem proyeksi UTM 49S.

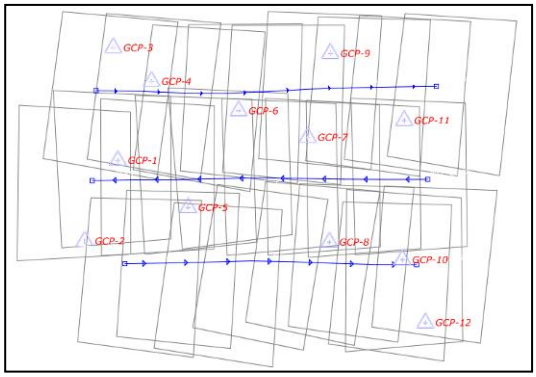
Hasil dan Pembahasan

Persebaran GCP

Pengolahan foto udara ini menggunakan 12 titik kontrol (GCP) yang diukur secara langsung di lapangan. Pengukuran GCP dilakukan menggunakan GPS geodetik dan diikatkan pada BM N10259 di kawasan Tugu Muda kota Semarang Orde 1 Badan Informasi Geospasial (BIG) dengan maksimal RMS 0,05 meter.

Tabel 1. Persebaran GCP pada Foto Udara 8 Basis

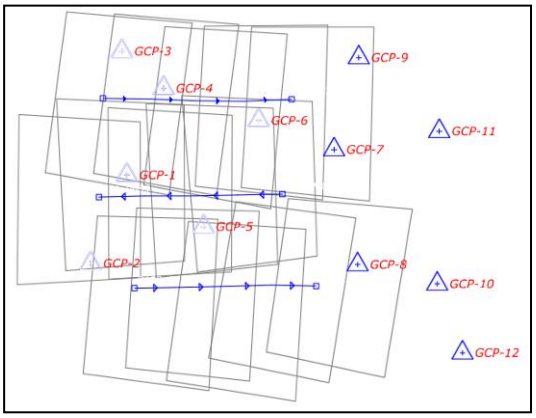
No.	Titik Kontrol (GCP)	ID Foto
1	**GCP-1**	**R10_0762, R10_0763, R11_0683, R11_0684, R11_0685**
2	**GCP-2**	**R11_0684, R11_0685**
3	**GCP-3**	**R10_0762, R10_0763**
4	**GCP-4**	**R10_0762, R10_0763, R10_764**
5	**GCP-5**	**R11_0681, R11_0682, R11_0683, R12R_0178, R12R_0179, R12R_0180**
6	**GCP-6**	**R10_0764, R10_0765, R10_766, R11_0680, R11_0681, R11_0682**
7	**GCP-7**	**R10_0766, R10_0767, R10_768, R11_0678, R11_0679, R11_0680**
8	**GCP-8**	**R11_0678, R11_0679, R11_0680, R12R_0182, R12R_0183**
9	**GCP-9**	**R10_0766, R10_0767, R10_768**
10	**GCP-10**	**R12R_0183, R12R_0184, R12R_0185**
11	**GCP-11**	**R10_0768, R10_0769, R10_770, R11_0677, R11_0678**
12	**GCP-12**	**R12R_0184, R12R_0185, R12R_0376**



Gambar 2. Persebaran GCP pada Foto Udara 8 Basis

Tabel 2. Persebaran GCP pada Foto Udara 4 Basis

No.	Titik Kontrol (GCP)	ID Foto
1	GCP-1	R10_0762, R10_0763, R11_0683, R11_0684, R11_0685
2	GCP-2	R11_0684, R11_0685
3	GCP-3	R10_0762, R10_0763
4	GCP-4	R10_0762, R10_0763, R10_764
5	GCP-5	R11_0681, R11_0682, R11_0683, R12R_0178, R12R_0179, R12R_0180
6	GCP-6	R10_0764, R10_0765, R10_766, R11_0681, R11_0682

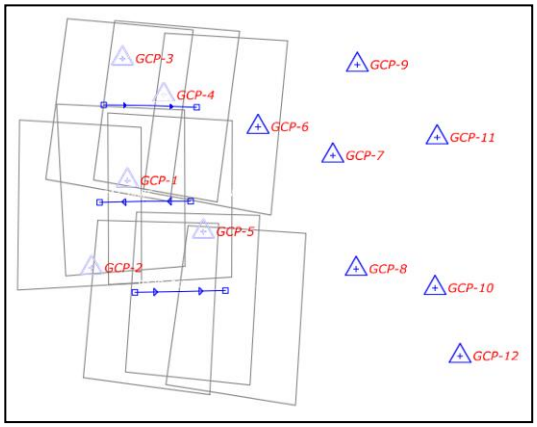


Gambar 3. Persebaran GCP pada Foto Udara 4 Basis

Tabel 3. Persebaran GCP pada Foto Udara 2 Basis

No.	Titik Kontrol (GCP)	ID Foto
1	GCP-1	R10_0762, R10_0763, R11_0683, R11_0684,

		R11_0685
2	GCP-2	R11_0684, R11_0685
3	GCP-3	R10_0762, R10_0763
4	GCP-4	R10_0762, R10_0763, R10_764
5	GCP-5	R11_0683, R12R_0178, R12R_0179, R12R_0180



Gambar 4. Persebaran GCP pada Foto Udara 2 Basis

Nilai RMSE GCP

Root Mean Square Error (RMSE) dari titik-titik GCP untuk suatu pengolahan fotogrametri adalah nilai yang sangat penting karena menunjukan seberapa teliti pengolahan yang telah dilaksanakan. Nilai RMSE ini ditunjukan dalam satuan meter.

Sebelum ditentukan nilai RMSE, suatu pengolahan memiliki nilai residual pada masing-masing titik kontrol (GCP) dan *tie point*. Nilai residual adalah selisih dari nilai koordinat pengamatan dan hasil perataannya. Nilai residual tidak hanya merefleksikan kesalahan dalam titik titik kontrol (GCP) dan *tie point*, tetapi juga digunakan untuk mempertimbangkan kualitas dari model matematika.

Dengan kata lain, residual tidak hanya memperlihatkan kesalahan pada titik mana yang butuh dikoreksi melainkan dapat juga mengindikasikan titik-titik mana yang buruk dan mengetahui apakah hasil pengolahan telah sesuai dengan sistem titik kontrol tanah atau belum.

Dalam pengolahan fotogrametri digital, data residual maupun RMSE disajikan dalam log file setelah melakukan tahap *adjustment*. Berikut nilai residual dan RMSE hasil pengolahan yang dilaksanakan dalam satuan meter.

Tabel 4. Hasil Residu GCP pada Foto Udara 8 Basis

No.	Titik Kontrol (GCP)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	GCP-1	-0,229	-0,423	0,305
2	GCP-2	-0,860	-0,326	1,643
3	GCP-3	-0,759	0,286	0,777
4	GCP-4	-0,077	0,934	0,440
5	GCP-5	0,039	-0,733	0,867
6	GCP-6	0,165	0,318	-0,296
7	GCP-7	0,240	0,395	-0,683
8	GCP-8	0,641	-0,504	0,980
9	GCP-9	-0,739	1,086	0,858
10	GCP-10	0,871	-0,081	-1,630
11	GCP-11	0,635	0,378	-2,538
12	GCP-12	0,074	-1,331	-0,723

Tabel 5. Hasil Residu GCP pada Foto Udara 4 Basis

No.	Titik Kontrol (GCP)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	GCP-1	0,032	-0,502	-0,665
2	GCP-2	-0,726	-0,430	0,975
3	GCP-3	-0,280	0,189	0,201
4	GCP-4	0,328	0,993	-0,292
5	GCP-5	0,309	-0,616	0,138
6	GCP-6	0,337	0,366	-0,356

Tabel 6. Hasil Residu GCP pada Foto Udara 2 Basis

No.	Titik Kontrol (GCP)	X (m)	Y (m)	Z (m)
1	GCP-1	0,226	-0,287	-0,408
2	GCP-2	-0,082	-0,205	0,530
3	GCP-3	-0,096	0,150	0,042
4	GCP-4	0,090	0,767	-0,435
5	GCP-5	-0,138	-0,425	0,271

Tabel 7. Hasil Nilai RMSE GCP

Koordinat	Foto Udara 8 Basis (m)	Foto Udara 4 Basis (m)	Foto Udara 2 Basis (m)
X	0,547	0,392	0,137
Y	0,670	0,573	0,428
Z	1,162	0,527	0,377

Hasil *Sigma naught*

Nilai *sigma naught* yang dihasilkan dari proses *bundle block adjustment* pada perangkat lunak Inpho Application Master ditunjukan dalam *report file* yang dihasilkan. Nilai ini memiliki satuan micron dan pixel. Berikut nilai *sigma naught* masing-masing sampel.

Tabel 8. Hasil *Sigma naught*

No.	Nama Sampel	*Sigma naught* (micron)

1.	Foto Udara 8 Basis	3,9
2.	Foto Udara 4 Basis	3,2
3.	Foto Udara 2 Basis	2,7

Hasil nilai *sigma naught* ini menunjukan bahwa pengolahan foto udara untuk sampel 2 basis merupakan pengolahan yang terbaik. Hal ini diasumsikan karena nilai *sigma naught* merupakan suatu nilai yang menyatakan tingkat akurasi keseluruhan pengolahan.

Berdasarkan hasil *adjustment* ini, terlihat bahwa pengolahan yang memiliki jumlah panjang basis paling rendah dan jumlah GCP paling sedikit memiliki kesalahan sistematis yang lebih kecil daripada yang lain. Sehingga untuk pekerjaan fotogrametri digital yang menggunakan orientasi eksternal *direct georeferencing* atau metode *Integrated Sensor Orientation* (ISO) dapat meminimalisir penggunaan GCP yang dibutuhkan.

Nilai Koordinat ICP

Untuk mengetahui tingkat ketelitian pengolahan, dapat juga dilaksanakan dengan pengamatan Independent Check Point (ICP) yang tersebar. Titik-titik ini sebelumnya tidak diikutsertakan dalam pengolahan triangulasi udara. Titik ICP yang digunakan berjumlah sebanyak empat titik yang diukur di lapangan menggunakan GPS Geodetik dan diikatkan pula pada BM N01259 Orde 1 Badan Informasi Geospasial (BIG).

Berikut ini adalah tabel hasil validasi lapangan titik ICP yang telah dihitung berdasarkan rumus dan ketentuan ketelitian geometrik peta RBI yang tertuang dalam Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 untuk jenis peta dasar foto udara :

Tabel 9. Nilai Residual dan RMSE ICP pada Foto Udara 8 Basis

Nama	dX (m)	dY (m)	$dX^2 + dY^2$ (m)
ICP_1	0,334	-0,301	0,202
ICP_2	0,464	-0,052	0,218
ICP_3	0,066	0,193	0,042
ICP_4	0,261	0,363	0,200
Jumlah			0,662
Rata-rata			0,165
RMSE			0,407
Akurasi CE90			0,617

Tabel 10. Nilai Residual dan RMSE ICP pada Foto Udara 4 Basis

Nama	dX (m)	dY (m)	$dX^2 + dY^2$ (m)
ICP_1	-0,118	-0,154	0,038
ICP_2	0,017	0,097	0,010
ICP_3	-0,384	0,339	0,262
ICP_4	0,568	0,058	0,326
Jumlah			0,636
Rata-rata			0,159
RMSE			0,399
Akurasi CE90			0,605

Tabel 11. Nilai Residual dan RMSE ICP pada Foto Udara 2 Basis

Nama	dX (m)	dY (m)	$dX^2 + dY^2$ (m)
ICP_1	0,180	-0,001	0,032
ICP_2	0,163	0,096	0,036
ICP_3	-0,235	0,195	0,093
ICP_4	0,419	-0,241	0,234
Jumlah			0,395
Rata-rata			0,099
RMSE			0,314
Akurasi CE90			0,477

Berdasarkan dari tabel-tabel tersebut di atas, ditunjukan bahwa pengolahan foto udara pada sampel 2 basis merupakan pengamatan yang terbaik.

Kemudian berdasarkan persamaan perhitungan akurasi horisontal CE90, skala peta yang dapat terpenuhi oleh pengolahan foto udara masing-masing sampel juga dapat diketahui. Diasumsikan bahwa peta RBI untuk jenis peta dasar foto udara merupakan golongan kelas satu mengingat bahwa foto udara memiliki keunggulan pada ketelitian geometrik jika dibandingkan dengan citra satelit atau yang lainnya.

1. Foto udara 8 basis. Foto ini dapat memenuhi skala peta RBI 1:5000.
2. Foto udara 4 basis. Foto ini dapat memenuhi skala peta RBI 1:5000.
3. Foto udara 2 basis. Foto ini dapat memenuhi skala peta RBI 1:2500.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pengolahan triangulasi udara menggunakan data parameter orientasi eksternal (EO) yang diekstraksi dari GNSS dan IMU pada saat pemotretan menghasilkan nilai RMSE GCP yang berbeda untuk setiap sampel penelitian. Pada foto udara yang memiliki jumlah 8 basis dihasilkan RMSE GCP sebesar 0,547 meter pada sumbu X, 0,670 meter pada sumbu Y, dan 1,162 meter pada sumbu Z. Kemudian untuk foto udara yang berjumlah 4 basis dihasilkan RMSE GCP sebesar

0,392 meter pada sumbu X, 0,573 meter pada sumbu Y, dan 0,527 meter pada sumbu Z. Yang terakhir untuk foto udara yang berjumlah 2 basis dihasilkan RMSE GCP sebesar 0,137 meter pada sumbu X, 0,428 meter pada sumbu Y, dan 0,377 meter pada sumbu Z.

2. Dari hasil ortofoto masing-masing sampel penelitian didapatkan nilai ketelitian horisontal 0,617 meter pada foto udara 8 basis, 0,605 meter pada foto udara 4 basis, serta 0,477 meter pada foto udara 2 basis.
3. Skala peta yang dapat dipenuhi oleh sampel penelitian foto udara 8 basis dan foto udara 4 basis adalah 1:5000, sedangkan untuk foto udara 2 basis dapat memenuhi skala peta hingga 1:2500.
4. Pengolahan fotogrametri digital menggunakan orientasi eksternal *direct georeferencing* atau metode *Integrated Sensor Orientation* (ISO) yang memiliki jumlah panjang basis paling rendah dan jumlah GCP paling sedikit akan memiliki kesalahan sistematis yang lebih kecil.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

3. Dalam memilih data foto udara yang akan diolah menjadi peta RBI sebaiknya menggunakan foto udara yang memiliki nilai parameter rotasi kamera yang baik yang ditunjukan pada orientasi eksternal hasil IMU yang terpasang pada saat pemotretan.
4. Pengukuran GCP dan ICP sebaiknya menggunakan premark dan berada pada lokasi yang mudah diinterpretasi dari udara agar lebih mudah pada saat melakukan pengamatan GCP maupun validasi titik-titik ICP.
5. Dalam melakukan metode automatic tie point, sebaiknya tie point yang dihasilkan tetap dilakukan pengecekan ulang terhadap nilai residualnya agar tie point yang memiliki nilai residual tinggi dapat diminimalisir dan nantinya akan didapatkan ketelitian pengolahan yang baik.
6. Proses triangulasi udara dan pembentukan ortofoto dari foto udara kamera digital yang menggunakan data parameter orientasi eksternal dapat dicoba dengan perangkat lunak yang lainnya asalkan tetap memperhatikan setiap aturan dan metode *default* yang dimiliki oleh masing-masing perangkat lunak.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Karvak Nusa Geomatika yang telah memberikan fasilitas penelitian kepada penulis serta kepada seluruh civitas akademik Teknik Geodesi Universitas Diponegoro.

Daftar Pustaka

Aulejtner, M., 2011, *Investigation on methods for making detailed digital models ofsculptures and other artefacts*, *tesis*, Norwegian University of Science and Technology, Norwegia.

Hendy G.j, I.N., 2014, *Pembuatan Model Tiga Dimensi Candi Gebang Menggunakan Metode Fotogrametri Jarak Dekat, skripsi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ip, A., El-Sheimy, N., and Mostafa, M., 2007, "Performance Analysis of Integrated Sensor Orientation", *Photogrametric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 73, No. 1, Januari 2007, hal. 89-97.

Jacobsen, K., 2004, "Direct/ Integrated Sensor Orientation – Pros and Cons", *Invited Paper ISPRS*.

Rizaldy, A., dan Wildan, F., 2012, "Direct Georeferencing : a New Standard in Photogrammetry for High Accuracy Mapping", *XXII ISPRS Congress*, ISPRS, 25 Agustus 2012, Melbourne.

Seker, D.Z., dan Duran, Z., 2011, *Terrestrial and Numerical Photogrammetry*, Universitas Teknologi Istanbul, Turki.

Analisis Luas *Urban Sprawl* dan Pola Sebarannya Dengan Penginderaan Jauh Dan SIG Di Kecamatan Banyumanik Tahun 1992 - 2014

Sawitri Subiyanto

Staf Pengajar Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (sawitrisubiyanto66@gmail.com)

ABSTRACT

The growth of the city was caused by many factors, such as technology, environment and several spatial components, socio-economic and politic. In Semarang city the growth was caused by social activities eg: port, trade, dan manufacturing industry and services. When the density of forestry, and mining. If the increased population the built-up areas (settlement, industrial, trade and service) would be expanded wider, meanwhile the agriculture land decreased and the mostly intensive. If the city to become dense and allow with population distributions then occurred settlement spreading to urban fringe, it's known with urban sprawl. The districts Banyumanik Semarang was growth over-bounded administration caused by population increased. It raised of settlement distribution and urban sprawl in districts Banyumanik. The study was being conducted at districts Banyumanik, is the technique of remote sensing and geographic information systems to the interpretation of land use in 1992 Topographic maps, imagery Quickbird in 2010 and imagery SPOT 6 in 2014 which was then analyzed using the nearest neighbor analysis to determine the distribution pattern of settlement distribution in districts Banyumanik, there are Cluster (in urban region) and random pattern (in sub-urban and rural region). Meanwhile, the forming of urban sprawl has shown *leapfrog ad ribbon.*

Keywords : *urban sprawl,settlement,pattern distribution, SIG.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Kota selalu mengalami perkembangan dari waktu ke waktu sejalan dengan bertambahnya penduduk dan fungsi-fungsi perkotaan. Pertambahan penduduk kota mengakibatkan tuntutan akan ruang untuk tempat tinggal (permukiman) selalu meningkat, padahal kesediaan lahan yang masih kosong di bagian dalam kota sangat sedikit dan makin menyusut. Akibat yang ditimbulkan oleh perkembangan kota adanya kecenderungan pergeseran fungsi-fungsi kota ke daerah pinggiran kota (*urban fringe*) yang disebut dengan proses perembetan kenampakan fisik kekotaan ke arah luar (*urban sprawl*) (Batty,M.,1999) Pergeseran fungsi yang terjadi di kawasan pinggiran adalah lahan yang tadinya diperuntukkan sebagai kawasan hutan, daerah resapan air dan pertanian, berubah fungsi menjadi kawasan perumahan, industri dan kegiatan usaha non pertanian lainnya. Berkaitan dengan pertambahan penduduk suatu kota, yang mana pertambahan penduduk merupakan faktor kunci yang menyebabkan terjadinya *urban sprawl*. Studi mengenai *urban sprawl* di negara maju menyebutkan bahwa pertambahan penduduk yang mencapai 47% dari tahun 1960 hingga 1990 dianggap bertanggung jawab atas terjadinya *urban sprawl* pada 282 kota metropolitan di Amerika Serikat, yang ditandai dengan meningkatnya jumlah penduduk serta penggunaan tanah perkotaan meningkat 107 persen. Sedangkan studi yang dilakukan di negara sedang berkembang yakni India menyebutkan bahwa penduduk India yang tinggal di pusat kota mencapai 25,7% dan diproyeksikan akan mencapai 33% pada 15 tahun mendatang yang mana akan mempengaruhi pola spasial dari *urban sprawl* (Batty, 1999).

Menurut Zhang (2001), penyebab terjadinya *urban sprawl* pada umumnya merupakan hasil dari suatu perencanaan yang tidak matang, permukiman baru dengan skala besar, pembangunan wilayah industri di suatu area yang sebelumnya bukan diperuntukkan sebagai lokasi industri. Secara konseptual *urban sprawl* memiliki karakteristik pola penggunaan tanah (permukiman) *leapfrog*, perkembangan wilayah komersial sepanjang jalan raya, perkembangan penggunaan tanah tunggal dengan kepadatan sangat rendah hal tersebut terlihat pada skala waktu yang relatif cepat (Hagget, P, 2001).

Secara fisik, pembangunan yang ada di Kecamatan Banyumanik Semarang sudah melampaui batas administrasinya *(underbowded).* Kenyataan ini memperlihatkan bahwa pembangunan di Kecamatan Banyumanik Semarang bagian Selatan bergeser ke arah marginalnya, yaitu ke Ungaran Kabupaten Semarang.

Perumusan Masalah

Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Berapa perubahan luas *urban sprawl* di Kecamatan Banyumanik Semarang, dalam periode tahun 1992 sampai 2014?
2. Bagaimana pola sebaran *urban sprawl/* permukiman di Kecamatan Banyumanik Semarang dalam periode tahun 1992 sampai 2014?

Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah :

1. Mengetahui perubahan luas *urban sprawl* di Kecamatan Banyumanik Semarang, dalam periode tahun 1992 sampai 2014 dan pola persebaran perkembangan fisik kota (permukiman) di Kecamatan Banyumanik Semarang tahun 1992 sampai 2014 menurut kakarteristik fisiknya berdasarkan data penginderaan jauh.
2. Mengklasifikasi bentuk urban sprawl di Kecamatan Banyumanik Semarang

Metodologi

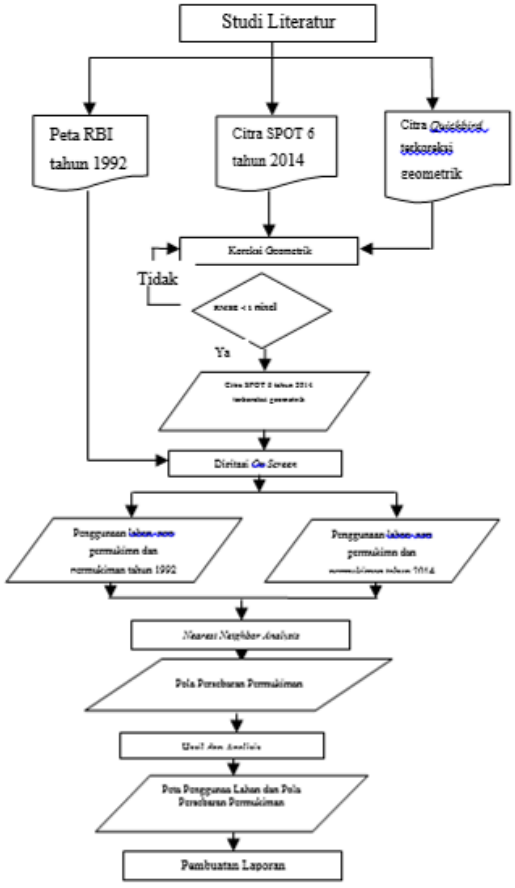
Metodologi Penelitian

Kota berkembang karena berbagai faktor, seperti teknologi, lingkungan yang juga terdiri atas komponen ruang, sosial ekonomi dan politik (Sjoberg 1965:19; Davis 1973: 11;Gunawan 1995: 3-13; Rahardjo 2002: Jika kepadatan penduduk tinggi, maka daerah terbangun (permukiman, industri, jasa dan perdagangan) bertambah luas, sementara tanah pertanian menyempit, sehingga harus dilakukan dengan lebih intensif (Rahardjo,2002). Jika kota menjadi padat dan diikuti persebaran penduduk, maka terjadi perpencaran permukiman ke pinggiran metropolitan yang dikenal dengan sebutan *urban sprawl* (Bianpoen 1983: 2; Bolioli, T.P., 2001)..

Urban sprawl adalah perkembangan kota yang terpencar dari wilayah yang kompak ke wilayah luar kota dan terletak di sepanjang jalan raya di wilayah perdesaan serta terlihat adanya perubahan penggunaan tanah (Vermont forum *on sprawl).* Yang dicirikan adanya wilayah terbangun berupa permukiman, perdagangan maupun industri yang merupakan suatu ciri kekotaan di mana wilayah tersebut terjadi adanya perubahan penggunaan tanah dari pertanian berubah menjadi permukiman, industri, perdagangan dan jasa.

Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar1.

Gambar 1. Diagram Alir Penelitian



Data dan Peralatan Penelitian

Data Penelitian
Data yang digunakan dalam penelitian yaitu:
1. Peta RBI Skala 1:25.000 tahun 1992
2. Citra Quickbird tahun 2011
3. Citra satelit SPOT 6 tahun 2014

Alat Penelitian

Peralatan yang dibutuhkan penelitian antara lain :
4. Perangkat lunak pengolah citra satelit
5. GPS Handheld/ Navigation
6. Kamera untuk dokumentasi

Tipe *urban sprawl*

Menurut Sudhira (2004) dengan menggunakan indikator *landscape* yang dapat menunjukkan kepadatan dari penggunaan tanah dan konektifitas dari tanah akan didapatkan klasifikasi dari tipe *urban sprawl*, yakni: *cluster, leapfrog* dan *linier*. Semakin padat dan kompak *built up area* suatu wilayah klasifikasinya adalah *cluster*, sedang pada wilayah yang mempunyai kepadatan sedang dengan konektifitas rendah mengindikasikan tipe *leapfrog*. Wilayah yang memiliki kepadatan *built-uparea* tinggi

dan sedang pada wilayah yang berlokasi di sepanjang jalan raya mengindikasikan bahwa *urban sprawl* memiliki tipe *ribbon* (pola linier).

Ciri dan Indikator U*rban Sprawl*

Beberapa ciri dari *urban sprawl* yang dikemukakan oleh para ahli perkotaan dan geografi yang tergabung dalam forum *sprawl*. Mendeteksi keberadaan *urban sprawl* berdasarkan karakteristik sebagai berikut:

1. Perkembangan dari kota yang melompat (*leapfrog*) atau sepanjang jalur transportasi;
2. Permukiman penduduk dan penggunaan tanah yang memiliki pola terpencar;
3. Minimnya aksesibilitas;
4. Berkurangnya fungsi lahan terbuka;
5. Terjadi konversi penggunaan tanah bersifat perdesaan ke sifat perkotaansebagai akibat bertambahnya jumlah penduduk.

Pola sebaran Urban Sprawl

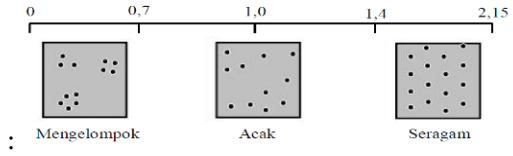
Untuk mengetahui pola sebarannya digunakan analisa tetangga terdekat, yang dikembangkan oleh Clark dan Evon (dalam Sumaatmadja, 1988). Metode kuantitatif ini membatasi suatu skala yang berkenaan dengan pola-pola persebaran pada ruang atau wilayah tertentu. Pola persebaran itu dapat dibedakan menjadi tiga macam, yaitu pola mengelompok (*cluster pattern*), tersebar acak (*random pattern*) dan tersebar (*dispered pattern*). Evaluasi dari pola-pola ini menggunakan skala tetangga terdekat yang di ungkapkan ke dalam skala T. Nilai T dihitung dengan rumus sebagi berikut:

$$T = \frac{(2\sqrt{P})\sum r}{N} \qquad (1)$$

Dimana :

T = parameter tetangga terdekat
r = jarak tiap titik ke tetangga terdekat
N = jumlah titik yang diobservasi
P = jumlah titik dibagi luas daerah yang diobservasi (N/A)
2 = konstanta

Dari nilai T, selanjutnya diinterpretasikan dengan *Continum Nearest Neighbor Analysis*, sebagai berikut



Gambar 2. *Continum* nilai *nearest neighbor statistic T* (Hagget, 2001)

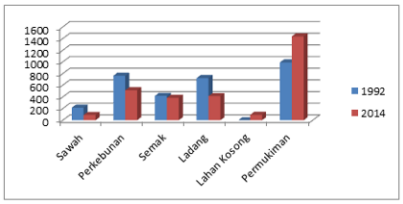
Distribusi fenomena spasial umumnya digambarkan dengan titik. Persebaran titik ini bisa diklasifikasikan dalam persebaran mengelompok, acak dan tidak mengelompok (lihat Gambar 2). Analisa tetangga terdekat ini selain dengan menggunakan rumus tersebut di atas dapat juga dilakukan dengan menggunakan fasilitas program yang telah tersedia didalam analisis spasial yang ada dalam *software ArcGis 10*. Sebelum melakukan analisis terlebih dahulu, mengukur jarak antara titik-titik yang akan diobservasi maka akan didapatkan jarak antara titik dari setiap sebaran permukiman, dan mengukur luasan wilayah dari titik-titik yang dianalisa dalam hal ini kecamatan, langkah selanjutnya memasukkan data tersebut kedalam program spasial analisis dari *ArcGis 10* dari hasil pengolahan data tersebut didapatkan pola sebaran permukiman yang ada diwilayah Kecamatan Banyumanik Semarang yang dinyatakan dari nilai T yang didapat dan besaran *range* nilai T tersebut seperti tertuang pada rumus di atas.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 1992-2014

Tabel 1. Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Banyumanik Tahun 1992-2014

No	Penggunaan Lahan	1992		2014		Perubahan
		Ha	%	Ha	%	
1	Sawah	203,214	6,57	78,684	2,70	-124,529
2	Perkebunan	749,701	24,23	582,846	19,98	-166,856
3	Semak	456,822	14,76	403,224	13,82	-53,597
4	Ladang	622,251	20,11	318,488	10,92	-303,763
5	Lahan Kosong	71,279	2,30	95,594	3,28	24,315
6	Permukiman	991,306	32,03	1438,013	49,30	446,707
TOTAL		**3094,572**	**100,00**	**2916,848**	**100,00**	



Gambar 3. Grafik Perubahan Penggunaan Lahan Kecamatan Banyumanik Tahun 1992-2014

Perubahan Luas Penggunaan Lahan Permukiman Tahun 1992-2014 di Kecamatan Banyumanik dalam kurun waktu 21 tahun mengalami peningkatan sebesar 446,707 ha diporel dari selisih luas permukiman pada tahun 2014 sebesar 1438,013 ha dengan luas permukiman pada tahun 1992 sebesar 991,306 ha

Perubahan luas permukiman tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah perkembangan pembangunan non permukiman menjadi permukiman yang semakin tinggi di Kecamatan Banyumanik. Hal tersebut sejalan dengan laju pertambahan jumlah penduduk maka kebutuhan akan tanahpun meningkat pula, karena laju

pertambahan jumlah penduduk ini akan menuntut adanya bangunan-bangunan fisik baru sebagai tempat tinggal. Pemilihan tempat tinggal atau permukiman di Kecamatan Banyumanik yang merupakan daerah pinggiran bagian atas Kota Semarang juga dipengaruhi oleh pencapaian kemajuan pembangunan di wilayah pinggiran yang memang sedang direncanakan pemerintah untuk menjadi sub wilayah berkembang sehingga nantinya perkembangan di Kota Semarang merata pada daerah-daerah pinggiran. Beberapa pencapaian kemajuan perkembangan tersebut dapat dilihat dari beberapa aspek yang mengacu pada Saraswati, (2015) :

1. Aspek infrastruktur
   Dapat dilihat bahwa hampir semua wilayah pinggiran kota Semarang sudah terjangkau oleh jaringan jalan, listrik dan air bersih. Wilayah pinggiran juga sudah terlayani oleh moda transportasi umum.

2. Aspek fasilitas
   Kecamatan Banyumanik yang berada di daerah pinggiran sudah terlayani oleh beberapa fasilitas penting. Fasilitas perekonomian berupa pasar, minimarket, bank, toko atau warung dan lain-lain, fasilitas pendidikan minimal terdapat SD, SLTP, SLTA, Mall, fasilitas kesehatan paling tidak terdapat lebih dari satu puskesamas, puskesmas pembantu, bidan, dokter dan lain-lain, fasilitas peribadatan berupa mushola hampir di setiap desa, masjid, gereja, vihara.

3. Aspek pemenuhan kebutuhan perumahan

   Sekarang ini pertumbuhan kawasan permukiman di daerah pinggiran begitu pesat. Hal ini dikarenakan terdapat fenomena kecenderungan pembangunan dan pengembangan kawasan perumahan di daerah pinggiran. Hal ini dikarenakan semakin tingginya kebutuhan akan perumahan, dan daerah pinggiran Semarang menawarkan ketersediaan lahan yang cukup luas dan harga lebih terjangkau atau relatif murah dibandingkan dengan harga di dalam kota. Akibatnya banyak *developer* yang mulai mengembangkan perumahan di daerah pinggiran. Apalagi hal tersebut didukung dengan adanya rencana tata ruang yang mengalokasikan daerah tersebut untuk kawasan permukiman dengan didukung pada masing-masing daerah tersebut diletakkan pusat aktivitas baru seperti kawasan pendidikan UNDIP-Tembalang, kawasan industri (Mijen).

Analisis Perubahan Pola Persebaran Permukiman Tahun 1992-2014

Pola persebaran permukiman di Kecamatan Banyumanik pada tahun 1992-2014 berdasarkan hasil analisis tetangga terdekat (T) memperlihatkan bahwa pola persebaran permukiman untuk setiap kelurahan di kecamatan tersebut memiliki pola mengelompok dan acak. Pola persebaran permukiman di Kecamatan tersebut disebabkan karena adanya perbandingan antara jumlah permukiman dan luas wilayah, dalam hal ini adalah lingkup administrasi kelurahan.

Perbedaan pola persebaran permukiman juga dipengaruhi oleh topografi suatu wilayah. Topografi yang dimaksud disini adalah ketinggian tempat dan kemiringan lereng. Ketinggian tempat dan kemiringan lereng berpengaruh terhadap manusia dalam memilih dan mendirikan permukiman. Manusia cenderung akan bermukim ditempat datar dengan ketinggian rendah ±2-100m diatas permukaan laut dan dengan kemiringan lereng sekitar 0-15% (USDA dalam BAPPEDA, 2011), karena didaerah tersebut daya dukung tanahnya baik untuk membangun suatu permukiman karena memiliki kekuatan tanah untuk mendukung atau menahan beban pondasi tanpa terjadi keruntuhan akibat menggeser, sehingga pada keadaan topografi tersebut pola persebaran permukimannya akan mengarah ke pola acak bahkan seragam. Sedangkan pada daerah penilitian merupakan daerah yang memiliki ketinggian ±100-300m diatas permukaan laut (BPS, Kota Semarang) dengan kemiringan lereng yang bervariasi dari 0% sampai dengan >40% (BAPPEDA, Kota Semarang) maka pada daerah tersebut pola persebaran permukimannya mengarah ke mengelompok dan acak karena daerah dengan ketinggian yang tinggi cenderung permukimannya sedikit.

Selain topografi, aksesbilitas daerah juga berpengaruh pada pola persebaran permukiman. Berdasarkan survei lapangan, kelurahan dengan pola acak memiliki aksesbilitas yang tinggi, sebagai contohnya kelurahan Gedawang yang terdapat di Kecamatan Banyumanik, pada kelurahan tersebut pada tahun 1992 memiliki pola mengelompok kemudian pada tahun 2014 berubah berpola acak karena sekarang di kelurahan tersebut sudah padat dengan permukiman, hal tersebut didukung karena adanya akses jalan yang baik dan mendukung dalam hal pemenuhan kebutuhan seperti fasilitas-fasilitas umum di bidang transportasi (angkutan umum, ojek), di bidang kesehatan (klinik, apotek, puskesmas), di bidang jasa (pertokoan, atm dan lain-lain), di bidang pendidikan (SD, SMP dan SMA) sudah terdapat di kelurahan tersebut. Hal tersebut menunjukkan bahwa aksesbilitas yang tinggi mempengaruhi peningkatan jumlah permukiman dan dengan adanya peningkatan jumlah permukiman maka pola permukimannya akan mengarah ke pola acak bahkan seragam, karena sudah dijelaskan diatas bahwa semakin banyak jumlah

permukiman maka skala T akan semakin besar.

Dari pembahasan diatas dapat disimpulkan bahwa perbedaan pola persebaran permukiman dengan topografi dan aksesbilitas yang berbeda berdampak pada aspek sosial ekonomi di masing-masing daerah. Pola permukiman acak dengan aksesbilitas yang tinggi dan topografi yang baik akan mempermudah mobilisasi, sehingga pada daerah tersebut dapat mengembangkan potensi dalam pemenuhan kebutuhan mandiri khususnya dibidang perekonomian seperti pembangunan aktivitas dibidang jasa dan industri, contohnya pembangunan pertokoan-pertokoan baru sebagai wujud peningkatan pemenuhan kebutuhan dibidang jasa. Sedangkan daerah dengan pola permukiman mengelompok dan tidak didukung dengan aksesbilitas yang cukup, aspek sosial ekonominya pun juga tergolong rendah terlihat dari pemenuhan kebutuhan di beberapa bidang tidak seperti pada daerah dengan aksesbilitas tinggi, sebagai contohnya pada pemenuhan kebutuhan dibidang transportasi dan jasa, seperti angkutan umum, pertokoan-pertokoan baru (minimarket/ supermarket), dan atm jarang sekali ditemui didaerah tersebut.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil interpretasi peta dan citra serta hasil perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa Perubahan Luas Penggunaan Lahan Permukiman sebagai *urban sprawl* Tahun 1992-2014 di Kecamatan Banyumanik dalam kurun waktu 21 tahun mengalami peningkatan sebesar 446,707 ha diporoleh dari selisih luas permukiman pada tahun 2014 sebesar 1438,013 ha dengan luas permukiman pada tahun 1992 sebesar 991,306 ha
2. Dari hasil perhitungan nilai Indeks tetangga terdekat (T) dapat diketahui pola persebaran permukiman sebagai *urban sprawl* di Kecamatan Banyumanik, pada tahun 1992 – 2014 adalah mengelompok dan acak.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

1. Data yang digunakan sebaiknya sama sehingga memudahkan untuk pengklasifikasian kelas penggunaan lahan.
2. Daerah yang dikaji sebaiknya merupakan daerah yang berkembang sehingga dimungkinkan terjadinya banyak perubahan penggunaan lahan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro atas bantuannya memberikan fasitas ruang/ laboratorium dan data textual penilaian tanah.

Daftar Pustaka

Batty,M.,1999, *The dynamics of urban sprawl*.Center for Advanced Spatial Analysis, University College London.London.

Bolioli, T.P., 2001, *The Population Dynamics Behind Sprawl*, Thesis in Program in Environmental Studies at Brown University

Hagget, P, 2001, *A Global Synthesis Geography*.Prentice-Hall, Inc. Englewood Clifts, New Jersey.

Rahardjo, S. 2002, Struktur Ruang Kota Depok.*Jurnal Geografi*, Jurusan Geografi MIPA UI, Depok.

Sandy, I.M. 1977, *Penggunaan Tanah di Indonesia*. Publikasi 75. Dit. TGT Dit. Jend. Agraria, Depdagri, Jakarta.

Sudhira, H.S., Ramachandra, T.V., Jagadish, K.S 2004. *Urban sprawl*: metrics, dynamics, and modeling using GIS. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 5: 29-39.

Sumaatmadja, N.,1988, *Studi Geografi : Suatu Pendekatan dan Analisis Keruangan*, Penerbit Alumni, Bandung.

Yeh ,G., A., Xia, L, 2001, Measurement and Monitoring of *Urban sprawl* in a Rapidly Growing Region Using Entropy. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 67 (1):83-90.

Zhang, T. 2001, Community features and *urban sprawl*: the case of the Chicago metropolitan region. *Land Use Policy* 18: 221-232.

Analisis Pola Ruang Sebaran Industri Kawasan Bawen, Kabupaten Semarang Menggunakan Metode Autokorelasi Spasial

Nisrina Niwar Hisanah[a], Ulifatus Sadiyah[b], Yudo Prasetyo[c]

[a,] Alumni Teknik Geodesi FT-Undip (nisrinaniwarhisanah@gmail.com)
[b,] Mahasiswa Teknik Geodesi FT- Undip (ulifatussadiyah@gmail.com)
[c,] Staf Pengajar Teknik Geodesi FT-Undip (yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id)

ABSTRACT

Semarang regency which is currently had its capital at Ungaran has a strategic issue to move to Bawen. One of the reasons of moving is the development of strategic areas in Bawen - Tuntang. Sub-district Bawen is one of the areas that has distinguished industrial sector which plays major role in economic growth in Semarang regency. Rapid increase of construction activity, while land availability is limited. This imbalance allows the industry concentration in the region or specific region set industrial distribution pattern diversity as a form of unequal distribution industry. This study analyzes the spatial pattern suitability that seen from the data of current land use (existing) and reviewed according to the Spatial Plan of Semarang Regency 2011-2031 (Perda No. 6 of 2011). The method used in this study is the remote sensing technique and geographic information system with the industrial land use interpretation existing Digital Globe Satellite Imagery record in 2015 which later analyzed using spatial autocorrelation analysis method and standard deviational ellipse to determine the distribution pattern and growth direction in the industrial sector. the result obtained is the industrial sector distribution pattern in Bawen is random. Industrial distribution RTRW 2011 and existing 2015 have different spatial pattern.

Keywords : *Bawen Subdistrict, Standart Deviational, Spatial Autocorrelation*

Pendahuluan

Kabupaten Semarang yang saat ini beribu kota di Kota Ungaran memiliki isu strategis untuk memindahkan ibu kota di Kecamatan Bawen. Kecamatan Bawen berada di sekitar jalan arteri primer Ungaran-Bawen dan mempunyai dampak besar terhadap pembangunan jalan tol Semarang-Solo. Salah satu sebab perpindahan ibu kota ini adalah adanya pengembangan kawasan strategis di Wilayah Bawen – Tuntang. Kecamatan Bawen merupakan salah satu kawasan yang memiliki sektor unggulan industri.

Berdasarkan harga berlaku dan harga konstan, Produk Domestik Regional Bruto (PDRB) Kabupaten Semarang dari tahun ke tahun terus mengalami peningkatan di berbagai sektornya. Aktivitas pembangunan semakin meningkat pesat, sedangkan ketersediaan lahan terbatas. Ketidakseimbangan ini memungkinkan terjadinya pemusatan industri di daerah atau wilayah tertentu yang kemudian akan membentuk keanekaragaman pola persebaran industri sebagai wujud persebaran industri yang tidak merata. Informasi mengenai perubahan penggunaan lahan dan pola persebaran industri dalam kaitannya dengan tata guna lahan pada perencanaan kota menjadi hal yang dibutuhkan.

Penelitian ini menganalisis kesesuaian pola ruang dilihat dari data penggunaan lahan saat ini *(existing)* dan ditinjau menurut Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Semarang Tahun 2011-2031 (Perda No 6 Tahun 2011). Metode yang digunakan adalah teknik penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dengan interpretasi penggunaan lahan industri *existing* Citra Satelit Digital Globe perekaman tahun 2015 yang kemudian dianalisis menggunakan metode analisis autokorelasi spasial dan *standard deviational ellipse* untuk mengetahui pola sebaran dan arah pertumbuhan sektor industri.

Autokorelasi spasial merupakan salah satu analisis spasial untuk mengetahui pola hubungan atau korelasi antar lokasi (amatan). Autokorelasi spasial didefinisikan sebagai penilaian korelasi antar pengamatan pada suatu variabel. Jika pengamatan x_1, $x_2,\ldots,$ x_n menunjukkan saling ketergantungan terhadap ruang, maka data tersebut dikatakan terautokorelasi secara spasial (Anselin, L., 1988).

Beberapa pengujian dalam spasial autokorelasi spasial adalah *Moran's I, Rasio Geary's, Getis-Ord G statistic* dan *Local Indicator of Spatial*

Autocorrelation (LISA), dimana dalam perhitungan pada masing-masing pengujian autokorelasi ini menggunakan matriks pembobot.

Metode pengujian statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah Moran's I untuk mendeteksi penyimpangan dari keacakan spasial. Penyimpangan dari keacakan menunjukkan pola spasial seperti cluster atau trend. Koefisien Moran's I merupakan pengembangan dari korelasi pearson pada data univariate series. Korelasi pearson (ρ) antara variabel x dan y dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}} \quad (1)$$

dimana n ialah banyak data serta $\bar{x}$ dan $\bar{y}$ pada persamaan korelasi pearson tersebut merupakan rata-rata sampel variabel x dan y. ρ mengukur apakah variabel x dan y saling berkorelasi. Uji statistik disajikan pada persamaan berikut:

$$Z_{hitung} = \frac{I - \mathbf{I}_o}{\sqrt{\mathrm{var}(I)}} \approx N(0,1) \quad (2)$$

Pengambilan keputusan H_0 ditolak jika $|Zh\,itung| > Z\alpha/2$. Nilai dari indeks I adalah antara -1 dan 1. Apabila I > I_0 maka data memiliki autokorelasi positif, jika I < I0 maka data memiliki autokorelasi negatif (Anselin, L., 1988). Sedangkan nilai I adalah indikator ketidakstabilan lokal yang menjadi kontribusi untuk setiap lokasi. Autokorelasi dengan statistik Moran's I dapat dirumuskan (Holmes, 2015):

$$I = \frac{(x_i-\bar{x})\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(x_j-\bar{x})}{\sum_{j=1}^{n}(x_j-\bar{x})^2/n} \quad (3)$$

Keterangan:

N = jumlah objek
$\overline{X}$ = rata-rata variabel
X_i = nilai atribut pada suatu lokasi (objek ke-i)
X_j = nilai atribut pada lokasi yang lain (objek ke-j)
W_{ij} = bobot kominasi i,j

Standard Devitional Ellipse adalah suatu metode untuk menganalisis karakteristik spasial fitur geografis seperti pusat kecondongan, sebaran dan arah pola. *Standard Devitional Ellipse* menghitung jarak standar pada arah x dan y untuk menentukan arah sumbu *elips* pada sebaran fitur. Standar deviasi dipengaruhi oleh lokasi fitur dan nilai atribut fitur satu dengan fitur lainnya (autokorelasi spasial). Perhitungan standar deviasi koordinat x dan y dari pusat rerata, digunakan untuk mendefinisikan sumbu elips. Elips menunjukkan sebaran fitur yang memanjang dengan orientasi tertentu (Esri, 2015).

Metodologi

Analisis yang dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara pola ruang pada rencana tata ruang wilayah Kabupaten Semarang (Kecamatan Bawen) dengan keadaan penggunaan lahan sebenarnya Kabupaten Semarang dilakukan dengan metode *overlay* peta, analisis statistik autokorelasi spasial dan *standart devitional ellipse* serta deskriptif kualitatif.

Data Penelitian:

a. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Semarang 2011-2031
b. Peta Penggunaan lahan Kabupaten Semarang tahun 2015
c. Peraturan Daerah Nomor 6 Tahun 2011 Kabupaten Semarang
d. Batas Administrasi Kabupaten Semarang

Peralatan Penelitian:

a. Laptop ASUS N46VZ dengan *Processor Inter ® Core i5-3210M CPU @2.50GHz (4CPUs), RAM 4096Mb, OS Windows 10.*
b. Alat survei berupa *GPS Handheld GARMIN GPSMAP 62S*, kamera dan kuesioner.
c. *Software :* PCI Geomatica 2015, ArcMap 10.4, Microsoft office 2013.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan, yakni:

1. Studi literatur dan pengumpulan data-data
2. Penyiapan citra satelit, yakni citra satelit digital globe
3. Ekstraksi data lahan yang digunakan untuk sektor industri pada peta penggunaan lahan tahun 2015 dan peta RTRW 2011-2031.
4. *Overlay* dengan tipe *identity* untuk melihat perbedaan data sektor industri RTRW 2011-2031 dan penggunaan lahan sebagai lahan industri tahun 2015.
5. Analisis statistik spasial dengan autokorelasi spasial dan *standart devitional ellipse*\

Hasil dan Pembahasan



Gambar 2. Pola Ruang Sektor Industri Kecamatan Bawen

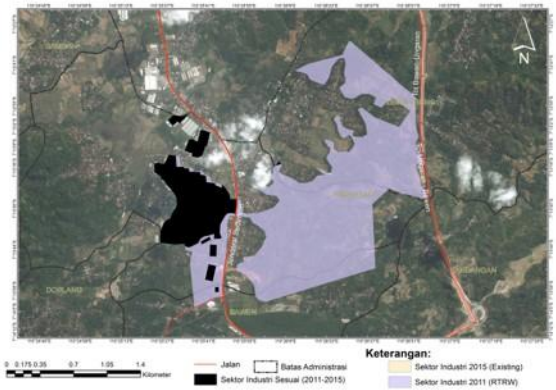
Sumber : RTRW Kab. Semarang (2011-2031) Perda No.6 Tahun 2011

Pada gambar 1 dan gambar 2, pola ruang sektor industri pada RTRW (2011) dan penggunaan lahan *existing* berbeda dari segi lokasi dan luasan. Setelah di-*overlay* didapatkan perbedaan yang signifikan.



Gambar 3. Sektor Industri di Kecamatan Bawen 2015

Sumber : Bappeda (2015)



Gambar 4. Sektor Industri di Kecamatan Bawen 2011-2015

Sumber : Hasil analisis (2015)

Jika dilakukan perhitungan luasan, terdapat perbedaan luasan yang besar. Hitungan perbandingan luasan sektor industri pada Rencana Tata Ruang Wilayah (2011-2031) dan *Existing* (2015) dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan luasan kawasan industri 2011 (RTRW) dan 2015 (*Existing)* Kecamatan Bawen

Tahun	Luasan	Persentase
2011 (RTRW)	312,194 ha	100%
2015 *(existing)*	53,967 ha	17%
Selisih	258,227 ha	83%

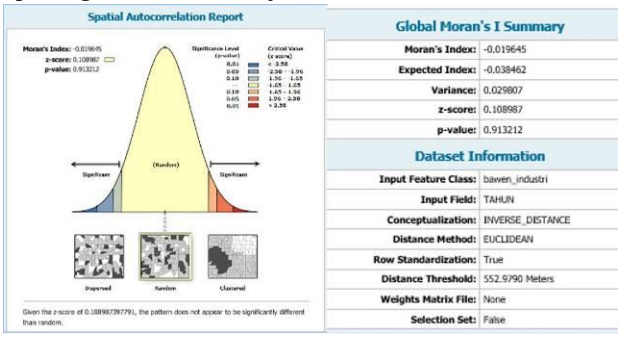
Berdasarkan tabel 1, artinya 17% luas area lahan industri sesuai dengan rencana. Sedangkan 83% dari kawasan peruntukan industri di Kecamatan Bawen belum terealisasi.

Wilayah yang sesuai dengan rencana adalah Kelurahan Harjosari yang berasa di sisi barat jalan tol Ungaran-Bawen. Sementara untuk kawasan di bagian timur jalan tol Ungaran-Bawen Kelurahan Harjosari dan Kelurahan Lemahireng yang seharusnya dibangun untuk industri tetapi pada keadaan *existing* masih berupa lahan pertanian. Karakteristik fisik kelerangan lahan di bagian barat jalan tol lebih datar dibandingkan sisi timur jalan.

Untuk melihat pola sebaran spasial, dianalisis dengan autokorelasi spasial dan *standart devitional ellipse.*

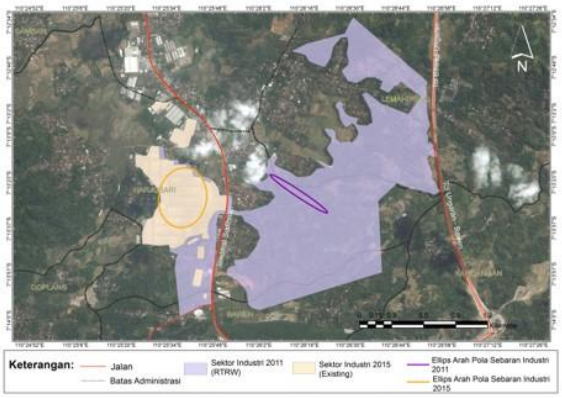
Gambar 5. Hasil Analisis Autokorelasi Spasial

Hasil *Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)* pada gambar 4 menunjukkan bahwa sebaran sektor



industri di Kecamatan Bawen adalah acak, artinya ada yang mengelompok dan ada yang menyebar. Pola sebaran acak dapat dilihat dari nilai z sebesar 0,109 (<2,58) dan nilai p bernilai 0,913 (>0,01) menunjukkan statistik sehingga pola distribusi acak.

Pola mengelompok dianalisis dengan *Standard Deviasion Ellipse* untuk melihat arah pola persebaran sektor industri. Pada elips sektor industri Rencana Tata Ruang Wilayah tahun 2011-2031 (warna ungu), titik pusat elips menunjukkan rata-rata (nilai *mean)* statistik luasan area industri di perbatasan Kelurahan Harjosari dan Kelurahan Lemahireng. Sumbu panjang elips menunjukkan arah pola sebaran, dalam hal ini mendekati arah jalan tol Ungaran-Bawen



Gambar 6. Arah Pola Sebaran Sektor Industri 2011 (RTRW) dan 2015 *(Existing)*

Arah sebaran industri yang ada *(existing* 2015) ditunjukkan elips warna oranye. Pada elips 2015, lokasi ellipsoid menunjukkan rata-rata luasan sektor industri yang terbangun sampai tahun 2015 ada di Kelurahan Harjosari di bagian barat jalan tol Ungaran-Bawen. Elips 2011 dan 2015 yang tidak menyatu (berbeda bentuk dan arahnya) menunjukkan bahwa antara Rencana Tata Ruang Wilayah dan kondisi *existing* belum sesuai. Dilihat dari citra satelit, lokasi yang belum sesuai dikarenakan lahan yang direncanakan untuk sektor industri belum seluruhnya terbangun.

Sebagaimana yang telah dijelaskan dalam Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, pada dasarnya rencana tata ruang wilayah harus dapat dijadikan acuan dalam rangka pemanfaatan dan pengendalian pemanfaatan ruang wilayah baik kota maupun kabupaten, dan acuan bagi seluruh pembangunan antar sektor dan antar wilayah. Dengan demikian rencana tata ruang memuat rencana teknis yang dapat diaplikasikan pada wilayah perencanaan. Rencana tata ruang wilayah pada skala kota, sesuai dengan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum NO. 16/PRT/M/2009 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten, berfungsi sebagai dasar dalam pemanfaatan dan pengendalian tata ruang wilayah yang disusun berdasarkan pada kaidah-kaidah perencanaan yang mencakup asas keselarasan, keserasian, keterpaduan, kelestarian, keberlanjutan serta keterkaitan antarwilayah.

Menurut Peraturan Daerah Nomer 6 tahun 2011 tentang RTRW Kabupaten Semarang, tujuan penataan ruang wilayah adalah terwujudnya daerah sebagai penyangga Ibukota Provinsi Jawa Tengah dan kawasan pertumbuhan berbasis industri, pertanian dan pariwisata yang aman, nyaman, produktif, berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Terkait hal tersebut, strategi yang dapat dilakukan adalah penyediaan lahan untuk sektor-sektor yang diutamakan. Sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Semarang 2011-2031 bahwa lahan untuk sektor industri telah disediakan.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kecamatan Bawen merupakan lokasi yang strategis, berada di sekitar jalan arteri primer Ungaran-Bawen dan mempunyai dampak besar terhadap pembangunan jalan tol Semarang-Solo, terlebih adanya pengembangan kawasan strategis di Wilayah Bawen – Tuntang. Luasan sektor industri yang sesuai dengan Rencana Tata Ruang Wilayah adalah 17%, sedangkan 83% dari seluruh area yang direncanakan belum terealisasi. Persebaran peruntukan industri RTRW 2011 dan *existing* 2015 memiliki perbedaan pola sebaran. Pola persebaran sektor industri di Kabupaten Bawen adalah acak. Dilihat dari arah sebarannya, antara RTRW dan kondisi *existing* berbeda. Kecendurungan industri yang terbangun lebih berada di sisi barat jalan tol Ungaran-Bawen.

Saran

Diharapkan setiap perencanaan pola ruang dapat memperhatikan pola *existing* yang ada, tanpa meninggalkan karakteriktik fisik daerah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PT. Trikarsa BPG, Bappeda Kabupaten Semarang, seluruh civitas akademika Undip, khususnya Teknik Geodesi FT-Undip dan seluruh pihak yang telah membantu.

Daftar Pustaka

Anselin L. 1988. Spatial Econometrics: Methods and Models. Netherlands: Kluwer Academic. Publisher.

_____. 2011. Peraturan Daerah Kabupaten Semarang No. 6 Tahun 2011

Esri. 2015. "An overview of the Spatial Statistics toolbox." http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/an-overview-of-the-spatial-statistics-toolbox.htm. Diakses pada 10-06-2016

Holmes, E. 2015. "Hot Spot analysis using Moran's I and getis-ord statistics in ArcMap/ArcGIS." https://www.youtube.com/watch?v=_0Tzo1qbN-A. Diakses pada 06-06-2016

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum NO. 16/PRT/M/2009 tentang Pedoman Penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten.

Republik Indonesia. 2007. Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

Analisis Potensi Teknologi *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) dan Citra Satelit Sentinel-1 Sar untuk Pemantauan Aktivitas Penambangan Illegal di Kawasan Brown Canyon-Semarang

Yudo Prasetyo[1)*], Haniah[2)] dan Fajar Thoriq Setiawan[3)]

[1)*] Lab Penginderaan Jauh dan Fotogrammetri, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedharto SH., Tembalang, Semarang, Indonesia (yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id)

[2) 3)] Lab Geodesi, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Soedharto SH., Tembalang, Semarang, Indonesia (haniah@gmail.com dan thoriq.f.setiawan@gmail.com)

ABSTRACT

Dynamic activity of mining type C activities in the area of Brown Canyon-Semarang has caused damage to biodiversity and ecosystems in the local environment.

Mining activities in the region indicated not have legal mining permits at the provincial level and has been banned in the spatial planning city regulations in Semarang city. On the other hand, due to the illegal mining process has transformed this area into a tourist attraction in the city of Semarang because a unique topography. It required monitoring and conservation action to stop the environmental damage and directed as a tourism area. One of effective solutions of this problem is UAV (Unmanned Aerial Vehicle) and satellite imagery Sentinel-1 SAR technology combination in the monitoring of mining activities. This study further analyzes related to the UAV potential and Sentinel-SAR imagery in monitoring the region, especially the ability to indicate changes in the soil volume, object identification, vegetation density and deformation.

Research stage begins with the installation of the points GCP (Ground Control Point) field geodetic using GPS (global positioning system) measurement in order to determine of the premark point field. The aerial photographs acquisition in the field utilizing UAV equipment held in March 25 to April 16, 2016. Furthermore, the aerial photographs are acquisitions to produce a DEM (Digital Elevation Model) for each time period. The process of calculating the fill and cut algorithms performed on both models DEM to obtain volumetric count on a region where there is a change in the volume around 14,070.7 cubic meters. This is reinforced by the pattern analysis of deformation in Brown Canyon area using DInSAR method on Sentinel-1 satellite imagery in which shows the land subsidence pattern significantly around 0.05 to 0.2 cm/yr. In addition, the processing performed 3-dimensional model based on the time period to analyze further the identification of objects (roads and puddles) emerging and changing vegetation density as a result of mining activities.

This research is expected to contribute methods and technologies used in the effectively and efficiently monitoring activities of illegal mining.

Keywords: *Brown Canyon, Deformation, DInSAR, Sentinel-1, UAV*

I. PENDAHULUAN

Brown Canyon merupakan kawasan pertambangan galian C yang aktif dimana secara hukum masih menjadi polemik di masyarakat. Secara peraturan telah ditegaskan bahwa kegiatan penambangan di kawasan Brown Canyon termasuk kegiatan yang illegal dan melanggar peraturan dan perundang-undangan (Paryono T.D., 2015).

Disatu sisi kegiatan penambangan ini telah mengakibatkan kerusakan alam yang diidentifikasikan dengan perubahan morfologi fisik permukaan bumi di kawasan tersebut. Akibat perubahan fisik tersebut maka bentang alam di kawasan Brown Canyon menyerupai bentang alam Grand Canyon yang terkenal dan berada di Negara Amerika Serikat. Untuk gambaran umum kawasan Brown Canyon dapat dilihat pada Gambar 1.1. Perubahan ini memberikan keuntungan dari segi pariwisata dimana banyak wisatawan lokal dan mancanegara yang mendatangi kawasan tersebut.

Untuk itu diperlukan pengelolaan kawasan secara tegas dan perlunya tindakan pemantauan terhadap aktivitas penambangan illegal. Salah satu pendekatan dari sistem pemantauan tersebut adalah

menggunakan teknologi penginderaan jauh. Pada penelitian ini dikembangkan kombinasi antara pemanfaatan teknologi UAV (*unmanned aerial vehicle*) berupa *drone quadcopter* dan metode DInSAR (*Differential Interferometric Syntetic Aperture Radar*) untuk melakukan pemantuan spasial pada kawasan tersebut secara multitemporal.

Untuk mendukung ketepatan dalam metode penelitian ini maka dilakukan validasi dengan metode pengamatan lapangan dan survey teristris dengan menggunakan peralatan Total Station untuk mengecek ulang profil permukaan bumi dan ketelitian planimetrik.



Gambar 1.1. Kawasan Brown Canyon dan Aktifitas Penambangan Illegal

II. METODOLOGI

Adapun metodologi penelitian yang dilaksanakan terbagi atas beberapa bagian, yaitu:

2.1. Wilayah Penelitian

Wilayah penelitian ini adalah kawasan Brown Canyon yang secara administrasi berada pada Kelurahan Rowosari, Kecamatan Tembalang, Kota Semarang. Berada di koordinat 7° 3'8.13" LS -7° 3'26.42" LS dan 110°28'52.50" BT -110°29'33.23". Adapun gambaran wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Wilayah Penelitian Brown Canyon

2.2. Alat dan Data Penelitian

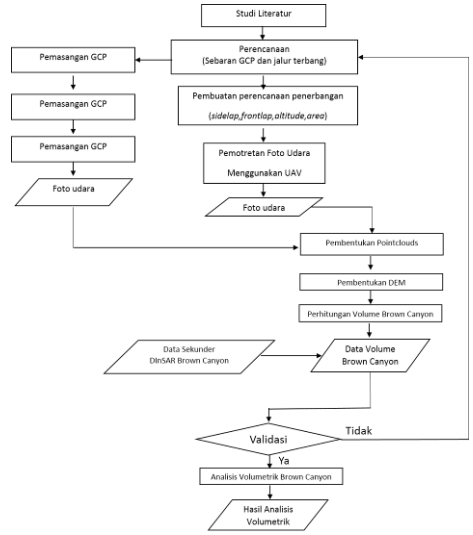
Terkait metodologi penelitian maka diperlukan peralatan dan data penelitian yang dapat dilihat secara rinci pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Data Penelitian

No.	Data	Jenis Data	Waktu Akuisisi	Keterangan
1.	Foto udara dari UAV	Primer	25 Maret 2016 26 Maret 2016 15 April 2016 16 April 2016	Foto udara diambil menggunakan pesawat UAV dan kamera yang digunakanmerupakan kamera non metrik.
2.	Data GPS CORS Undip	Sekunder	30 Maret 2016 31 Maret 2016 20 April 2016	Data CORS diperoleh dengan *download* data dari *station* CORS UNDIP di kampus Teknik Geodesi UNDIP.
3.	Data GPS GCP	Primer	30 Maret 2016 31 Maret 2016 20 April 2016	Data koordinat melalui survei GPS metode statik untuk kepeluan titik-titik GCP.
4.	Data validasi Total Station	Primer	12 Agustus 2016	Data yang di akuisisi menggunakan Total Station untuk keperluan validasi hasil penelitian.
5.	Data DInSAR	Sekunder	21 Maret 2016 28 Mei 2016	Data yang digunakan untuk mengkombinasi hasil penelitian volume.

2.3. Diagram Alir Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini dilakukan sesuai dengan diagram penelitian seperti pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Diagram Alir Penelitian

2.4. Metode DInSAR (*Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar*)

Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar (DInSAR) adalah metode pencitraan radar ke samping dengan memanfaatkan perbedaan fasa dua atau lebih citra SAR dengan akuisisi yang berbeda dalam pengolahannya untuk mendapatkan topografi dan deformasi. Untuk menghitung model deformasi,pada metode DinSAR (Kampes B.M, 2006) menggunakan hitungan model :

$\Delta\varphi=(\Delta\varphi)topo+(\Delta\varphi)defo+(\Delta\varphi)atm+(\Delta\varphi)orb$.....(2.1)

Keterangan:

ϕ =Beda Fase Interferogram

$\phi topo$ = Fase Topografi

$\phi defo$ = Fase Deformasi

ϕatm =Fase Atmosferik

ϕorb = Fase Orbit

Metode DInSAR memiliki tujuanutama yaitu

mengekstrak keseluruhan nilai fasa yang hanya diakibatkan oleh deformasi dan menghapus atau meminimalkan hal-hal lain yang turut mempengaruhi.

2.5. Metode Pembentukan Model 3D UAV

Untuk tahapan pembentukan model 3D dari hasil pengamatan UAV (Agisoft LCC, 2013), dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Import Photo*.
   Memasukan foto-foto udara yang hendak diolah ke perangkat lunak pengolahan.
2. *Align Photo*.
   Melakukan proses menegakan kamera foto, mengkoreksi kesalahan *tilt*, *drift* maupun *crab*, dan juga menghasilkan luaran berupa *point clouds* yang masih jarang (*sparse cloud*).
3. Orthorektifikasi.
   Melakukan proses pendefinisian koordinat pada mark GCP pada foto udara menyesuaikan pada koordinat GCP hasil akuisisi menggunakan GPS.
4. Optimalisasi *Alignment*.
   Melakukan optimalisasi posisi kamera setelah dilakukan orthorektifikasi.
5. Pembangunan *point clouds* rapat.
   Melakukan proses pemadatan dengan teknis melakukan interpolasi dari titik-titik *sparse cloud* yang telah ada.
6. Pembangunan model tiga dimensi.
   Membentuk model tiga dimensi dari *point clouds* yang telah ada. Data yang tadinya berupa sebaran titik-titik diubah menjadi lempengan tiga dimensi.
7. Pembentukan tekstur model.
   Membentuk tekstur pada model tiga dimensi yang terbentuk. Model tiga dimensi yang tadinya berwarna polos menjadi berwarna sesuai dengan foto udara.
8. Pembangunan model DEM.
   Membentuk DEM berasal dari *point clouds*.
9. Pembangunan orthofoto.
   Membentuk foto udara yang telah digabungkan menjadi satu dan telah ditegakkan melalui proses orthorektifikasi. Proses ini tentu membutuhkan titik GCP dilapangan yang ditandai dengan *Premark* dan diukur dengan pengamatan GPS yang terikat pada stasiun CORS UNDIP.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan proses akuisisi dan pengolahan data maka didapatkan hasil dan analisis, sebagai berikut:

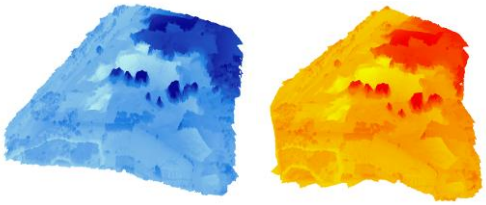
3.1. Hasil dan Analisis Pembentukan Model 3D Kawasan Brown Canyon

Berdasarkan hasil pengolahan data akuisisi foto menjadi model 3 dimensi untuk setiap kala waktunya. Diperlukan juga penempatan titik-titik GCP dilapangan sebagai Premark dalam pemrosesan orthorektifikasi. Terdapat 9 titik GCP yang dapat dilihat sebarannya pada gambar 3.1.



Gambar 3.1. Sebaran Titik Kontrol Tanah

Hasil dari pembentukan model 3 dimensi untuk dua kala dimana kala 1 (25-26 Maret 2016) dan kala 2 (15-16 April 2016) dapat dilihat pada gambar 3.2.



(a) (b)

Gambar 3.2. Model 3 Dimensi (a) Kala Pertama (b) Kala Kedua

Hasil pembentukan model 3D dicek ulang dengan menvalidasi data tinggi pada titik-titik GCP pada model dan hasil pengukuran GPS dilapangan. Untuk hasil lebih lengkapnya dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perbandingan Nilai Elevasi GCP Antara Hasil Pengukuran GPS dan Model DEM

GCP	Elevasi GPS(m)	DEM Kala 1 (m)			DEM Kala 2 (m)		
		Elevasi	Selisih (dx)	$(dx)^2$	Elevasi	Selisih (dx)	$(dx)^2$
1	77,102	77,148	0,046	0,002	77,251	0,149	0,022
2	70,656	70,665	0,009	0,000	70,737	0,081	0,007
4	103,939	103,965	0,026	0,007	103,968	0,029	0,001
6	79,399	79,486	0,087	0,008	79,472	0,073	0,005
7	76,275	76,299	0,024	0,001	76,262	-0,013	0,000
8	81,638	81,613	-0,025	0,001	81,755	0,117	0,014
9	101,794	101,726	-0,068	0,005	101,677	-0,117	0,014
TOTAL				0,016	TOTAL		0,062
Rerata selisih				0,002	Rerata selisih		0,009
RMS *Error*				0,048	RMS *Error*		0,094

Berdasarkan hasil perbandingan maka didapatkan nilai RMS untuk kala 1 sebesar 4,8 cm dan kala 2 sebesar 9,4 cm. Apabila dilakukan perhitungan nilai hasil uji vertikal dengan melakukan perkalian antara RMS *Error* dengan nilai 1,65 untuk mendapatkan nilai LE90. Hasilnya nilai LE90 untuk DEM kala pertama sebesar 0,08 m dan DEM kala kedua 0,15 m, dengan demikian DEM yang dihasilkan baik kala pertama maupun kedua tersebut masih memenuhi standar ketelitian peta dasar dengan ketelitian vertikal kelas 1 untuk peta skala 1:1.000 yaitu kurang dari 0,25 m.

3.2. Hasil dan Analisis Pemantauan Perubahan Lingkungan

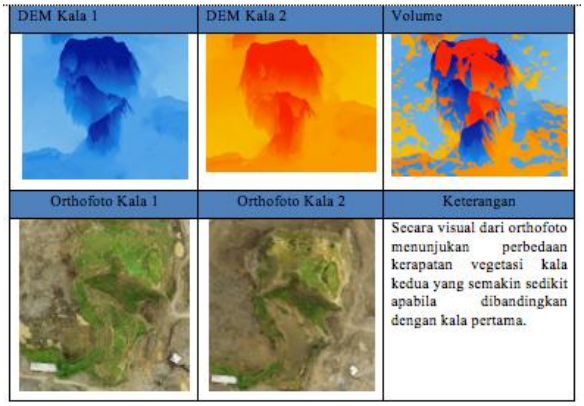
Terdapat beberapa hasil pemantauan kawasan penambangan illegal menggunakan model 3D dan orthofoto pengamatan UAV pada dua kali pengamatan. Adapun hasil proses orthorektifikasi pada setiap pengamatan dapat dilihat pada gambar 3.3.



(a) (b)

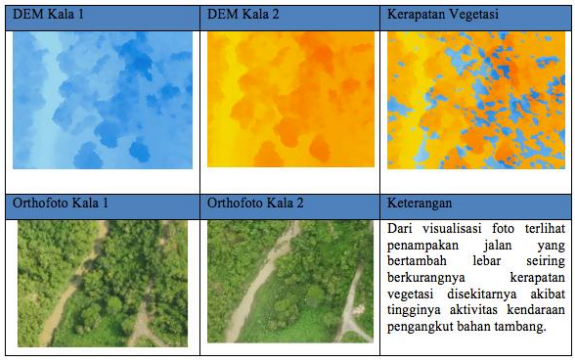
Gambar 3.3. Kawasan Brown Canyon Hasil Proses Orthorektifikasi pada kala-1 (a) dan kala-2 (b)

Berdasarkan hasil pengamatan menggunakan UAV dapat terlihat hasil dari proses penambangan illegal pada bentuk permukaan tanah di kawasan tersebut. Adapun hasil dari pengamatan terhadap kerapatan vegetasi dapat dilihat pada gambar 3.4.



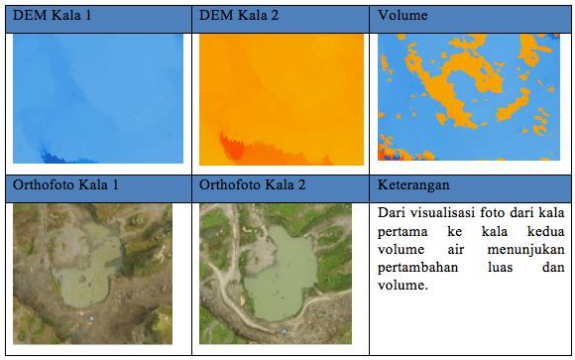
Gambar 3.3. Perbedaan Kerapatan Vegetasi Antar Pengamatan

Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bukti bahwa terjadi perubahan kerapatan vegetasi akibat dari aktivitas penambangan. Selain itu, hasil pemantauan lainnya adalah terkait identifikasi jalan dikawasan tersebut, lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. Perubahan Kondisi Jalan Antar Pengamatan

Berdasarkan hasil pengamatan diperoleh semakin berkurangnya kerapatan vegetasi disekitar jalan dan bertambah lebarnya jalan. Hal ini mengindikasi tinggi frekuensi lalu lintas kendaraan pengangkut bahan tambang. Untuk kondisi perubahan kondisi kolam akibat cekungan penambangan dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Perubahan Kondisi Kolam Antar Kala

3.3. Hasil dan Analisis Volumetrik Akibat Aktivitas Penambangan

Perhitungan volume tanah secara umum dilakukan dengan menghitung nilai perubahan volume antar DEM secara multitemporal.

Data yang dihasilkan adalah data perhitungan galian dan timbunan antara DEM kala pertama dan kala kedua (Purworahardjo U., 1989). Untuk lengkapnya dapat dilihat pada tabel 3. 2.

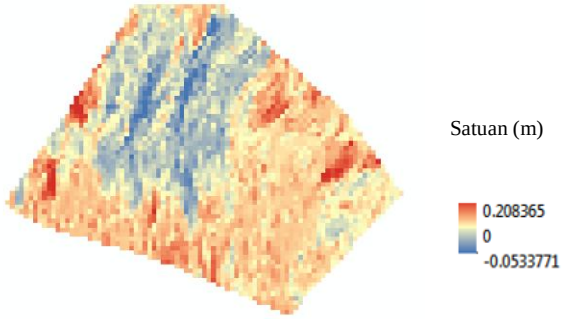
Tabel 3.2. Hasil Perhitungan Volume Tanah

Total Volume Between Surfaces:	240.210,3 kubik meter
Cut Volume:	127.140,5 kubik meter
Cut3D Surface Area:	308.355,833 m persegi
Fill Volume:	113.069,8 kubik meter
Fill 3D Surface Area:	267.965,574 m persegi

Berdasarkan hasil perhitungan dalam jangka waktu 20 hari pada kawasan Brown Canyon mengalami penurunan volume sebesar 14.070,7 meter kubik.

3.4. Hasil dan Analisis Metode DInSAR Menggunakan Citra Sentinel-1 SAR

Untuk memperkuat analisis deformasi pada kawasan Brown Canyon dilakukan pengolahan citra Sentinel-1 SAR menggunakan metode DInSAR. Hasil pengolahan DInSAR dapat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Pola Deformasi Citra Sentinel-1 SAR

Berdasarkan pola deformasi terdapat kesesuaian pola dengan hasil perubahan volume antar waktu pada hasil pengolahan citra Sentinel-1 SAR dan DEM. Namun analisis kurang maksimal dikarena terdapat perbedaan kualitas secara spasial dimana kualitas hasil UAV lebih tinggi dibandingkan resolusi spasial citra Sentinel-1 SAR (20 meter). Untuk analisis lebih lanjut diperoleh citra SAR dengan resolusi yang lebih baik untuk memudahkan analisis spasial.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kombinasi teknologi UAV dan citra radar memberikan keuntungan dan keunggulan dalam pemantauan aktivitas penambangan illegal di kawasan Brown Canyon karena memiliki cakupan spasial yang luas, kedetilan objek dan temporal akuisisi data yang rapat.
2. Teknologi UAV dan citra radar memiliki kemampuan dalam mengidentifikasikan perubahan lingkungan akibat aktivitas penambangan antara lain kerapatan vegetasi, jalan, obyek, kolam genang dan topografi.
3. Berdasarkan hasil perhitungan volume tanah diperoleh penurunan sekitar 14.070,7 meter kubik di kawasan Brown Canyon dalam jangka waktu 20 hari pengamatan.

V. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas dukungan dan kerjasama seluruh mahasiswa peneliti dan asisten dosen di laboratorium Penginderaan Jauh dan Fotogrammetri. Serta dukungan civitas akademika di lingkungan Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Agisoft LCC. (2013): User Manual: Professional Edition, Version 1.0.0 Publication date 2013, Agisoft LLC : St. Petersburg.

Kampes, B.M. (2006): Radar Interferometry: Persistent Scatterer Technique, Springer: Dordrecht, 5-25, 71-85

Purworahardjo U. (1989): Pengukuran Topografi. JurusanTeknik Geodesi, FTSP-ITB: Bandung.

Analisis Pola Pertumbuhan Kawasan Kampus Secara Multi Temporal dengan Autokorelasi Spasial dan *Standart Devitional Ellips*

Ulifatus Sa'diyah[a], Yudo Prasetyo[b], Andri Suprayogi[c]

[a,] Mahasiswa Teknik Geodesi FT-Undip (ulifatussadiyah@gmail.com)
[b,] Staf Pengajar Teknik Geodesi FT-Undip (yudo.prasetyo@ft.undip.ac.id)
[c,] Staf Pengajar Teknik Geodesi FT-Undip (andri.suprayogi97@gmail.com)

ABSTRACT

At certain period of time, we need identification, monitoring and evaluation of land use as a basis for the study of human behavior using the designation land use and other purposes. Distribution pattern analysis of multi temporal land use on campus is important to see the grouping or uneven development or not in accordance with Campus Development Master Plan (CDMP). The pattern of land use change can be analyzed spatially with spatial statistic. Briggs 2007, stating that the spatial distribution patterns are clustering, spreading and random. The data used in this study is the Quickbird Imagery 2006 and 2011, along with UAV aerial data photo Fx79 in 2015. To see the distribution pattern, I use spatial autocorrelation method while the direction of the growth pattern can be seen with the standart deviational ellipse. After analyzed, it indicate that the spatial distribution pattern of land use in 2006-2011 is clustering with 9.07% change in land use. Meanwhile from 2011 to 2015, change in land use is as much as 24.18% with major change on the vacant land that turn into public facilities with clustered spatial distribution pattern. Ellipse of standart deviational ellipse show the difference direction of distribution.

Keywords : *Spatial Autocorrelation, Pattern, Campus, Standart Deviational Ellipse*

Pendahuluan

Penggunaan lahan menjadi bagian yang penting pada perencanaan dan pertimbangan dalam merumuskan kebijakan keruangan di suatu wilayah. Universitas Diponegoro (UNDIP) merupakan salah satu universitas besar. Sejak tahun 1996 sampai tahun 2016, UNDIP melaksanakan pembangunan dan pengembangan melengkapi kawasan kampus Tembalang. Mengacu pada Rencana Induk Pengembangan Kampus (RIPK), kawasan ini akan terus berkembang dalam jangka waktu kedepan. Pembangunan yang ada saat ini perlu adanya evaluasi analisis perubahan pola pembangunan per periode, yakni tahun 2006-2011 dan tahun 2011-2015.

Dengan latar belakang tersebut, penulis melakukan penelitian bagaimana pemanfaatan lahan dari tahun 2006 sampai 2015, perubahan luas dan fungsi lahan, pola distribusi dan arah perubahan pemanfaatan lahan secara multitemporal dengan citra resolusi tinggi dan data foto udara UAV.

Analisis data spasial merupakan analisis yang berhubungan dengan pengaruh lokasi. Tobler dalam Ludwig dan Reynolds, 2010 menyatakan bahwa segala sesuatu saling berhubungan satu dengan yang lainnya, tetapi sesuatu yang dekat lebih mempunyai pengaruh daripada sesuatu yang jauh.

Kajian perubahan penggunaan lahan telah banyak dilakukan. Purwantoro, 2003 pada penelitian studi perubahan penggunaan lahan di Kecamatan Umbulharjo Kota Yogyakarta dengan metode interpretasi foto udara. Saraswati, 2016 menganalisis perubahan luas permukiman dan pola persebaran permukiman Kecamatan Tembalang, Kecamatan Banyumanik, Kecamatan Gunungpati, Kecamatan Mijen Kota Semarang menggunakan data Citra SPOT 6. Pola pemukiman dianalisis menggunakan metode *nearest neighbor* dengan memperhatikan *centroid* setiap poligon.

Analisis pola merupakan metode untuk memahami pola spasial yang luas. Analisis pola dapat dilakukan dengan beberapa metode (Scott dan Janikas, 2010), yakni: *Average Nearest Neighbor, High / low clustering, Multi-distance spatial cluster analysis (Ripley's K function), Spatial Autocorrelation (Global Moran's I).*

Autokorelasi spasial merupakan salah satu analisis

spasial untuk mengetahui pola hubungan atau korelasi antar lokasi (amatan). Metode uji yang digunakan pada penelitian pola perubahan penggunaan lahan ini adalah autokorelasi spasial *(Global Moran's I).* Penentuan pola pada metode ini berdasarkan lokasi fitur dan nilai atributnya yang berdekatan menggunakan statistik Global Moran. Statistik Global Moran merupakan salah satu metode statistik inferensial yang berarti hasil analisis diinterpretasikan dalam hipotesis nol. Autokorelasi dengan statistik Moran's I dapat dirumuskan (Holmes, 2015):

$$I = \frac{N\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}(x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij})\sum_{i=1}^{n}(x_i - \bar{x})^2} \quad (1)$$

Keterangan:

N = jumlah objek
$\bar{X}$ = rata-rata variabel
X_i = nilai atribut pada suatu lokasi (objek ke-i)
X_j = nilai atribut pada lokasi yang lain (objek ke-j)
W_{ij} = bobot kominasi i,j

Jika nilai-nilai dalam dataset cenderung mengelompok spasial (nilai tinggi mengelompok di dekat nilai tinggi lainnya; nilai rendah mengelompok di dekat nilai rendah lainnya), Indeks Moran akan menjadi positif. Ketika nilai-nilai yang tinggi cenderung dekat nilai rendah, Indeks akan negatif. Jika nilai *cross-product* negatif nilai *cross-product*, Indeks akan mendekati nol. Pembilang dinormalkan oleh variansi sehingga nilai indeks jatuh antara -1,0 dan 1,0.

Autokorelasi spasial mampu menentuan karakteristik pola distribusi spasial, sedangkan arah distribusi dapat ditentukan menggunakan *Standard Devitional Ellipse. Standard Devitional Ellipse* adalah suatu metode untuk menganalisis karakteristik spasial fitur geografis seperti pusat kecondongan, sebaran dan arah pola. *Standard Devitional Ellipse* menghitung jarak standar pada arah x dan y untuk menentukan arah sumbu *elips* pada sebaran fitur. Standar deviasi dipengaruhi oleh lokasi fitur dan nilai atribut fitur satu dengan fitur lainnya (autokorelasi spasial). Perhitungan standar deviasi koordinat x dan y dari pusat rerata, digunakan untuk mendefinisikan sumbu elips. Elips menunjukkan sebaran fitur yang memanjang dengan orientasi tertentu (Esri, 2015).

Standard Devitional Ellipse dapat dituliskan dalam rumus sebagai berikut (Mitchel, 2005):

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(xi - X)^2}{n}} \quad (2)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(yi - X)^2}{n}} \quad (3)$$

Keterangan:
SDEx, SDEy = standar deviasi arah x dan y
xi,yi = koordinat fitur ke-i
X,Y = representasi rerata tengah fitur
n = jumlah fitur

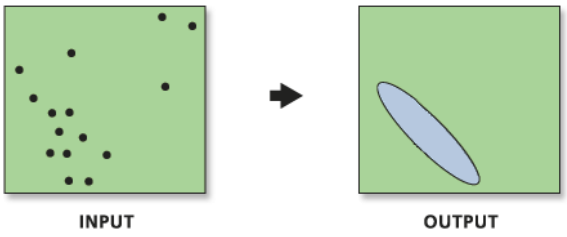
Arah elips didefinisikan dengan nilai sudut rotasi yang dihitung searah jarum jam dari arah utara. Sudut rotasi untuk mendefinisikan arah dapat dirumuskan sebagai berikut (Mitchel, 2005):

$$\tan \theta = \frac{A+B}{C} \quad (4)$$

$$A = \sqrt{(\sum_{i=1}^{n} \dot{x}i^2 - \sum_{i=1}^{n} \dot{y}i^2)^2 + 4\,(\sum_{i=1}^{n} \dot{x}i\dot{y}i)^2} \quad (5)$$

$$B = 2\sum_{i=1}^{n} \dot{x}i\dot{y}i^2 \quad (6)$$

Keterangan:
$\dot{x}i$, $\dot{y}i$ = standar deviasi dari koordinat X,Y (koordinat rerata tengah)



Gambar 7. Ilustrasi Standard Devitional Ellipse

Sumber: Esri (2015)

Standard Devitional Ellipse akan menghasilkan fitur baru berupa poligon *elips.* Data atribut poligon *elips* berupa koordinat x dan y rerata tengah, dua jarak standar (sumbu panjang dan sumbu pendek) dan orientasi *elips.*

Metodologi

Data dan Peralatan Penelitian

1. Data Penelitian
   a. Citra Quickbird RGB wilayah Semarang tahun 2006
   b. Citra Quickbird RGB wilayah Semarang tahun 2011 terektifikasi
   c. Foto udara UAV Fx79 2015 terektifikasi
   d. Peta *Masterplan* pembangunan kampus UNDIP tahun 2005, 2007 dan tahun 2013.
   e. Data titik kontrol tanah (GCP) wilayah kampus UNDIP dengan sistem proyeksi UTM Zona 49S, datum geodetik WGS 84.
   f. Data koordinat hasil survei lapangan.

g. Batas wilayah UNDIP Tembalang sebagai batas area penelitian.

2. Peralatan yang dibutuhkan pada penelitian:
   a. Laptop ASUS N46VZ dengan *Processor Inter ® Core i5-3210M CPU @2.50GHz (4CPUs), RAM 4096Mb, OS Windows 10.*
   b. Alat survei berupa *GPS Handheld GARMIN GPSMAP 62S,* kamera dan kuesioner.
   c. *Software :* PCI Geomatica 2015, Global Mapper, ArcMap 10.4, Microsoft office 2013.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, diantaranya :

1. Studi literatur dan pengumpulan data
2. Penyiapan citra
3. Pemotongan Citra *(Cropping* Citra)
   Citra yang akan digunakan dilakukan pemotongan agar sesuai dengan area penelitian.
4. Koreksi Geometrik
   Pada Citra Quickbird 2006 level 2A yang masih *raw data*, dilakukan proses koreksi geometrik yakni orthorektifikasi metode *Rational Function* dengan data GCP dan DEM. Sedangkan pada Citra Quickbird 2011 dan Foto Udara UAV Fx79 tahun 2015 dilakukan pengujian kondisi geometrik citra.
5. Interpretasi Visual dan Dijitasi
   Tata guna lahan kampus UNDIP diklasifikasikan menjadi lima kelas berdasarkan fungsinya (tabel 3.1).Citra Quickbird 2006, 2011, dan foto udara UAV 2015 dijadikan referensi untuk dijitasi tema penggunaan lahan.

Tabel 10. Klasifikasi Penggunaan Lahan Kampus UNDIP

Tema Penggunaan Lahan	Contoh
Fasilitas Umum	Taman Jalan Lahan Parkir Makam Sarana Olahraga Gedung Serba Guna Rumah Sakit, Poliklinik Tempat Ibadah
KBM (Kegiatan Belajar Mengajar)	Laboratorium Perpustakaan Gedung Kuliah
Administrasi	Rektorat Dekanat ICT Widya Puraya
PKM (Pusat Kegiatan Mahasiswa)	Student Center PKM Fakultas Ruang Himpunan Mahasiswa
Lahan Kosong	

6. Survei lapangan untuk verifikasi hasil interpretasi visual dan digitasi, evaluasi akurasi dan memperoleh data non-data spasial.
7. Penentuan Luas dan Pola Perubahan Penggunaan Lahan. Peta lahan tahun 2006, 2011 dan 2015 dianalisis dengan *overlay identity* untuk melihat perubahan luas dan fungsi lahan. Pada periode 2006-2011 dan 2011-1015 dianalisis perubahan luas dan sebaran penggunaan lahan. Pola sebaran dianalisis dengan *Spatial Autocorrelatin (Morans I),* untuk karakteristik sebaran dengan*Standart Deviational Ellipse.*

Pada proses Spatial Autocorrelatin (Morans I) perlu diperhatikan beberapa parameter:

1. *Input Feature Class*: memasukkan shapefile yang akan dilakukan analisis pola spasial.
2. *Input Field:* memasukkan data atribut yang akan dihitung nilai autokorelasi spasialnya. Data yang dimasukkan harus data numerik.
3. Pilih dan centang *generate report* agar hasil analisis pola spasial dapat ditampilkan pada *report.*
4. *Conceptualization of Spatial Relationships:* Memilih metode untuk mendefinisikan hubungan spasial antar fitur. Metode yang dipilih menentukan besar bobot untuk proses autokorelasi spasial. Metode-metode yang dapat dipilih antara lain: *inverse distance, inverse distance square, fixed distance band, zone of indifference, contiguity edges only, contiguity edges corners* dan bobot spasial dari file.
5. *Distance Method:* memilih metode yang spesifik memperhitungkan jarak antar fitur. Metode perhitungan jarak yang dipilih adalah *Euclidean Distance* (jarak lurus dua titik) atau *Manhattan Distance* (jarak diperhitungkan dari beda koordinat x dan y).
6. *Standardization:* memilih perlu tidaknya standarisasi nilai bobot.
7. *Distance Band or Threshold Distance:* memasukan jarak yang diatur, terutama untuk metode pembobotan *zone of indifference* yang membutuhkan atas jarak pada zona yang dibuat.

Pada penelitian ini, data yang dimasukkan adalah data perubahan penggunaan lahan tahun 2006-2011 dari

overlay identity penggunaan lahan tahun 2006 ke tahun 2011. Sedangkan pada analisis pola spasial tahun 2011 ke tahun 2015, data yang dimasukkan adalah hasil *overlay identity* 2011 ke 2015. Data atribut yang diamati pola spasialnya adalah "tahun". Pada pola periode 2011-2015 juga dianalisis spasial dengan parameter yang sama periode 2006-2011.

Selain menentukan jenis pola spasial perubahan penggunaan lahan, karakteristik pola sebaran seperti pusat kecondongan, sebaran dan arah pola dapat dianalisis. Arah pola distribusi dapat dianalisis menggunakan *Standart deviational ellipse* pada *ArcToolbox*.

Data masukan pada penelitian ini adalah hasil *overlay identity* penggunaan lahan tahun 2006 ke tahun 2011 untuk mendapatkan analisis arah pola spasial 2006 dan 2011. Sedangkan pada analisis arah pola spasial tahun 2011 ke tahun 2015 data yang dimasukkan adalah hasil *overlay identity* 2011 ke 2015. *Ellipse size* yang dipilih adalah 1_standart deviasi.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan di kampus Universitas Diponegoro Tembalang dari pada tahun 2006, 2011 dan tahun 2015 terus berkembang mengalami perubahan. Analisis perubahan dibagi menjadi dua periode, 2006-2011 dan 2011-2015.

1. Periode 2006-2011

Setelah penggunaan lahan 2006 dan 2011 di-*overlay*, didapat hasil bahwa 90,93% tidak mengalami perubahan kelas. Sedangkan9,07% mengalami perubahan dari satu kelas tema menjadi kelas tema yang lain. terjadi pertambahan penggunaan lahan pada kelas administrasi, fasilitas umum, KBM dan PKM. Sedangkan lahan kosong berkurang sebesar 133595,96 m^2 atau sebesar 21,94%. Pertambahan pembangunan paling besar pada kelas administrasi, yakni sebesar52,77%. Perubahan antar kelas tahun 2006-2011 dapat dilihat pada tabel IV.3. Perubahan kelas paling besar adalah dari lahan kosong (2006) menjadi fasilitas umum (2011) seluas 107755,09 m^2.

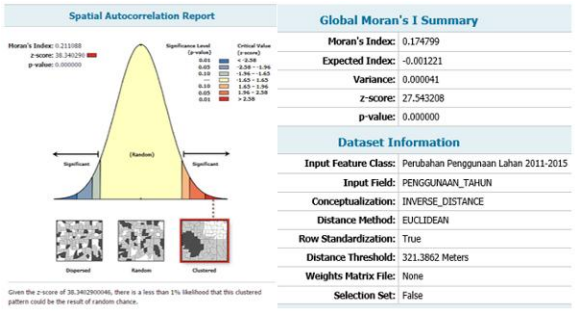
2. Periode 2011-2015

Pada periode 2011-2015, terjadi perubahan luasan tiap kelas dan perubahan fungsi kelas. PKM mengalami pertambahan luas dari 5889,15m^2 menjadi 10350,13 m^2 atau 75,7%. Kelas lahan kosong berkurang sekitar 75,82% tidak mengalami kelas. Sedangkan 24,18% mengalami perubahan dari satu kelas tema menjadi kelas tema yang lain dengan luasan.

Analisis Pola Sebaran Penggunaan Lahan

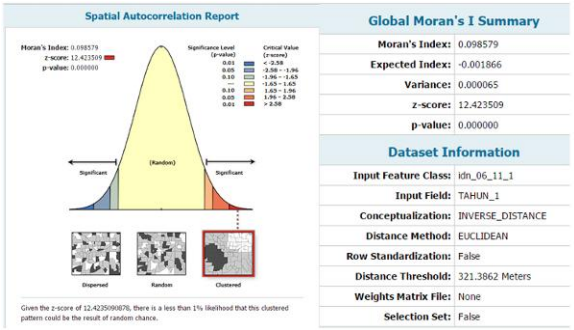
1. Pola Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2006-2011

   Hasil *Spatial Autocorrelation (Global Moran's)* perubahan penggunaan lahan tahun 2006-2011 memiliki pola mengelompok. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p, z dan indeks Morans. Nilai z sebesar 12, 43 (>2,58) dan nilai p bernilai 0,00 (<0,01) menunjukkan signifikansi statistik sehingga pola distribusinya mengelompok.



Gambar 8. Autokorelasi Spasial Perubahan Lahan 2006-2011

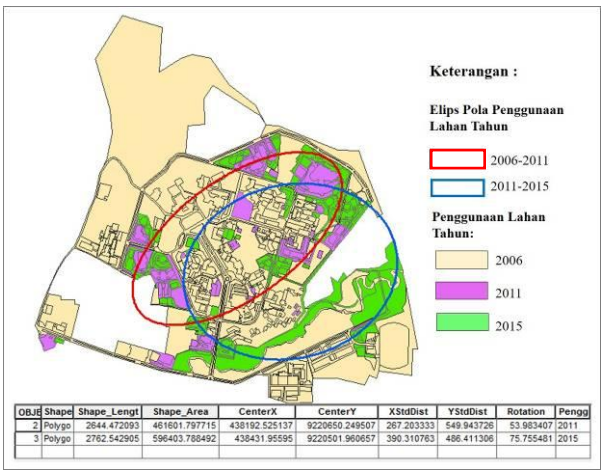
2. Pola Perubahan Penggunaan Lahan Tahun 2011-2015



Gambar 9. Autokorelasi Spasial Perubahan Lahan 2006-2011

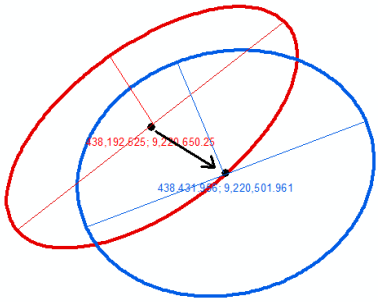
Hasil Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) perubahan penggunaan lahan tahun 20011-2015 memiliki pola mengelompok. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai p, z dan indeks Morans. Nilai z sebesar 38,34 (>2,58) dan nilai p bernilai 0,00 (<0,01) menunjukkan signifikansi statistik sehingga pola distribusinya mengelompok.

Arah pola persebaran penggunaan lahan yang berubah pada tahun 2006-2011 dan 2011-2015 dapat dilihat pada gambar 4. Elips pola penggunaan lahan tahun 2006-2011 (warna merah) menggambarkan arah pembangunan UNDIP tahun 2006-2011 lebih banyak di wilayah pinggir kampus yang dahulunya masih berupa lahan kososng, yakni dari blok RSND, FEB dan blok FH, FISIP, FIB, sampai POM Bensin UNDIP. Elips pola penggunaan lahan tahun 2011-2015 (warna biru) menunjukkan bentuk elips yang lebih simetris dibandingkan elips 2006-2011 (warna merah). Tetapi pusat elips *(centroid)* bergeser ke arah timur yakni kawasan stadion dan waduk yang baru dilakukan pembangunan tahun 2013.



OBJE	Shape	Shape_Lengt	Shape_Area	CenterX	CenterY	XStdDist	YStdDist	Rotation	Pengg
2	Polygo	2644.472093	461601.797715	438192.525137	9220650.249507	267.203333	549.943726	53.983407	2011
3	Polygo	2762.542905	596403.788492	438431.95595	9220501.960657	390.310763	486.411306	75.755481	2015

Gambar 10. Arah Pola Distribusi Penggunaan Lahan 2006-2011-2015



Gambar 11. Arah Pergeseran Elips Penggunaan Lahan 2006-2011 (merah) ke 2011-2015 (biru)

Jika dibandingkan elips 2006-2011 (warna merah), elips tahun 2011-2015 (warna biru) memiliki perbedaan yang menunjukkan perubahan arah sebaran lahan. Perbedaan kedua elips sebagai berikut:

a. Pusat elips *(centroid)* bergeser ke arah timur yakni kawasan stadion dan waduk yang baru dilakukan pembangunan tahun 2013. Dari koordinat kedua pusat elips, dapat dihitung terjadi pergeseran 239,43 meter pada sumbu x dan 148,28 meter pada sumbu y. Artinya, pembangunan dari tahun 2006-2015 tidak terpusat pada suatu titik saja, 2006-2011 titik pusat pembangunan di dalam kampus, tetapi periode 2011-2015 bergerak atau bergeser ke arah luar lingkungan kampus.
b. Panjang dan bentuk elips yang berbeda menunjukkan arah sebaran pembangunan yang berbeda. Elips tahun 2006-2011, menunjukkan sebaran pembangunan yang memanjang, artinya pembangunan paling besar ada di ujung-ujung sumbu elips. Sedangkan elips tahun 2011-2015 lebih simetris, artinya pembangunan lebih merata.
c. Selisih sudut rotasi sebesar 21,77^{o} yang menunjukkan arah elips yang berbeda.

Perpidahan beberapa fakultas dari Kampus UNDIP Pleburan ke Kampus UNDIP Tembalang secara bertahap (mengacu pada tabel II.3 pada halaman II-8). Alih fungsi lahan dari lahan kosong yang tidak terbangun menjadi lahan terbangun juga terjadi secara bertahap menurut tahun perpindahan beberapa fakultas dari Pleburan ke Tembalang. Dari analisis pola sebaran lahan secara multitemporal 2006-2011 dan 2011-2015 menunjukkan pola mengelompok pada fakultas-fakultas yang baru pindah ke Tembalang. Jadi menurut pola sebaran spasial, alih fungsi lahan UNDIP mengelompok dan terencana.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari tahun 2006 ke tahun 2011, hanya 9,07% dari luas keseluruhan UNDIP yang mengalami perubahan penggunaan lahan dan perubahan paling luas adalah lahan kosong menjadi fasilitas umum seluas 107755,09m^2. Dari tahun 2011 ke tahun 2015, 24,18% luas lahan UNDIP mengalami perubahan penggunaan lahan, dan paling luas adalah lahan kosong yang diubah menjadi fasilitas umum seluas 308020,04 m^2. Pola sebaran lahan yang mengalami perubahan fungsi dari 2006-2011dan 2011-2015 sama-sama mengelompok *(clustered)*.

Saran

Sebelum pengolahan data, perlu dipetakan data penelitian yang diperlukan, parameter yang digunakan dan alur penelitian secara rinci. Pada penelitian berbasis sitem informasi geografis perlu manajemen data yang baik tiap proses data.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Diponegoro sebagai lokasi penelitian sekaligus seluruh civitas akademika Undip, khususnya Teknik Geodesi FT-Undip.

Daftar Pustaka

Esri. 2015. “An overview of the Spatial Statistics toolbox.” http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/tools/spatial-statistics-toolbox/an-overview-of-the-spatial-statistics-toolbox.htm. Diakses pada 10-06-2016

Holmes, E. 2015. “Hot Spot analysis using Moran's I and getis-ord statistics in ArcMap/ArcGIS.” https://www.youtube.com/watch?v=_0Tzo1qbN-A. Diakses pada 06-06-2016

Ludwig, J.A, and J.F. Reynolds. 1988. “Statistical Ecology.” John Wiley dan Sons, Inc. Canada.

Mitchel, A. 2005. “The ESRI Guide to GIS Analysis.” Vol.2. ESRI Press, 2005.

Pemetaan Kesuburan dan Pencemaran Air untuk Penanggulangan Dampak Pencemaran Secara Multitemporal di Muara Banjir Kanal Timur Semarang

Aditya Hafidh Baktiar[*)], Arwan Putra Wijaya, Abdi Sukmono

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp.(024) 76480785, 76480788
email : geodesi@undip.ac.id

ABSTRACT

Along with the increase of population, resulting the amount of waste produced increase. This causes more contamination of water, soil and air. One of waters that has been contaminated by waste is the East Flood Canal where it is located in the coastal area that often serve as a place of domestic waste and household waste which is often dumped into the river. Therefore it is necessary that the existance of information for the water quality assessment in the estuary of the East Flood Canal. One of the parameters to assess the water quality are Chlorophyll-a and Total Suspended Solid.

A study conducted in April 2016 had the objective to determine the distribution of fertility and water pollution that is based on the content of chlorophyll-a and Total Suspended Solid. In this research, random sample points was taken in the estuarine waters of East Flood Canal. Furthermore, the sampling result will be tested in laboratory to get the content value of chlorophyll-a and TSS concentrations, from the value of laboratory tests, later it could be used as the basis for processing the content of korofil-a and TSS concentration on Landsat satellite imagery.

The results shows that the fertility distribution of water in 2003, 2014 and 2016 is dominated by the oligotrof trophic status (0-2 mg / l) and the lowest trophic status in 2003, 2014 and 2016 respectively occupied by the eutrof trophic status (5 -15 mg / l), mesotrof (2-5 mg / l) and hipereutrof (≥15 mg / l). While for the concentration of TSS in 2003, 2014 and 2014 were dominated by light polluted area with the content value of 84-504 mg / l and the lowest pollution index is occupied by a medium polluted category that contains TSS in the range of 504-5048 mg / l.

Keywords *East Flood Canal, Chlorophyll-a, Total Suspended Solid, Pollution Index, Trophic Status.*

I. Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri dan pertambahan jumlah penduduk yang semakin meningkat dari tahun ke tahun, serta sampah industri dan sampah domestik yang dihasilkan oleh penduduk, mengakibatkan semakin terkontaminasinya air, tanah dan udara.

Salah satu perairan yang telah terkontaminasi oleh sampah industri dan sampah domestik yaitu perairan Banjir Kanal Timur yang merupakan kawasan muara dari sistem sungai Banjir Kanal Timur, Tambak Lorok (Kali Banger) dan Kali Tenggang. Adapun sungai Banjir Kanal Timur melintasi kota Semarang bagian timur yang padat pemukiman dan industri. Banyak aktivitas industri di sekitar daerah aliran sungai (DAS) ini. (Riyanto, 2004 *dalam* Wulandari, 2012).

Dengan banyaknya limbah yang dibuang di sepanjang sungai Banjir Kanal Timur, Tambak Lorok dan Kali Tenggang inilah sehingga perlu adanya informasi mengenai penilaian kualitas air di muara Banjir Kanal Timur. Salah satu parameter untuk menilai kualitas air yaitu Klorofil-a dan *Total Suspended Solid*. Klorofil-a merupakan parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat kesuburan air sedangkan *Total Suspended Solid* (TSS) merupakan salah satu parameter yang digunakan untuk mengetahui tingkat pencemaran air. Dengan mengetahui kandungan Klorofil-a dan *Total Suspended Solid* (TSS) diperairan muara Banjir

Kanal Timur ini nantinya akan didapatkan informasi mengenai kualitas air di perairan muara Banjir Kanal Timur.

I.2 Perumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

3. Bagaimana kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016?
4. Algoritma apa yang sesuai untuk menentukan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur?
5. Bagaimanakah distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016?

I.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dan tujuan penelitian ini adalah

1. Mengetahui kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur.
2. Mengetahui Algoritma yang sesuai untuk menentukan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur.
3. Memetakan distribusi kesuburan dan pencemaran air berdasarkan kandungan Klorofil-a dan konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di Perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003, 2014 dan 2016.

II. Metodologi Penelitian

II.1. Alat Yang Digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah dengan menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan adalah:

1. Perangkat lunak berupa:
a. *Software ENVI 5.1*
b. *Software ArcGIS 10.2*
c. *Software BEAM VISAT*
2. Peralatan lapangan berupa:
a. Botol, sebagai tempat penyimpanan sampel air laut.
b. GPS *Handheld* Garmin
c. Cooling Box
d. Perahu Motor

II.2 Pengumpulan Data

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

Tabel II. 1 ***Data dan Sumber Data***

No	Data	Sumber	Waktu Akuisisi
1.	Citra Landsat 7 ETM+	http://glovis.usgs.gov/	02 April 2003
2.	Citra Landsat 8 OLI	http://glovis.usgs.gov/	14 Maret 2014
3.	Citra Landsat 8 OLI	http://glovis.usgs.gov/	13 April 2016
4.	Peta RBI Kota Semarang Skala 1:25.000 lembar 1409-221 dan 1409-222	BAPPEDA Kota Semarang	2001
5.	Konsentrasi Klorofil-a dan TSS	Hasil Survei Lapangan	13 April 2016

II.3. Algoritma Perhitungan Kandungan Klorofil-a

II.3.1. Algoritma Adkha (1994)

Adkha melakukan pengembangan Algoritma pengukuran konsentrasi klorofil dengan menggunakan sensor TM di perairan pantai utara kabupaten Subang provinsi Jawa Barat.

C = 8.6548663 + 0.12856666*(TM1-TM5) + 0.258411*(TM3/TM4).....(1)

II.3.2. Algoritma Hasyim (1997)

Hasyim melakukan penelitian di perairan Situbondo dan mengembangkan formula untuk mengukur konsentrasi klorofil yaitu :

C=-17.1342+15.2587*(TM3/TM4).....(2)

II.3.3. Algoritma Nuriya *et a*

Algortima yang digunakan untuk penentuan kandungan Klorofil-a menggunakan algoritma Nuriya *et.al* (2010). Algoritma yang digunakan seperti berikut:

$$C = 0{,}2818 \times \left(\frac{B5+B6}{B4}\right)^{3{,}497} \quad \text{.....(3)}$$

II.4. Algoritma Penentuan Konsentrasi TSS

II.4.1. Algoritma Woerd and Pasterkamp (2004) dan Trisakti et al (2009)

Adapun Algoritma penurunan TSS nya sebagai berikut :

Jika nilai X ≤ 2, 76 (atau nilai reflektan kanal 2 ≤ 0,0282) maka :

$TSS(mg/l)=1{,}0585e^{1{,}3593x}$.....(4)

Sedangkan jika nilai X > 2,76 (atau nilai reflektan band 2 > 0,0282) maka:

TSS(mg/l)=32,918x –46,616.....(5)

Dimana nilai x yaitu :

$X=(-0{,}53*Ref_{b2})+0{,}001/(0{,}03*Ref_{b2})-0{,}0059$.....(6)

Dimana :

TSS = *Total Suspended Solid*

Ref_{b2} = Nilai Reflektan Band 2

II.4.2. Algoritma Parwati (2000)

Pada Algoritma ini penurunan TSS sebagai berikut :

TSS(mg/l) = 0,6211*(7,9038*exp (23,942* Red Band))*0,9645).....(7)

Dimana :

TSS = *Total Suspended Solid*

Red Band = Nilai Reflektan Band 3

II.4.3. Algoritma Syarif Budhiman (2004)

Berikut algoritma yang digunakan :

$TSS(mg/l) = 3{,}3238*\exp^{(34{,}099*Red\ Band)}$.....(9)

Dimana :

TSS = Total Suspended Solid

Red Band = Nilai Reflektan Band 3

III. Hasil Dan Pembahasan

III.1. Algoritma Klorofil-a Terbaik

Berdasarkan pengolahan pada masing-masing algoritma, mulai dari algoritma Adkha (1994), Hasyim (1997) dan Nuriya *et al* (2010) diperoleh hasil regresi dan RMSe sebagai berikut :

Tabel III. 1 ***Hasil Regresi dan RMSe pada setiap algoritma Klorofil-a***

Hasil	Adkha (1994)	Hasyim (1997)	Nuriya *et al* (2010)
Regresi	70%	68%	93%
RMSe	0,4035 mg/l	0,4148 mg/l	0,1992 mg/l

Dari hasil regresi dan *RMSe* yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa algoritma Klorofil-a terbaik pada daerah muara Banjir Kanal Timur adalah algoritma Nuriya *et al* (2010) dengan nilai regresi sebesar 93% dan RMSe sebesar 0,1992 mg/l.

III.2. Algoritma Total Suspended Solid Terbaik

Berdasarkan pengolahan pada masing-masing algoritma, mulai dari algoritma Woerd dan Pasterkamp (2004), algoritma Parwati (2000) dan algoritma Syarif Budhiman (2004) diperoleh hasil regresi dan RMSe sebagai berikut :

Tabel III.2 ***Hasil Regresi dan RMSe pada setiap algoritma Total Suspended Solid***

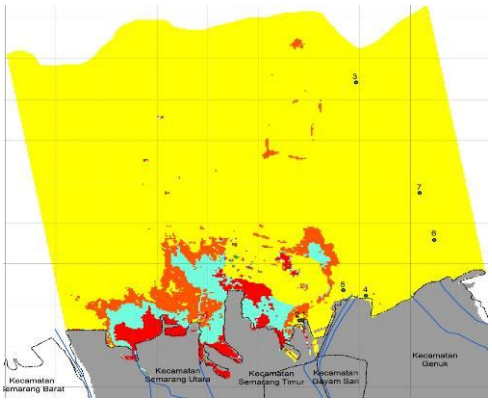
Hasil	Woerd dan Pasterkamp (2004)	Parwati (2000)	Syarif Budhiman (2004)
Regresi	81%	84%	85%
RMSe	46.12 mg/l	42.08 mg/l	41.03 mg/l

Dari hasil regresi dan *RMSe* yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa algoritma *Total Suspended Solid* terbaik pada daerah muara Banjir Kanal Timur adalah algoritma Syarif Budhiman (2004) dengan nilai regresi sebesar 85% dan RMSe sebesar 41.03 mg/l.

III.3. Analisis Distribusi Kesuburan Air

III.3.1. Hasil Perhitungan Kesuburan Air April 2016

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 8 tahun 2016 mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar III. 1 ***Distribusi Kesuburan Air Bulan April 2016***

Tabel III. 3 ***Klasifikasi Kesuburan Air Bulan April 2016***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Oligotrof	<2,6	5274,04	88,83%
Mesotrof	2,6-7,3	265,33	4,47%
Eutrof	7,3-56	248,56	4,19%
Hipereutrof	>56	149,40	2,52%
Total (ha)		5937,33	100,00%

III.3.2. Hasil Perhitungan Kesuburan Air Maret 2014

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 8 tahun 2014 mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel III.4 ***Klasifikasi Kesuburan Air Bulan Maret 2014***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Oligotrof	<2,6	5891,93	99,44%
Mesotrof	2,6-7,3	6,12	0,10%
Eutrof	7,3-56	9,27	0,16%
Hipereutrof	>56	17,55	0,30%
Total (ha)		5924,87	100,00%

III3.3. Hasil Perhitungan Kesuburan Air April 2003

Hasil pengolahan citra satelit untuk menentukan kandungan klorofil a menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikan menggunakan status trofik perairan yang dilakukan pada citra landsat 7 tahun 2003 mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel III.5 ***Klasifikasi Kesuburan Air Bulan April 2003***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Oligotrof	<2,6	6032,78	98,89%
Mesotrof	2,6-7,3	30,42	0,50%
Eutrof	7,3-56	17,91	0,29%
Hipereutrof	>56	19,44	0,32%
Total (ha)		6100,55	100,00%

III.3.4. Distribusi Nilai Kesuburan Air Multitemporal

Dari hasil pengolahan nilai klorofil a dengan menggunakan algoritma Nuriya *et al* (2010) dan mengklasifikasikannya berdasarkan status trofik perairan maka didapatkan hasil distribusi nilai kesuburan air secara multitemporal pada tahun 2003, 2014 dan 2016, adapun hasil dari pengolahan nilai kesuburan air itu sebagai berikut :

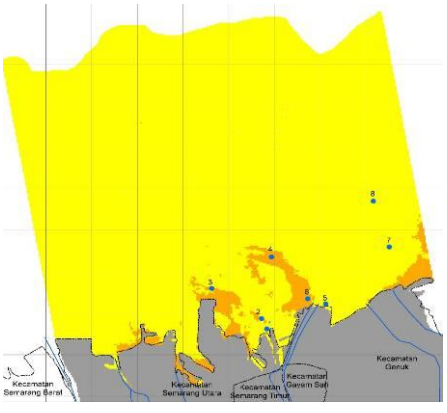
Status Trofik	Nilai	Luas (ha) 2003	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016
Oligotrof	<2,6	6032,78	5891,93	5274,04
Mesotrof	2,6-7,3	30,42	6,12	265,33
Eutrof	7,3-56	17,91	9,27	248,56
Hipereutrof	>56	19,44	17,55	149,40

Tabel III.6 ***Perbandingan Luas Daerah Kesuburan Air tahun 2003, 2014 dan 2016***

III.4 Analisis Pencemaran Air Multitemporal

III.4.1. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2016

Setelah pemrosesan yang dilakukan pada nilai reflektansi menjadi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) dengan menggunakan algoritma terpilih yaitu algoritma Syarif Budhiman (2004) lalu dilakukan proses klasifikasi nilai konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) terhadap nilai indeks pencemaran, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pencemaran dan luasan daerah pencemaran sesuai dengan indeks pencemaran sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :



Gambar III.2 Distribusi Pencemaran Air Bulan April 2016

Tabel III.7 ***Klasifikasi Pencemaran Air Bulan April 2016***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	1<PI≤5	5721,29	96,18%
Tercemar Sedang	5<PI≤10	227,52	3,82%
Total (ha)		5948,81	100,00%

III.4.2. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2014

Setelah pemrosesan yang dilakukan pada nilai reflektansi menjadi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) dengan menggunakan algoritma terpilih yaitu algoritma Syarif Budhiman (2004) lalu dilakukan proses klasifikasi nilai konsentrasi *total suspended solid* (TSS) terhadap nilai indeks pencemaran, selanjutnya dilakukan perhitungan nilai pencemaran dan luasan daerah pencemaran sesuai dengan indeks pencemaran sehingga diperoleh hasil sebagai berikut :

Tabel IV.8 ***Klasifikasi Pencemaran Air Bulan Maret 2014***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	1<PI≤5	5933,26	99,73%
Tercemar Sedang	5<PI≤10	16,02	0,27%
Total (ha)		5949,28	100,00%

III.4.3. Hasil Perhitungan Pencemaran Air April 2003

Hasil perhitungan menggunakan indeks pencemaran yang dilakukan pada citra landsat 7 ETM+ tahun 2003 mendapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel IV.9 ***Klasifikasi Pencemaran Air Bulan April 2003***

Kelas	Nilai	Luas (ha)	Presentase
Tercemar Ringan	1<PI≤5	613,28	99,05%
Tercemar Sedang	5<PI≤10	58,95	0,95%
Total (ha)		6196,23	100,00%

IV.4.4. Distribusi Nilai Pencemaran Air Multitemporal

Dari hasil pengolahan nilai TSS dengan menggunakan algoritma Syarif Budhiman (2004) dan mengklasifikasikannya berdasarkan indeks pencemaran maka didapatkan hasil distribusi pencemaran air secara multitemporal pada tahun 2003, 2014 dan 2016, adapun hasil dari pengolahan nilai pencemaran air itu sebagai berikut :

Tabel IV.10 ***Perbandingan Luas Daerah Pencemaran Air tahun 2003, 2014 dan 2016***

Kelas	Nilai	Luas (ha) 2003	Luas (ha) 2014	Luas (ha) 2016
Tercemar Ringan	1<PI≤5	6137,28	5933,26	5721,29
Tercemar Sedang	5<PI≤10	58,95	16,02	227,52

IV. Kesimpulan dan Saran

IV.1. Kesimpulan

Dari serangkaian proses dan analisis pada bab sebelumnya kita dapat menarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kandungan klorofil a di perairan Banjir Kanal Timur pada rentang waktu 2003 – 2016 memiliki variasi yang beragam. Dilihat dari status trofik perairannya pada tahun 2003, 2014 dan 2016 lebih didominasi pada rentang 0-2,6 mg/l, tersebar hampir diseluruh daerah penelitian mulai dari tepi pantai, muara sungai dan laut lepas. Sedangkan untuk konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) pada rentang waktu 2003 sampai 2016 memiliki konsentrasi TSS yang didominasi oleh rentang konsentrasi TSS sebesar 84 – 504 mg/l, tersebar hamper disemua daerah penelitian. Untuk konsentrasi TSS terkecil berada pada rentang 504 -5048 mg/l yang berada pada bagian muara sungai dan daerah pelabuhan.
2. Algoritma terbaik yang sesuai untuk sebaran kandungan klorofil a di perairan Banjir Kanal Timur adalah algoritma Nuriya *et al* (2010) dengan koefisien determinasi sebesar 93% dan RMSe sebesar 0.1992 mg/l. Sedangkan Algoritma terbaik yang sesuai untuk sebaran konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) di perairan Banjir Kanal Timur adalah algoritma Syarif Budhiman (2004) dengan koefisien determinasi sebesar 85% dan RMSe sebesar 41.03 mg/l.
3. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan diketahui bahwa distribusi kesuburan air di perairan Banjir Kanal Timur pada tahun 2003 sampai 2016 memiliki sebaran yang sangat beragam, untuk tahun 2003 status trofik *oligotrof* mendominasi daerah penelitian dengan presentase luasan sebesar 98,89%, untuk tahun 2014 status trofik *oligotrof* mendominasi daerah penelitian dengan presentase 99,44%, untuk tahun 2016 status trofik *oligotrof* mendominasi daerah penelitian dengan presentase 88,83%. Sedangkan distribusi pencemaran air dengan kategori tercemar ringan mengalami penurunan luas daerah dari tahun 2003, 2014 dan 2016 berturut-turut dengan luasan sebesar 6137,28 hektar, 5933,26 hektar dan 5721,29 hektar. Sedangkan untuk kategori tercemar sedang mengalami penurunan luas daerah dari tahun 2003 sampai 2014 seluas 42,93 hektar dan pada tahun 2014 sampai 2016 mengalami penambahan luasan sebesar 211,5 hektar.

IV.2. Saran

Dari beberapa kesimpulan di atas maka dapat dikemukakan saran-saran yang berguna untuk menyempurnakan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Dalam pengambilan sampel klorofil a dan *total suspended solid* sebaiknya dilakukan dengan hati-hati dan ditempatkan pada tempat khusus seperti *cooling box* agar menjaga kondisi klorofil a dan *total suspended solid* agar tidak rusak sehingga pada saat uji laboratorium didapatkan hasil yang sesuai dengan keadaan dilapangan.
2. Sebaran sampel sebaiknya dilakukan lebih banyak dan merata agar lebih dapat mewakili daerah yang dikaji.
3. Dalam pengambilan sampel sea\baiknya dilakukan pada kedalaman ±30 cm sehingga kandungan klorofil-a dan konsentrasi TSS dalam keadaan stabil.
4. Waktu pengambilan sampel klorofil a dan *total suspended solid* sebaiknya dilakukan pada waktu yang bersamaan dengan data perekaman citra satelit.
5. Sebaiknya ketika data citra landsat yang digunakan sebagai data validasi lapangan tertutup oleh awan, maka sebaiknya dilakukan overlay dengan data citra pada tahun yang sama yang tidak berawan.

DAFTAR PUSTAKA

Wulandari, Sri Yulina. 2012. Status Perairan Banjir Kanal Timur Semarang Ditinjau dari Kadar Logam Berat *Chromium* dalam air, sedimen dan Jaringan Lunak Kerang Darah (*Anadara granossa*). Buletin Oseanografi Marina. Vol.1. 1-7.

Pustaka dari Peraturan KMLH

MENLH. 2004. Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor: 51/MENLH/2004 Tahun 2004. Tentang Penetapan Baku Mutu Air Laut Dalam Himpunan Peraturan di Bidang Lingkungan Hidup. Jakarta.

Permenneg LH. Nomor 01 Tahun 2010. Tentang Laksana Pengendalian Pencemaran Air.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup. Nomor 28 Tahun 2009. Tentang Daya Tampung Beban Pencemaran Air Danau Dan/Atau Waduk.

Analisis Persebaran Bidang Tanah Berdasarkan Pemanfaatan Tanah Menggunakan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus : Kecamatan Kedungkandang, Malang, Provinsi Jawa Timur)

Rico Waskito Putro, ST[a*], Ir. Sawitri Subiyanto, M.Si[b], M. Awaluddin, ST, MT.[b]

[a*]Alumni Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang (ricowaskitoputro@gmail.com)
[b]Dosen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang
[b]Dosen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

ABSTRACT

Soil is the main source of well-being and lives of the people, therefore the use of land and optimum utilization of land. Embodiments of use and optimum utilization of land can be done through the preparation of spatial plans that integrate the principles of sustainable development. Harmonizing with the land use plan should be organized in spatial planning so that every area of soil can provide optimal and sustainable benefits and cultivated in an efficient and balanced while respecting the rights of the people, it will be quickly prepared and organized when available land use maps and large-scale land use. In Article 40 of the National Land Agency Regulation No.. 4 of 2006 regulating the duties and Potential of Sub Soil Thematic Section in the Land Office is preparing a survey, mapping, maintenance and development of thematic mapping, soil potential surveys, maintenance of technical equipment and coaching officials computerized land appraiser. Thematic Mapping Section provides Thematic Maps, on the other hand measurements and surveys section provides the Land Registry Map. The second map illustrates the results so far have not shared in the ranks of the Land Office for each component in the making and has a map coordinate system and different scales, so that the information given as a result the data is still partially owned by the Land Office can not provide the information and results maximum, and mapping costs become very large. This study was conducted to obtain accurate results and a thorough map of the distribution of land parcels complete with the land use and land use especially in sub Kedungkandang complete, Malang. Land use in the District Kedungkandang mostly used for agricultural production, better utilization of land for fields registered or not registered or less have the total percentage of 55.87%. As for the land that has not been used has the smallest percentage than others, namely the extent of utilization of 0.10%.

***Keywords**: Land Use, Land Affairs, Thematic Maps, GIS.*

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengendalian persebaran bidang tanah dalam perencanaan tata ruang dapat terlaksana jika informasi lengkap tentang keadaan persediaan tanah dan peruntukan tanah dalam penggunaan dan pemanfaatannya tersedia. Untuk memenuhi tertib penggunaan tanah, harus terselenggara proses penggunaan tanah secara berencana sehingga setiap bidang tanah dapat memberikan manfaat yang optimal dan lestari serta diusahakan secara efisien dan seimbang dengan tetap menghormati hak-hak masyarakat. Untuk itu diperlukan peta-peta yang akurat dan teliti mengenai penggunaan tanah dan kemampuan tanah secara lengkap diseluruh wilayah Indonesia, sehingga keadaan persediaan tanah, peruntukkan tanah maupun perubahan penggunaan tanah dapat dipantau dengan cepat.

Disamping itu, penyerasian penggunaan tanah dengan rencana tata ruang akan dapat dipersiapkan dan diselenggarakan secara cepat apabila tersedia peta penggunaan tanah dan pemanfaatan tanah skala besar. Dalam Pasal 40 Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 4 tahun 2006 mengatur tentang tugas pokok Sub Seksi Tematik dan Potensi Tanah di Kantor Pertanahan adalah menyiapkan survei, pemetaan, pemeliharaan dan pengembangan pemetaan tematik, survei potensi tanah, pemeliharaan peralatan teknis komputerisasi dan pembinaan pejabat penilai tanah. Seksi Pemetaan Tematik menyediakan Peta Tematik, dilain pihak Seksi Pengukuran dan survei menyediakan Peta Pendaftaran Tanah. Kedua Peta tersebut selama ini belum menggambarkan hasil bersama di jajaran Kantor Pertanahan karena masing-masing komponen membuat dan mempunyai peta dalam sistem koordinat dan skala yang berbeda, sehingga informasi yang diberikan masih parsial akibatnya data yang

dimiliki oleh Kantor Pertanahan tidak bisa memberikan informasi dan hasil yang maksimal, dan biaya pemetaan menjadi sangat besar.

Manfaat dari penggabungan tematik sebaran bidang tanah dengan pemanfaatan tanah dalam kegiatan rutin pelayanan di kantor pertanahan adalah untuk memberikan informasi yang lengkap kepada masyarakat, bahan pertimbangan teknis panitia A dan panitia B dalam rangka pemberian suatu hak, sebagai bahan pertimbangan dapat tidaknya pemberian izin lokasi di atas suatu bidang tanah berdasarkan jenis penggunaan dan penguasaan yang ada di atasnya, validasi tanah obyek program pembaruan agraria nasional, identifikasi Penguasaan Pemilikkan Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah, memberi gambaran tentang kondisi eksisting penguasaan tanah sebagai bahan pertimbangan dalam pemberian rekomendasi tanah.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

a. Berapa Luas dan Jumlah Bidang Tanah Terdaftar dan Belum Terdaftar Di Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang Tahun 2013
b. Bagaimana Persebaran Pemanfaatan Tanah Di Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang Tahun 2013?

2. METODOLOGI PENELITIAN

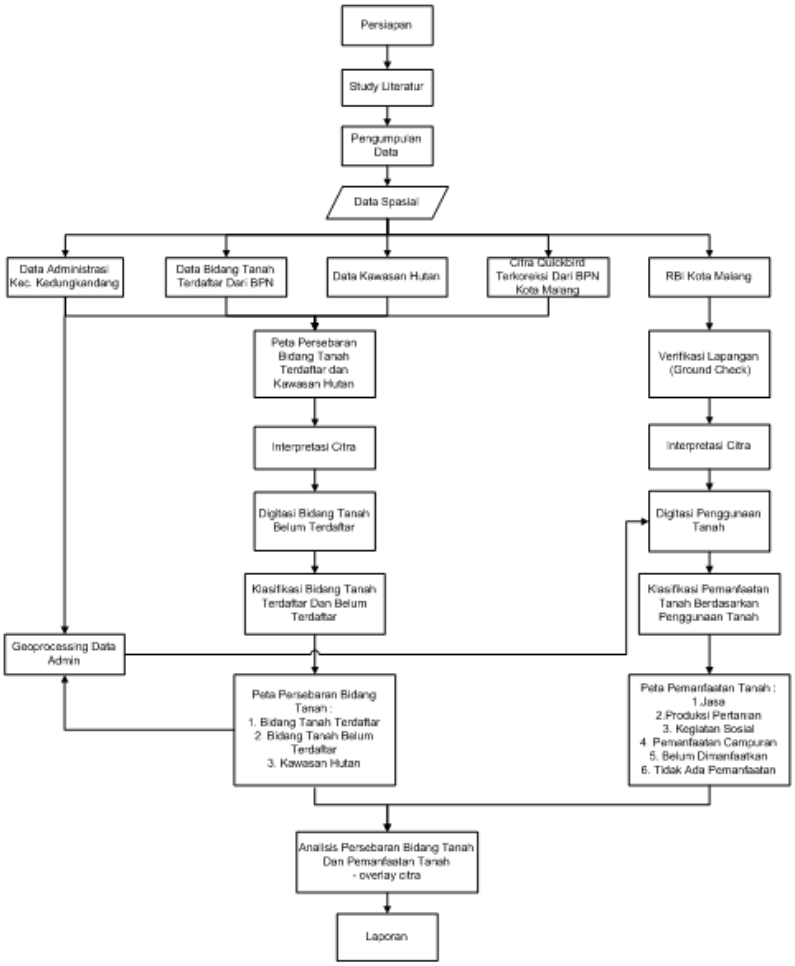
2.1 Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

a. Data Survey Lapangan Kecamatan Kedungkandang tahun 2013.
b. Peta bidang digital Kecamatan Kedungkandang, Kota Malang dengan format CAD (.dwg) tahun 2012.
c. Citra satelit Quick Bird Kota Malang tahun 2010.
d. Data administrasi kota Malang.

2.2 Diagram Alir

Analisis pesebaran bidang tanah berdasarkan pemanfaatan tanah dilakukan dengan alur penelitian seperti gambar 2.1.

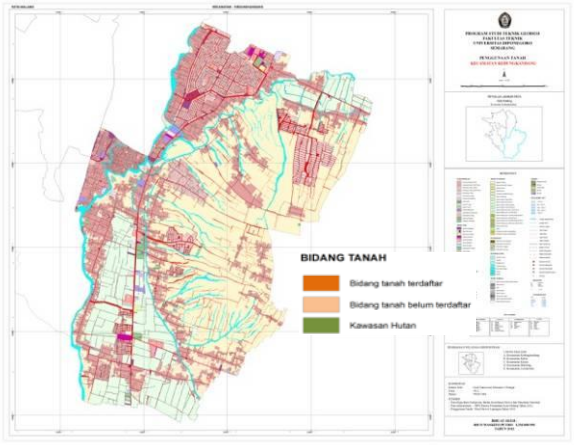


Gambar 2.1 Diagram Metodologi Pengolahan Data

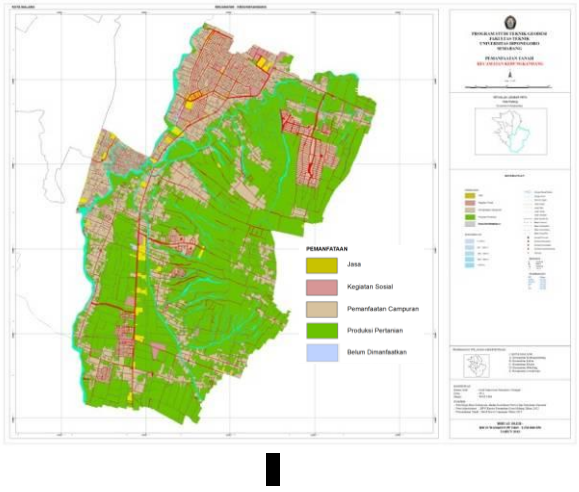
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Penyajian Hasil Penelitian

Proses ini menghasilkan peta persebaran bidang tanah terdaftar dan belum terdaftar di Kecamatan Kedungkandang. Pemanfaatan tanah diklasifikasikan berdasarkan NSPK, persebaran pemanfaatan di Kecamatan Kedungkandang diolah dengan menggunakan perangkat pendukung ArcGis 9.3 berdasarkan persebaran penggunaan tanah Kota Malang. Proses ini menghasilkan peta persebaran pemanfaatan tanah di wilayah Kota Malang khususnya Kecamatan Kedungkandang.



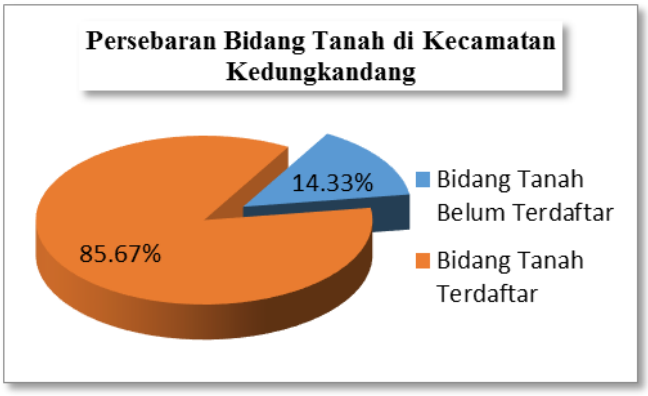
Gambar 3.1 Peta Penggunaan Tanah di Kecamatan Kedungkandang



Gambar 3.2 Peta Pemanfaatan Tanah di Kecamatan Kedungkandang

Dari hasil digitasi didapat bahwa Kelurahan Mergosono meliliki persebaran bidang tanah belum terdaftar paling banyak yaitu 960 bidang, dan paling sedikit berada di desa Arjowinangun yaitu sebanyak 81 bidang.

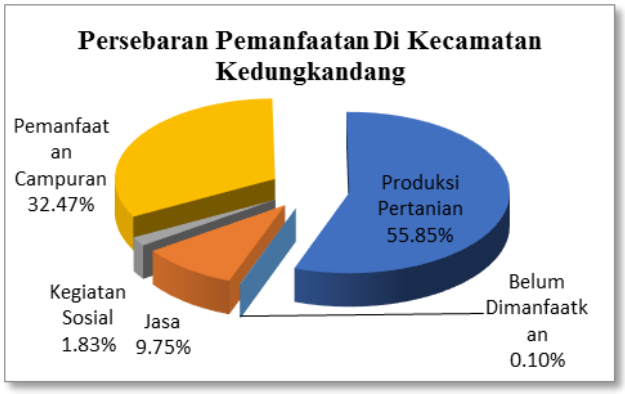
Luas bidang tanah terdaftar terbesar berada pada Kelurahan Wonokoyo yaitu seluas 4.717.575,55 m², sedangkan luas terkecil berada di Kelurahan Mergosono sebesar 144.206,70 m². Bidang tanah belum terdaftar terluas terdapat pada Kelurahan Madyopuro sebesar 1.186.279,03 m², luas terkecil sebesar 123.334,08 m² di Kelurahan Bumiayu.



Gambar 3.3 Grafik Persebaran Bidang Tanah Terdaftar dan Belum Terdaftar di Kecamatan Kedungkandang

3.2 Analisis Persebaran Pemanfaatan Tanah

Pemanfaatan tanah yang tersebar di Kecamatan Kedungkandang sebagian besar dimanfaatkan untuk roduksi pertanian, kurang lebih memiliki persentase sebesar 55,85% dari luas keseluruhan batas administrasi kecamatan tersebut. Sedangkan untuk tanah yang belum dimanfaatkan memiliki persentase terkecil dibandingkan luasan pemanfaatan lain, yaitu sebesar 0,10%.



Gambar 3.4 Persentase Pemanfaatan Tanah di Kecamatan Kedungkandang

Berdasarkan pengolahan data yang telah

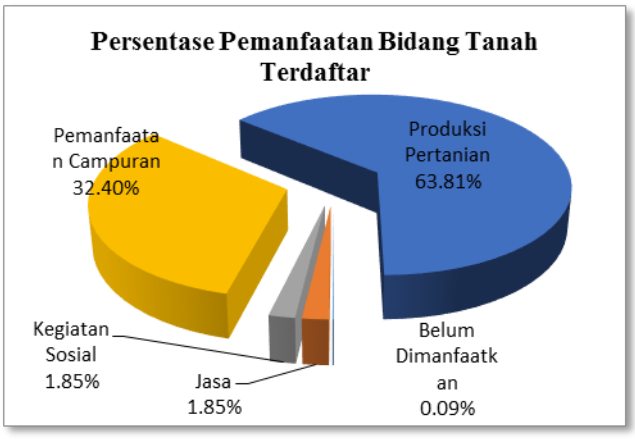
dilakukan sebelumnya, diketahuilah gambaran persebaran pemanfaatan tanah bedasarkan luas tiap jenis klasifikasi pemanfaatan di setiap desa / kelurahan yang ada di cakupan wilayah Kecamatan Kedung Kandang.

Penentuan klasifikasi pemanfaatan dilakukan berdasarkan buku NSPK yang sudah dikeluarkan oleh instansi terkait yaitu BPN. Pemanfaatan tanah terdiri dari 6 klasifikasi yaitu, belum dimanfaatkan, jasa, kegiatan sosial, pemanfaatan campuran, produksi pertanian, dan tidak ada pemanfaatan. Hasil dari klasifikasi tersebut digabungkan dalam persebaran bidang tanah yang nantinya akan menjadi analisis kesesuaian persebaran bidang tanah terdaftar maupun yang belum terdaftar terhadap pemanfaatan tanahnya.

3.3 Analisis Kesesuaian Pemanfaatan Tanah Terhadap Bidang Tanah

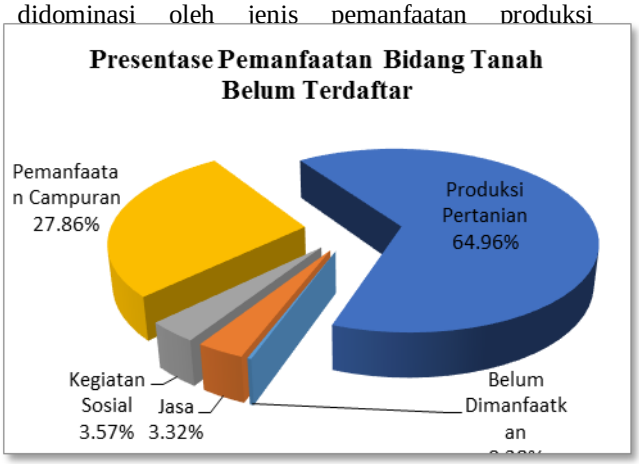
Berdasarkan penelitian ini, didapatkan informasi bahwa kecamatan Kedungkandang memiliki luas 39.722.110,45 m². Terdapat persebaran bidang tanah terdaftar dengan luas 29.716.841,19 m² yang tersebar di 3 desa dan 9 kelurahan, sisanya termasuk dalam bidang tanah yang belum terdaftar dan tanah negara.

Berdasarkan pengamatan luasan serta jumlah satuan bidang tanah terdaftar terhadap pemanfaatan tanah di kecamatan Kedungkandang, wilayahnya didominasi dengan pemanfaatan produksi pertanian dan diikuti dengan pemanfaatan campuran. Melihat



Gambar 3.5 Persentase Perbandingan Luas Bidang Tanah Terdaftar di Kecamatan Kedungkandang

Berdasarkan jumlah bidangnya, sebagian besar bidang tanah belum terdaftar dimanfaatkan sebagai pemanfaatan campuran dengan jumlah 3.148 bidang. Kelurahan Mergosono memiliki bidang tanah belum terdaftar paling banyak dengan jumlah 906 bidang sebagai pemanfaatan campuran. Jika dilihat berdasarkan luasannya, bidang tanah belum terdaftar didominasi oleh jenis pemanfaatan produksi



Gambar 3.6 Persentase Perbandingan Luas Bidang Tanah Belum Terdaftar di Kecamatan Kedungkandang

4. PENUTUP
KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Persebaran bidang tanah di Kecamatan Kedungkandang didominasi oleh pesebaran bidang tanah terdaftar. Pengamatan hasil untuk bidang tanah terdaftar dan belum terdaftar tidak dilihat dari luas bidang tanah tiap desa / kelurahan tetapi dilihat dari perbandingan luas total administrasi kecamatan kedungkandang.

Persebaran Bidang Tanah Terdaftar terluas berada di Kelurahan Wonokoyo yaitu seluas 4.717.575,552 m² atau sebesar 11,88 %, sedangkan luas terkecil berada di Kelurahan Mergosono sebesar 114.206,7017 m² atau sebesar 0,36 %. Bidang tanah belum terdaftar terluas terdapat pada Kelurahan Madyopuro sebesar 1.186.279,026 m² atau sebesar 2,99 %, luas terkecil sebesar 104.727,221 m² atau sebesar 0,26% di Desa Arjowinangun.

Kelurahan Sawojajar memiliki jumlah bidang tanah terdaftar paling banyak yaitu 7004 bidang, dan paling sedikit yaitu Kelurahan Mergosono yaitu sejumlah 1281 bidang. Untuk jumlah bidang tanah belum terdaftar paling banyak yaitu Kelurahan Mergosono sebanyak 960 bidang, paling sedikit yaitu Desa Arjowinangun sebanyak 81 bidang. Dari hasil tersebut dapat dilihat bahwa tidak ada korelasi antara persebaran luas bidang tanah dan jumlah bidang tanah. Hal tersebut dipengaruhi oleh penggunaan tanah dan pemanfaatan tanah yang berbeda di setiap desa/kelurahan.

Pemanfaatan tanah di Kecamatan Kedungkandang sebagian besar dimanfaatkan untuk produksi pertanian, baik pemanfaatan tanah untuk bidang yang

terdaftar atau belum terdaftar kurang lebih memiliki persentase total sebesar 55,87 %. Sedangkan untuk tanah yang belum dimanfaatkan memiliki persentase terkecil dibandingkan luasan pemanfaatan lain yaitu sebesar 0,10%.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih detail terkait dengan data Bidang Tanah dan Pemanfaatan yang harus memperhatikan letak dan persebarannya sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya. Dalam penelitian ini penulis menggunakan metode overlay citra dengan menggunakan data citra quickbird, walaupun citra quickbird yang didapat sudah ter rektifikasi tetapi masih dapat dijumpai sejumlah bidang yang tidak tepat pada posisi sesungguhnya. Maka dari itu perlu adanya proses orthorektifikasi sehingga data citra yang dipakai sesuai dengan posisi bidang tanah yang sebenarnya.

Walaupun pendaftaran tanah di kota Malang diprioritaskan untuk pemanfaatan produksi pertanian dan pemanfaatan campuran tetapi masih banyak bidang tanah yang sudah dimanfaatkan namun belum memiliki legalitas sebagai bidang tanah terdaftar pada instansi terkait, sehingga perlu adanya perhatian dari Kantor Pertanahan Kota Malang untuk lebih gencar mensosialisasikan pembuatan sertifikat tanah karena dengan adanya sertifikat tanah dapat menjamin kepastian hukum pemilik tanah.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada keluarga dan Lea Kristi yang telah memberi dukungan dalam menyusun penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anafih, E. 2011. Skripsi : "*Analisis Pola Persebaran Permukiman Kota Surakarta Tahun 1993-2007*". Semarang : Program Studi Teknik Geodesi, UNDIP.

Asyari, F. 2008. Skripsi : "*Pengembangan Program Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan Dan Pemanfaatan Tanah (P4T) Sistem Informasi Pertanahan (SIP)"*. Yogyakarta : Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional.

Direktorat Pemetaan Tematik. 2012. "*Norma, Standar, Pedoman dan Kriteria Pembuatan Peta Tematik Jawa, Bali, NTT*". Jakarta : Badan Pertanahan Nasional RI.

Rindo, Umran. 2010. Skripsi : "*Penyajian Tematik Penggunaan Bidang Tanah Pada Peta Pendaftaran Tanah Dari Hasil Intepretasi Cita Quickbird"*. Yogyakarta : Program Pascasarjana Teknik Geomatika, UGM.

http://www.esri.com/

http://www.ilmukomputer.com/

http://www.scribd.com/doc/10410997/ModulArcGIS-Tingkat-Dasar/

Peraturan Kepala BPN/Menteri Negara Agraria Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Pelaksanaan PP Nomor 24 / 1997.

Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2004 Tentang Penatagunaan Tanah.

Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.

Prahasta, Eddy. 2001. "*Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis"*. Bandung: Informatika

Prahasta, E. 2008. "*Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Dijital Dengan Perangkat Lunak ER Mapper"*. Bandung : Informatika.

Prahasta, E. 2011. "*Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi dan Geomatika"*. Bandung : Informatika.

Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.

Pembuatan Atlas Arkeologi Penemuan Manusia Purba di Sepanjang Aliran Sungai Bengawan Solo

Dwi Wahyuningrum[a*], Heri Sutanta[b]

[a] Mahasiswa Magister Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (dwi.wahyuningrum@mail.ugm.ac.id)

[b,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (herisutanta@ugm.ac.id)

ABSTRACT

The history of human origin still become a important issue in archaeological discipline. For decades, the world witnessed the Charles Darwin's theory of evolution as a joke. Gradually, evidences appeared strenghtened that theory. Some findings such as human fossil, artefacts, and land formations are important as those evidences. Some of the important findings came from Indonesia. The location, full with human evolution traces, eventually is a giant dome which is located on the bank of the longest river in Java, Bengawan Solo. Sambungmacan, Ngandong, Patiayam, Kedungbrubus, Perning, Trinil and Sangiran become sites that have an important role in the development of archaeology.

The objective of this project was to create an Archaeological Atlas of Early Man Discoveries Along Bengawan Solo River Bank. The atlas was created by translating textual references into maps. Effectiveness in designing of the maps become the prime focus. The atlas was composed from spatial data of Bengawan Solo River and the site of ancient human and also some historical narrative relevant to the associated location.

The result was a book of Atlas of Early Man Discoveries Along Bengawan Solo River Bank. The locations being mapped were 8 sites. The atlas was a paper based atlas (static) with a general historical narrative summary of the early human way along the world to Indonesia.

Keywords: *atlas, archaeology, Bengawan Solo, cartographic design*

Pendahuluan

Asal usul manusia menjadi sebuah persoalan yang sulit untuk dipecahkan. Oleh karena itu, manusia selalu berupaya untuk mengetahui sejarah kehidupanya sendiri. Pertanyaan mengenai kehidupan awal manusia mulai terungkap ketika seorang ahli antropologi/anatomi dari Belanda, memberikan bukti keberadaan nenek moyang manusia terdahulu. Eugene Dubois secara tidak sengaja menemukan fosil manusia untuk yang pertama kalinya. Fosil tersebut ditemukan di Jawa, tepatnya di tepian Sungai Bengawan Solo, Trinil, Jawa Timur, yang kemudian diberi nama ilmiah *Pithecanthropus erectus* atau 'Manusia Purba yang berjalan tegak'. Namun, ternyata fosil manusia purba tidak hanya terpendam di Trinil saja, melainkan di beberapa daerah yang berada di sekitar Sungai Bengawan Solo, seperti Ngandong, Sangiran, Patiayam, Kedungbrubus, dan lain-lain.

Sejarah kehidupan manusia ini dituliskan dalam bentuk cerita dengan sedikit gambar pada buku-buku yang kemudian disebarluaskan kepada masyarakat. Pada umumnya, masyarakat akan lebih mudah memahami isi suatu cerita apabila dibantu dengan adanya gambar, grafik, maupun peta yang menyajikan inti bahasan dari tulisan-tulisan sejarah tersebut. Peta memiliki kemampuan visual yang baik dalam menjelaskan informasi secara efektif dan efisien, termasuk informasi mengenai sejarah kehidupan manusia tersebut (Peterson, 2009).

Sistem Informasi Geografis (SIG) dan kartografi memiliki peranan yang penting dalam pembuatan peta (de By, 2001; Davis, 2001). Salah satu cara penyajian yang efektif dan menarik adalah dengan menggunakan atlas. Atlas dapat digunakan untuk menampilkan informasi sejarah kehidupan manusia (arkeologi). Selain itu, atlas juga dapat dilengkapi dengan narasi untuk membantu memperjelas informasi yang disajikan. Penggunaan atlas sebagai sarana untuk menyajikan sejarah sudah banyak dilakukan.

Heuken (2013) membahas kejadian-kejadian sejarah di Kota Jakarta. Contoh lain adalah dari Green (2014) yang membuat atlas tentang dinosaurus di seluruh dunia. Dalam tingkat global, Renfrew (2003) membuat sejarah perkembangan arkeologi di seluruh dunia. Handayaningsih (2013) juga menggunakan atlas untuk memperjelas cerita Babad Tanah Jawi.

Tulisan ini membahas wilayah yang lebih kecil, dengan tingkat kedetailan yang lebih tinggi.

Atlas yang dibuat meliputi wilayah aliran Sungai Bengawan Solo, Jawa Tengah, sehingga lokasi penggalian yang dikaji hanya sebatas di wilayah tersebut. Sedangkan objek dalam atlas berupa fosil manusia purba maupun peninggalan-peninggalan masa lampau yang ditemukan pada lokasi penggalian di wilayah tersebut.

Tulisan ini adalah bertujuan untuk mendeskripksikan pembuatan atlas arkeologi penemuan manusia purba di sepanjang aliran Sungai Bengawan Solo. Sedangkan tujuan spesifik untuk mencapai tujuan utama tersebut adalah dengan mengidentifikasi lokasi penemuan fosil dan jenis fosil yang ditemukan di sepanjang aliran Sungai bengawan Solo, serta menyusun sebuah atlas untuk menampilkan rangkaian informasi manusia purba yang ditemukan di sepanjang aliran Sungai Bengawan Solo.

Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah peta Sungai Bengawan Solo dan batas administrasi, citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) Pulau Jawa bagian timur yang diperoleh dari *http://srtm.csi.cgiar.org/*, data lokasi penemuan manusia purba serta data dan informasi sejarah Sungai Bengawan Solo dan manusia purba, *shapefile* dunia yang diperoleh dari situs ArcGIS Resources, peta acuan (peta sebaran situs-situs *Homo erectus*, sketsa jalur, peta migrasi *Homo sapien*, peta migrasi manusia, peta situs penemuan *Homo erectus*, peta evolusi *hominid*, peta Google Maps, dan citra Google Earth).

Penelitian ini terdiri atas beberapa tahap yaitu pengumpulan data, proses pengolahan data spasial dan data atribut, penyusunan atlas, dan produksi.

Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan dalam pembuatan atlas ini berupa data spasial dan atribut. Pengumpulan data dilakukan dengan cara mengunjungi instansi-instansi terkait, wawancara dengan narasumber, dan pencarian melalui mesin pencari internet. Instansi yang dikunjungi adalah Balai Pelestarian Situs Manusia Purba (BPSMP) Sangiran dan Balai Sungai Bengawan Solo. Selain itu pengumpulan data juga dilakukan dengan melakukan kajian literatur di beberapa perpustakaan, yaitu perpustakaan Balai Arkeologi Yogyakarta dan perpustakaan pusat Universitas Gadjah Mada (UGM). Setelah diperoleh data-data yang dibutuhkan kemudian dilakukan pengecekan data dengan kriteria relevan, keabsahan, dan kondisi data.

Pengolahan data

Pekerjaan ini meliputi kegiatan pengolahan data atribut dan spasial. Proses pertama yang dilakukan adalah pengelompokkan data karena hampir semua data yang didapatkan adalah data tekstual. Data tekstual tersebut dikaji ulang sehingga diperoleh dua hasil yaitu data lokasi penemuan fosil dan data narasi. Data lokasi penemuan fosil disatukan dengan data spasial lain untuk dilakukan pengolahan data spasial. Data narasi disatukan dengan sejarah dan informasi-informasi lainnya kemudian disusun dengan aplikasi Microsoft Word sehingga menjadi narasi atlas sebagai data atribut.

Pengolahan data spasial meliputi beberapa proses. Pembuatan peta Sungai Bengawan Solo, peta DAS Bengawan Solo dan batas administrasi. Peta DAS mengacu pada Fauzi, dkk., (2014) Pembuatan peta Sungai Bengawan Solo purba dibuat dengan cara melakukan digitasi bekas aliran sungai yang terlihat pada citra Google Earth. Pembuatan peta persebaran lokasi penemuan fosil manusia purba Jawa dilakukan dengan terlebih dahulu melakukan pengolahan citra SRTM, yaitu simbolisasi *classified* dengan jumlah kelas sebanyak lima kelas dan *hillshade effect* (z = 50), kemudian digabungkan *shapefile* lokasi penemuan dan *shapefile* sungai.

Peta jalur migrasi *Homo erectus* dibuat dengan cara menggambarkan ulang peta acuan (Peta sebaran situs-situs *Homo erectus* dengan tambahan informasi dari peta migrasi manusia Plestosen dan sketsa jalur), sedangkan peta jalur migrasi *Homo sapien* dibuat dengan cara penggambaran ulang peta migrasi *Homo sapien*. Penggambaran jalur dilakukan dengan mempertimbangkan aspek perkiraan (pendekatan) dan seni, sehingga jalur yang dihasilkan tidak terlihat rumit. Peta penemuan fosil leluhur *Homo erectus* dibuat dengan cara menggambarkan ulang peta acuan (peta evolusi hominid), sedangkan peta penemuan fosil *Homo erectus* dibuat dengan penggambaran ulang dari peta acuan yaitu peta situs penemuan *Homo erectus.*

Pengolahan data atribut berupa pengkajian referensi-referensi tekstual terkait materi yang ditampilkan dalam atlas. Data yang diperoleh kemudian disusun dan dituliskan kembali menjadi narasi atlas. Narasi penghubung dibuat dengan tujuan agar informasi yang disajikan dari masing-masing bagian atlas dapat saling berkesinambungan.

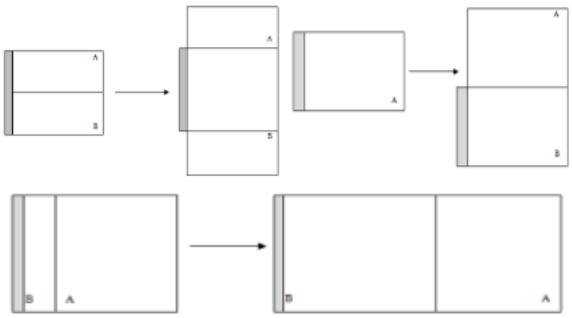
Penyusunan atlas

Penyusunan atlas meliputi tiga tahap, yaitu pembuatan desain atlas, desain tata letak dan produksi. Desain atlas dibuat secara konseptual, yaitu berasal dari ide penulis yang diperoleh setelah melakukan pengamatan dari berbagai jenis buku atlas. Buku Atlas ini menggunakan desain tata letak dengan ukuran kertas A4 (21 x 29,7 cm).

Bagian 1 atlas memiliki desain berupa halaman yang

dapat dibuka ke atas dan ke bawah (Gambar 1). Bagian tersebut terdiri atas tiga lembar, yaitu lembar bagian atas (A), bagian utama, dan bagian bawah (B). Materi yang disajikan dalam bagian ini merupakan teori-teori mengenai evolusi yang dikeluarkan oleh tokoh-tokoh evolusi pada masanya.

Bagian 2 atlas memiliki desain berupa halaman yang dapat dibuka ke kanan (Gambar 1). Bagian tersebut terdiri atas dua lembar, yaitu lembar bagian samping (A) dan bagian utama (B). Materi yang ditampilkan pada bagian ini adalah jenis manusia purba dan tahap-tahap evolusinya.



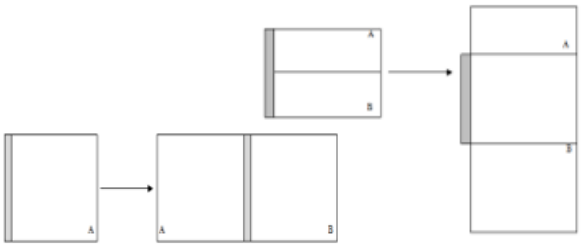
Gambar 1. Desain bagian 1 (kiri atas), bagian 2 (kanan atas), dan bagian 3 (bawah)

Bagian 3 atlas memiliki desain berupa halaman yang dapat dibuka ke atas (Gambar 1). Bagian tersebut terdiri atas dua lembar, yaitu lembar bagian atas (A) dan bagian utama (B). Materi yang ditampilkan pada bagian ini adalah jenis manusia purba pada tahap evolusi sebelum *Homo erectus.*

Bagian 4, 5, 6, 7 atlas memiliki desain seperti halaman buku pada umumnya, misalnya bagian empat sebagai lembar kiri (A) dan bagian lima sebagai lembar kanan (B) (Gambar 2). Materi yang ditampilkan pada bagian empat merupakan peta lokasi penemuan fosil *Homo erectus,* sedangkan bagian lima menampilkan jalur migrasinya. Bagian enam berisi peta jalur migrasi *Homo sapien*, sedangkan bagian tujuh berisi materi jenis manusia purba pada tahap evolusi setelah *Homo erectus.*

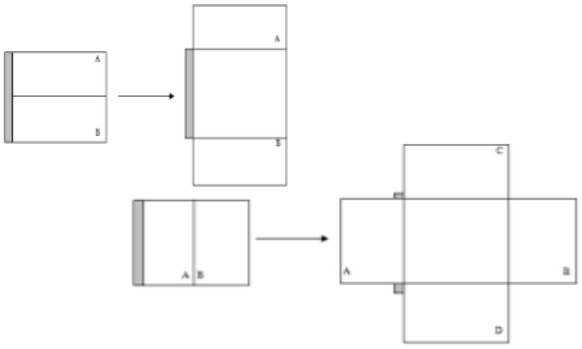
Bagian 8 atlas memiliki desain halaman seperti amplop, yang dapat dibuka ke atas dan bawah (Gambar 2). Bagian tersebut terdiri atas tiga lembar, yaitu lembar bagian atas (A), bagian utama, dan lembar bagian bawah (B). Materi yang ditampilkan pada bagian ini adalah mengenai jalur migrasi manusia purba di Indonesia.

Bagian 9 atlas memiliki desain yang dapat dibuka ke atas dan ke bawah (Gambar 3). Bagian tersebut terdiri atas tiga lembar, yaitu lembar bagian atas (A), bagian utama, dan lembar bagian bawah (B). Materi yang disajikan pada bagian ini adalah mengenai Sungai Bengawan Solo. Konsep desain bagian sembilan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain bagian 4,5,6,7 (kiri) dan bagian 8 (kanan)

Bagian 10 atlas memiliki desain yang dapat dibuka ke empat sisi (atas, bawah, kanan dan kiri) (Gambar 3). Bagian tersebut terdiri atas lima lembar, yaitu lembar bagian kiri (A), kanan (B), atas (C), lembar bagian bawah (D), dan lembar utama. Materi yang disajikan pada bagian ini adalah mengenai Sejarah penemuan fosil manusia purba di beberapa situs yang terletak di sepanjang aliran Sungai Bengawan Solo.



Gambar 3. Desain bagian 9 (kiri) dan bagian 10 (kanan)

Elemen tata letak dari atlas ini berupa peta, narasi, dan gambar. Pembuatan tata letak dilakukan dengan memperhatikan prinsip tata letak, yaitu urutan, penekanan, keseimbangan, dan kesatuan. Hasil dari tahap desain tata letak disimpan dalam format gambar (*.JPEG atau *.TIFF) dengan resolusi 300 dpi. Proses produksi dimulai dengan mencetak file atlas masing-masing bagian. Kemudian dilakukan penggabungan dan penjilidan untuk menghasilkan produk akhir, yaitu buku atlas.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Lokasi

Berdasarkan pengkajian dari beberapa sumber informasi tersebut dapat diperoleh 20 lokasi yang berkaitan dengan kehidupan purba, yang kemudian difokuskan pada delapan lokasi tempat ditemukan fosil manusia purba. Pemilihan lokasi/situs tersebut didasarkan pada jenis temuan dan lokasinya yang berada di dekat aliran Sungai Bengawan Solo. Daftar situs tersebut dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Daftar lokasi penemuan manusia purba

No.	Situs	Lokasi
1.	Sangiran	di dalam DAS Bengawan Solo
2.	Sambungmacan	di dalam DAS Bengawan Solo
3.	Trinil	di dalam DAS Bengawan Solo
4.	Ngandong	di dalam DAS Bengawan Solo
5.	Kedungbrubus	di dalam DAS Bengawan Solo
6.	Patiayam	di luar DAS Bengawan Solo
7.	Perning	di luar DAS Bengawan Solo
8.	Wajak	di luar DAS Bengawan Solo

Pengecekan toponim dilakukan untuk setiap situs menggunakan aplikasi Ina Geoportal dan Google Maps. Terdapat beberapa toponim yang digunakan lebih dari satu wilayah administrasi. Hal ini ditunjukkan dengan hasil pencarian yang memberikan lokasi daerah yang berbeda dari lokasi situs yang dimaksud (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pengecekan toponim

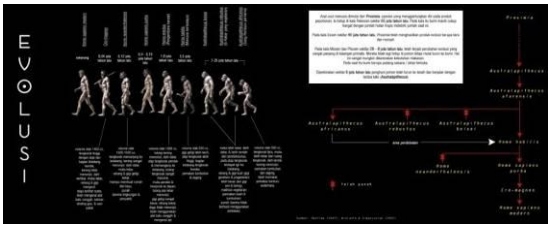
No.	Situs	Koordinat	Pengecekan
1.	Sangiran	110^0 50’ 1” BT ; 7^0 27’ 21” LS	Sesuai
2.	Sambungmacan	110^0 6’ 56” BT ; 7^0 20’ 39” LS	Sesuai
3.	Trinil	111^0 21’ 24” BT ; 7^0 22’ 33” LS	Sesuai
4.	Ngandong	111^0 25’ 23” BT ; 7^0 18’ 46” LS	Sesuai, dengan alternatif lokasi
5.	Kedungbrubus	111^0 40’ 58” BT ; 7^0 27’ 53” LS	Sesuai, dengan toponim Desa
6.	Patiayam	110^0 57’ 46” BT ; 6^0 45’ 51” LS	Sesuai, dengan toponim Kecamatan
7.	Perning	112^0 29’ 1” BT ; 7^0 22’ 39” LS	Sesuai, dengan alternatif lokasi
8.	Wajak	111^0 49’ 37” BT ; 8^0 13’ 27” LS	Tidak sesuai, terdapat kesamaan toponim dengan lokasi lain.

Referensi: Abdulah, 2014; Abdulah & Hidayat, 2011; Haryono, 2014; Hidayat & Widianto, 2010; Noerwidi & Siswanto, 2013; Rahmarendra, 2014; Widianto & Simanjuntak, 2009; Widiyanta, dkk., 2012; Widiyanta, dkk., 2014.

Desain Atlas

Pada bagian 1 atlas, Teori Evolusi Manusia Purba, halaman sampul diberi judul “Siapakah kita?” mengantarkan pembaca kepada materi teori evolusi. Halaman utama pada bagian ini adalah bagian tengah (warna putih) yang diisi dengan sejarah perkembangan teori evolusi. Lembar bagian atas dan bawah (warna hitam) digunakan sebagai lembar pengantar yang berisi narasi penghubung terhadap materi pada bagian selanjutnya.

Halaman utama pada bagian 2 atlas, Tahap Evolusi, adalah lembar kiri, yang menampilkan gambar manusia purba pada masing-masing tingkat evolusi (Gambar 4). Narasi pada bagian ini menjelaskan mengenai jenis, usia, dan ciri manusia purba. Sedangkan lembar bagian kanan menyajikan urutan tingkat evolusi manusia purba. Isi yang ditonjolkan pada bagian ini adalah gambar tingkat evolusi manusia purba. Hal ini didukung dengan adanya narasi yang dibuat seimbang (di bagian atas dan bawah gambar) dan terpusat pada gambar tersebut.



Gambar 4. Hasil desain bagian 2

Pada bagian 3 atlas, Leluhur *Homo Erectus*, halaman utamanya adalah bagian bawah yang menampilkan peta lokasi penemuan fosil manusia purba di tingkat evolusi sebelum *Homo erectus* (Leaky & Slikkerveer, 1995). Pada halaman utama tersebut hanya terdapat peta yang diposisikan berada di tengah *tata letak* untuk menjadi fokus utama pembaca. Narasi pada bagian ini ditampilkan pada lembar bagian atas yang memberi informasi tentang sejarah penemuan manusia purba jenis *Australopithecus afarensis, Australopithecus africanus, Australopithecus robustus, Australopithecus boisei* dan *Homo habilis.*

Bagian 4 atlas membahas mengenai Penemuan Fosil *Homo Erectus*. Isi yang disajikan berupa peta lokasi penemuan fosil *Homo erectus* (Djatmiko, 2000). Peta tersebut menggunakan datum WGS 1984. Sistem proyeksi yang digunakan adalah *World Mollweide* dengan interval gratikul 20^0. Sedangkan atlas bagian 5 menampilkan jalur migrasi *Homo erectus*. Isi yang disajikan adalah sebuah peta dan narasi. Peta merupakan hal yang ditonjolkan, sehingga tata letaknya didesain hampir memenuhi *tata letak*. Narasi merupakan komponen pendukung sehingga untuk menimbulkan keseimbangan letaknya berada di sisi atas dan kiri peta. Peta tersebut disajikan dengan menggunakan datum WGS 1984. Sistem proyeksi yang digunakan adalah *Equidistant conic* dengan interval gratikul 20^0.

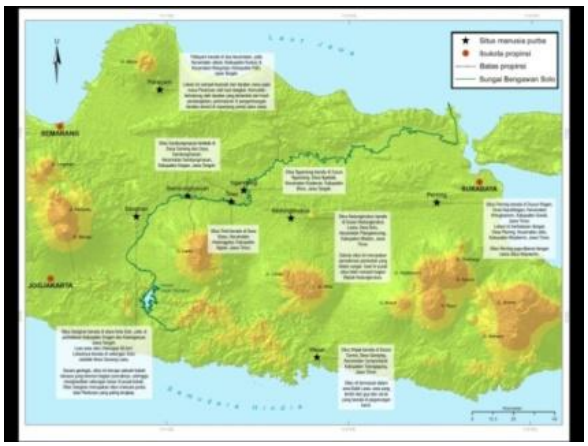
Bagian 6 atlas, Migrasi *Homo Sapien,* isi yang disajikan berupa peta jalur migrasi *Homo sapien*. Peta menggunakan datum WGS 1984 dan sistem proyeksi *Lambert Conformal Conic* (interval gratikul 20^0). Sedangkan bagian 7 Pewaris *Homo Erectus,* menampilkan isi berupa narasi dan ilustrasi, yang merupakan informasi mengenai perkembangan tahap evolusi setelah *Homo erectus.* Susunan isi dalam *tata letak* didesain membentuk dua kolom. Narasi merupakan aspek yang ditonjolkan pada *tata letak* ini. Narasi ditampilkan dalam satu kolom di sisi kanan dan ilustrasi tengkorak di sisi kiri. Hal tersebut dilakukan untuk memberikan efek keseimbangan dan kerapian pada *tata letak.*

Halaman utama pada bagian 8 atlas, Migrasi di Indonesia, adalah bagian tengah yang berisi peta migrasi dan narasi, mengacu pada Sartono (1987). Lembar bagian atas (warna merah) digunakan sebagai lembar pengantar yang berisi narasi penghubung dari materi pada bagian sebelumnya, sedangkan lembar bagian bawah juga berisi narasi penghubung terhadap materi pada bagian selanjutnya. Peta tersebut menggunakan datum WGS 1984. Sistem proyeksi yang dipakai adalah *Mercator*. Tampilan peta ini difokuskan pada Negara Indonesia dengan interval gratikul 20^0.

Bagian 9 atlas, Sungai Bengawan Solo, halaman utamanya adalah bagian tengah (warna putih) yang berisi peta sungai dan narasi. Lembar bagian atas (warna merah) digunakan sebagai lembar pengantar yang berisi narasi profil Sungai Bengawan Solo. Lembar bagian bawah (warna merah) berisi narasi penghubung terhadap materi pada bagian selanjutnya. Narasi pada halaman utama memberikan informasi mengenai sejarah sungai purba, mengacu pada Purwantoro (2007). Aspek penekanan diutamakan pada tiga peta sungai. Ketiga peta tersebut menggunakan datum WGS 1984 dengan sistem proyeksi yang UTM (*Universal Transverse Mercator*). Interval gratikul yang digunakan sebesar 1^0.

Bagian 10 Situs Manusia Purba di Jawa terdiri atas tiga halaman: halaman sampul, peta lokasi, peta sebaran jenis manusia purba. Tata letak sampul dan peta lokasi berbentuk halaman biasa (tanpa lembar bagian) .

Tata letak peta sebaran lokasi situs terdiri atas dua hal, yaitu peta dan narasi lokasi (Gambar 5). Penekanan diaplikasikan pada isi peta, sehingga pengaturan letaknya berada di tengah dan memenuhi halaman. Sedangkan narasi lokasi, berisi mengenai deskripsi lokasi tempat situs berada, disajikan dalam bentuk tulisan dengan latar berwarna putih dengan transparasi 70%. Posisi narasi lokasi adalah berada di dekat titik situs yang dijelaskan, dengan tambahan garis penghubung antara narasi dengan situs yang dimaksud.



Gambar 5. Hasil desain peta sebaran situs bagian 10

Tata letak pada halaman peta sebaran manusia purba berbentuk lembar yang dapat dibuka ke empat sisi (kanan, kiri, atas, dan bawah). Penekanan pada tata letak ini adalah peta, sehingga posisinya diletakkan di tengah tata letak (lembar utama). Hal ini dimaksudkan agar fokus utama pembaca ketika membuka halaman ini adalah peta. Narasi disusun mengelilingi peta untuk membentuk kesan komposisi yang seimbang (Gambar 6).



Gambar 6. Desain halaman utama bagian 10

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diambil beberapa kesimpulan. Pertama, terdapat delapan lokasi (situs) penemuan fosil manusia purba, lima dari delapan lokasi tersebut letaknya berada dalam DAS Bengawan Solo, sedangkan tiga lainnya berada di luar DAS.Kedua, tiga dari delapan situs memiliki toponim yang sama dengan suatu daerah yang lain (bukan situs manusia purba), yaitu Ngandong, Perning dan Wajak. Ketiga, penggambaran jalur migrasi manusia purba dilakukan lebih dengan mengutamakan prinsip pendekatan (prediksi) dan keindahan (seni), karena dalam referensi tidak disebutkan secara rinci dan jelas mengenai lokasi mana saja yang dilewati, hanya lokasi ditemukannya bukti keberadaan manusia purba.

Beberapa hal yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah yang pertama, jejak pendapat terhadap responden sebaiknya dilakukan untuk mengetahui kualitas buku atlas yang telah dihasilkan. Hal ini juga bertujuan untuk mengevaluasi produk yang diperoleh, baik dari segi tampilan (desain), kejelasan informasi yang disajikan, dan keruntutan materi. Kedua, pada penelitian selanjutnya pembuatan atlas sejenis sebaiknya dikembangkan menjadi bentuk digital interaktif.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penelitian ini. Saran dan masukan dari Christine Noegroho dan Dr. Trias

Aditya sangat bermanfaat dalam memperbaiki hasil penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abdullah, Ilham., 2014, *Kajian Awal Mengenai Budaya Homo Erectus di Jawa – Identifikasi Artefak Koleksi Warga di Sambungmacan, Sragen, Jawa Tengah*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Abdulah I dan Hidayat M, 2011, *Laporan Eksplorasi Situs Kedungbrubus*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Davis, Bruce E., 2001, *GIS: A Visual Approach 2nd Edition*, Onword Press, Canada.

de By, Rolf A. dkk, 2001, *Principles of Geographic Information Systems*, ITC Educational Textbook Series 1, Enschede-Belanda.

Djatmiko, 2000, *Manusia Purba dan Lingkungannya dalam Temuan Satu Abad (1900-1999) Perjalanan Sejarah Kebudayaan Indonesia*, Museum Nasional, Jakarta.

Fauzi R dkk, 2014, *Laporan Kajian Potensi Cagar Budaya DAS Bengawan Solo – Penelitian Situs Matar*, Desa Ngelo, Kecamatan Margomulyo, Bonjonegoro, BPSMP Sangiran.

Green J, 2014, *Slide and Discover Dinosaur Atlas*, Silver Dolphin, San Diego.

Handayaningsih, T. U., 2013, *Pembuatan Atlas Babad Tanah Jawi (Periode Kerajaan Pajang dan Mataram) Berdasarkan Analisis Toponim, Skripsi*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Haryono, dkk, 2014, *Laporan Kajian Pelindungan Situs Sambungmacan*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Heuken A. S. J., 2014, *Atlas Sejarah Jakarta*, Cipta Loka Caraka, Jakarta.

Hidayat M dan Widiyanta W, 2010, *Laporan Eksplorasi Budaya Manusia Purba di Situs Ngandong, Blora*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Leakey, R. E. dan Slikkerveer, L. J., 1995, *Pithecanthropus*, B.P. Jatmiko, Edisi II, Chevalier Holland Printers, Belanda.

Noerwidi S. dan Siswanto, 2013, *Sangiran-Patiayam: Perbandingan Dua Situs Plestosen di Jawa*, Balai Arkeologi Yogyakarta, Yogyakarta.

Peterson G. N., 2009, *GIS Cartography: A Guide to Effective Map Design*, CRC Press, USA.

Purwantoro, S. dkk, 2007, *Menelusuri Sungai Bengawan Solo*, Universitas Negeri Yogyakarta, Yogyakarta.

Rahmarendra H, dkk, 2014, *Laporan Kajian Potensi Cagar Budaya Situs Wajak dan Sekitarnya di Kecamatan Campurdarat dan Kecamatan Besuki, Kabupaten Tulungagung, Provinsi Jawa Timur*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Renfrew, Collin., 2003, *Past Worlds: Collins Atlas of Achaeolology*, Borders Press, Michigan.

Sartono S, 1987, *Migrasi Manusia Plestosen Indonesia dalam Geologi Kuarter dan Lingkungan Hidup*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.

Tanudjirjo D. A., Abdullah, Taufik., Lapian, Adrian B., 2013, *Indonesia dalam Arus Sejarah 1: Prasejarah*, PT. Ichtiar Baru van Hoeve, Jakarta.

Widianto H., 2010, *Jejak Langkah Setelah Sangiran*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Widianto H. dan Noerwidi S., 2009, *Atlas Prasejarah Indonesia*, Kementrian Kebudayaan dan Pariwisata, Jakarta.

Widianto H. dan Simanjuntak T., 2009, *Sangiran Menjawab Dunia*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Widiyanta W, dkk., 2012, *Budaya Manusia Purba Sangiran*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Widiyanta W, dkk., 2014, *Situs Patiayam: Manusia, Budaya dan Lingkungan Kehidupan*, Balai Pelestarian Situs Manusia Purba, Sangiran.

Pengaruh Bobot Pengukuran pada Perhitungan Perataan Bertahap dari Data Hasil Pengamatan GNSS

Asri Ria Affriani[a*], Nurrohmat Widjajanti[b], Yulaikhah[c]

[a*,] Mahasiswa Teknik Geomatika, FT- UGM (reiaffriani@gmail.com)
[b,] Staf Pengajar Teknik Geodesi FT-UGM (n.widjajanti@gmail.com)
[c,] Staf Pengajar Teknik Geodesi FT-UGM (yulaikah37@gmail.com)

ABSTRACT

The use of weights observation was effected on the estimation of coordinates and its precision. This research aims to identify 3D coordinates and its precision using weights observation from the result of GAMIT processing and the law of error propagation in sequential adjustment method. This research uses GNSS observation data from 10 deformation monitoring control points that was measured on doy 250 in 2014 and doy 129 in 2015. Data processing was performed by GAMIT software to get a baseline length and its precision. Baseline length and its precision were used as input in the sequential adjustment method. The values of weight observation were calculated using the result of GAMIT processing and the law of error propagation. The result of this research are 3D coordinates control point and its precision. The coordinate results using weight observation from GAMIT result does not significantly different from the law of error propagation result, whereas the precision result is different significanly. The differences of precision reached 2 centimeters.

Keywords sequential adjustment, weight observation, error propagation, the addition of precision.

Pendahuluan

Hitung perataan merupakan metode yang umum digunakan dalam perhitungan geodesi. Hal ini dapat dijumpai pada kasus-kasus estimasi parameter pada perhitungan geeodesi dengan terknologi sederhana hingga tingkat tinggi tak terkecuali pada teknologi *Global Naviagtion Satelitte System* (GNSS). Keuntungan menggunakan metode GNSS adalah titik pantau tidak perlu saling terlihat dan koordinat titik ditentukan dalam kerangka referensi tertentu (Hudnut and Behr, 1998). Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan metode GNSS. Lokasi penelitian adalah Bendungan Sermo. Bendungan ini terletak di Kabupaten Kulon Progo Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Penambahan titik kontrol pemantauan dilakukan akibat adanya deteksi sesar aktif yang membelah Bendungan Sermo (Waljiyanto dkk, 2015). Hal ini membutuhkan strategi pengolahan data khusus sehingga dapat dihasilkan koordinat dan ketelitian titik kontrol lama dan baru. Oleh karena itu, digunakan hitung perataan metode bertahap (Mikhail and Ackermann, 1976). Pengolahan dengan metode perataan bertahap tidak dapat menggunakan perangkat lunak pengolah data GNSS yang ada. Oleh karena itu digunakan perangkat lunak GAMIT untuk mengolah data GNSS dari *raw data* bentuk RINEX menjadi data *baseline* beserta ketelitiannya. Data *baseline* dan ketelitiannya digunakan sebagai *input* dalam perataan berahap sehingga dihasilkan koordinat dan ketelitiannya. Penambahan dilakukan dengan menambahakan lima titik kontrol baru sehingga keseluruhan titik kontrol berjumlah 10 titik. Pengamatan GNSS dilakukan pada *doy* 250 tahun 2014 pada lima titik kontrol lama (BMS1, BMS2, BMS5, BMB1, dan BMB2) dan *doy* 129 tahun 2015 pada lima titik baru (MAK1, MAK2, MAK3, MAK4, dan MAK5).

Dalam perhitungan perataan bertahap, pemberian bobot ukuran dapat mempengaruhi hasil estimasi parameter yang dihitung. Dalam penelitian ini digunakan dua metode perhitungn bobot ukuran yaitu dengan memasukkan nilai hasil pengolahan GAMIT pada matrik bobot dan dengan menggunakan hukum perambatan kesalahan acak. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi pengaruh bobot pengukuran dengan menggunakan hasil pengolahan GAMIT dan huku perambatan kesalahan acak.

Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

7. Data 10 titik IGS (CNMR, COCO, DARW, DGAR, KARR, PARK, PBR2, PIMO, TOW2, dan XMIS) *doy* 250 tahun 2014 dan *doy* 129 tahun 2015 untuk pengikatan global.
8. Data enam stasiun CORS BIG (CBTL, CMGL,

CPBL, CPWD, CSEM, dan CSLO) *doy* 250 tahun 2014 dan *doy* 129 tahun 2015 untuk pengikatan lokal.
9. Data lima titik kontrol lama (BMS1, BMS2, BMS5, BMB1, dan BMB2) *doy* 250 tahun 2014.
10. Data enam titik kontrol (MAK1, MAK2, MAK3, MAK4, MAK5 dan BMS1) *doy* 129 tahun 2015.
11. Data pendukung pengolahan untuk pengolahan GAMIT/GLOBK.

Perangkat lunak yang digunakan adalah perangkat lunak GAMIT/GLOBK dan Mathlab. Sebelum dilakukan perhitungan dengan metode perataan bertahap, data GNSS diolah dahulu menggunakan perangkat lunak GAMIT sehingga dihasilkan panjang *baseline* antar titik kontrol pemantauan beserta ketelitiannya.

Perhitungan Panjang *Baseline* dengan GAMIT

Perhitungan panjang *baseline* titik kontrol pemantauan dilakukan menggunakan referensi titik ikat lokal. Pengikatan lokal dimaksudkan untuk mendapatkan posisi dan ketelitian titik pengamatan yang relatif terhadap titik ikat lokal (Lestari, 2015). Dalam penelitian ini, objek penelitian merupakan bangunan struktur yang masuk kategori skala kecil sehingga pada pengolahan data digunakan pengikatan lokal. Langkah perhitungan *baseline* dengan pengiktan lokal adalah:

4. Data enam stasiun CORS pada *doy* 250 tahun 2014 dan *doy* 129 tahun 2015 diolah dengan GAMIT/GLOBK diikatkan pada 10 stasiun IGS (pengikatan global) sehingga didapatkan *file* koordinat dan ketelitian titik yang diolah. *File* tersebut kemudian dijadikan *file* apriori untuk pengikatan lokal.
5. Data pengamatan GNSS *doy* 250 tahun 2014 dan *doy* 129 tahun 2015 diolah dengan GAMIT diikatkan pada enam stasiun CORS BIG menggunakan *file* apriori hasil pengolahan langkah 1 (pengikatan lokal) sehingga dihasilkan panjang *baseline* dan ketelitiannya.

Titik BMS1 yang merupakan titik lama dan sudah diikutkan dalam pengolahan GAMIT *doy* 250 tahun 2014 diikutkan kembali pada pengolahan GAMIT *doy* 129 tahun 2015. Hal ini karena dalam perataan GNSS perhitungan koordinat menggunakan metode jaring GNSS. Pembentukan jaring GNSS pada perangkat lunak GAMIT dilakukan per hari pengamatan (per *doy*) sehingga dengan adanya satu titik yang diamat pada kedua *doy* tersebut, *baseline* yang dihasilkan dari kedua perataan tersebut dapat tergabung. Hasil perangkat lunak GAMIT berupa *q-file* yang berisi panjang *baseline* dan simpangan baku. Panjang *baseline* dan simpangan bakunya selanjutnya digunakan sebagai *input* dalam pengolahan hitung perataan bertahap.

Perhitungan Koordinat dengan Bobot Ukuran dari Hasil Pengolahan GAMIT

Perhitungan koordinat menggunakan metode hitung perataan bertahap. Pada penelitian ini digunakan metode parameter. Metode parameter bertahap digunakan untuk menghitung solusi parameter dari suatu pekerjaan yang sudah selesai dihitung, kemudian ditambahkan dengan data yang baru (Leick, 2004). Pada perhitungan dengan hitung perataan parameter bertahap dikelompokkan menjadi data pertama dan kedua. Pengolahan tahap pertama dilakukan pada data pengamatan *doy* 250 tahun 2014, sedangkan tahap kedua dilakukan pada data *doy* 129 tahun 2015. Fungsi residu pada persamaan dapat ditulis dalam bentuk matriks (Leick, 2004) seperti persamaan 1 dan 2:

$$V_1 = A_1 X + L_1 \quad (1)$$

$$V_2 = A_2 X + L_2 \quad (2)$$

Dalam hal ini, V_1 , V_2 adalah matriks residu untuk kelompok data pertama dan kedua, A_1 , A_2 adalah matriks desain untuk kelompok data pertama dan kedua, X adalah matriks parameter, dan L adalah matriks ukuran. Pembentukan komponen matriks pada perataan bertahap A,V, L, dan X didasarkan pada data hasil pengolahan GAMIT. Nilai parameter dihitung dengan persamaan 3.

$$X_2 = X_1 + \Delta X \quad (3)$$

$$X_1 = -(A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_1^T P_1 L_1 \quad (4)$$

$$\Delta X = -(A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_2^T T (A_2 X_1 + L_2) \quad (5)$$

$$T = (P_2^{-1} + A_2 (A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_2^T)^{-1} \quad (6)$$

Dalam hal ini, X_2 adalah parameter (koordinat) hasil perataan tahap kedua, ΔX adalah kontribusi pengukuran baru terhadap parameter perataan tahap pertama, dan X_1 adalah parameter (koordinat) hasil perataan tahap pertama. Nilai ketelitian parameter dapat dihitung dari matriks kofaktor parameter. Matriks kofaktor parameter tahap kedua (Q_{X2})dapat dicari dengan menggunakan persamaan 7.

$$Q_{x_2} = Q_{x_1} + \Delta Q \quad (7)$$

$$Q_{x_1} = (A_1^T P_1 A_1)^{-1} \quad (8)$$

$$\Delta Q = (A_1^T P_1 A_1)^{-1} A_2^T T A_2 (A_1^T P_1 A_1)^{-1} \quad (9)$$

Dalam hal ini, Q_{X2}adalah matriks kofaktor parameter tahap kedua, ΔQ_x adalah kontribusi pengukuran baru terhadap kofaktor parameter, dan Q_{X1} adalah matriks kofaktor parameter tahap pertama. Nilai ketelitian dari tiap-tiap parameter yang bersesuaian didapat dari akar elemen diagonal matriks Q_{X2} dikalikan aposteori varian.

Bobot pengukuran merupakan suatu bilangan yang didapat dari perbandingan suatu besaran ukuran terhadap besaran ukuran lainnya. Bobot ukuran dapat diperoleh dari perbandingan terbalik varian ukuran (Mikhail dan Gracie, 1981). Varian ukuran merupakan kuadrat dari simpangan baku ukuran. Dalam suatu set pengukuran didapatkan ketelitian yang bervariasi. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan jarak antar titik dan perbedaan kualitas data pengamatan, sehingga diperlukan pemberian bobot ukuran. Bobot ukuran (P) dalam bentuk matriks dapat dihitung dengan persamaan 10.

$$P = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{\sigma_2^2} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{bmatrix} \quad (10)$$

Dalam hal ini,
P : bobot pengukuran
σ_0^2 : varian apriori
σ_n^2 : varian pengukuran ke-n

Input matriks P_1 pada pengolahan hitung perataan metode parameter bertahap tahap pertama didapatkan dari hasil pengolahan *raw data* RINEX dengan perangkat lunak GAMIT. Hasil pengolahan tersebut adalah nilai simpangan baku komponen X,Y,Z dan korelasinya (R). Oleh karena itu, nilai selain diagonal utama pada matriks P_1 tidak bernilai 0 karena pengukuran berkorelasi. Nilai selain diagonal utama tersebut adalah nilai kovarian antar komponen, sehingga bentuk matriks P_1 menjadi seperti persamaan 11:

$$P_1 = \sigma_0^2 \begin{bmatrix} \frac{1}{\sigma_1^2} & \sigma_{12} & \sigma_{13} \\ \sigma_{12} & \frac{1}{\sigma_2^2} & \sigma_{23} \\ \sigma_{13} & \sigma_{23} & \frac{1}{\sigma_n^2} \end{bmatrix} \quad (11)$$

Dalam hal ini,
σ_{12} : kovarian komponen 1 dan 2
σ_{13} : kovarian komponen 1 dan 3
σ_{23} : kovarian komponen 2 dan 3

Nilai kovarian komponen 1 dan 2 (σ_{12}) dihitung dengan menggunakan persamaan 12.

$$\sigma_{12} = R.\sqrt{\sigma_1^2}.\sqrt{\sigma_2^2} \quad (12)$$

Pada tahap pertama perataan bertahap, jumlah *baseline* yang terbentuk adalah 30 *baseline*, sedangkan jumlah kolom matriks P_1 adalah 75. Oleh karena itu nilai diagonal utama dan bukan diagonal utama pada ${}_{31}P1_{31}$ s.d. ${}_{75}P1_{75}$ diberikan nilai nol.

Matriks P_2 didapat dari memasukkan nilai varian pengukuran pada diagonal utama dan nilai kovarian pada non diagonal. Nilai varian dan kovarian didapat dari *q-file* hasil pengolahan dengan GAMIT. Nilai varian dan kovarian yang diisikan pada matriks P_2 didapat dari gabungan *q-file* pengolahan GAMIT *doy* 250 tahun 2014 dan *doy* 129 tahun 2015 sehingga matriks P_2 berdimensi 75x75.

Perhitungan Koordinat dengan Bobot Ukuran dari Hukum Perambatan Kesalahan Acak

Perhitungan koordinat dengan perataan bertahap menggunakan persamaan 1 s.d. 9. Penggunaan bobot ukuran dengan hukum perambatan kesalahan digunakan pada perataan tahap kedua. Matriks P_2 pada tahap kedua perataan bertahap didapat dari perhitungan matriks varian kovarian ukuran untuk bobot *baseline* untuk titik lama. Pada titik yang baru nilai bobot diambil dari pengolahan GAMIT. *Input* perhitungan matriks varian kovarian ukuran untuk titik lama adalah matriks varian kovarian parameter hasil pengolahan tahap pertama. Matriks varian kovarian parameter tahap pertama didapat dari matriks kofaktor parameter dikalikan aposteori varian tahap pertama. Matriks varian kovarian ukuran dihitung dengan menggunakan persamaan perambatan kesalahan acak. Hal ini karena isi matriks varian kovarian parameter adalah varian dan kovarian titik yang dihitung pada tahap pertama, sedangkan untuk perhitungan bobot P_2 yang diperlukan adalah varian *baseline* hasil pengukuran. Matriks varian kovarian ukuran titik lama dihitung dengan menggunakan persamaan 13 (Mikhail and Ackermaan, 1976).

$$\sum yy = G \sum xx \; G^T \quad (13)$$

Dalam hal ini,
$\sum yy$: matriks varian kovarian ukuran
G : matriks yang berisi turunan pertama dari suatu model matematis dimana parameter merupakan fungsi dari ukuran
$\sum xx$: matriks varian kovarian parameter

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah koordinat dan ketelitian titik kontrol pemantauan Bendungan Sermo dengan bobot ukuran dari hasil pengolahan GAMIT dan hukum perambatan kesalahan. Pengolahan menggunakan hitung perataan bertahap. Ketelitian dapat dilihat dari besarnya simpangan baku yang dihasilkan.

Koordinat yang dihasilkan dari perhitungan perataan bertahap tahap pertama dan tahap kedua menggunakan kedua metode bobot ukuran menghasilkan koordinat yang sama. Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, metode penentuan bobot ukuran tidak mempengaruhi koordinat yang

dihasilkan pada penelitian ini.

Pada perataan bertahap tahap pertama dihasilkan empat koordinat titik kontrol. Titik BMB1 dijadikan titik fixed dengan koordinat -2174072,399 m; 5933543,933 m; -862689,652 m. Sistem yang digunakan adalah system koordinat kartesi 3D. Koordinat hasil perataan bertahap tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1. Koordinat hasil perataan bertahap

Titik	Komponen	Koordinat (m)
BMS1	X	-2173994.722
	Y	5933592.585
	Z	-862625.3933
BMS2	X	-2174236.963
	Y	5933501.312
	Z	-862561.5899
BMS5	X	-2174219.433
	Y	5933435.029
	Z	-862704.217
BMB2	X	-2174225.656
	Y	5933530.935
	Z	-862459.54

Perataaan bertahap tahap pertama dengan perhitungn bobot ukuran dari GAMIT dan dengan hukum perambatan kesalahan menghasilkan ketelitian yang sama, Hal ini karena pada tahap pertama kedua menggunakan hasil pengolahan GAMIT untuk komponen pengisi matrik bobotnya. Ketelitian yang dihasilkan pada perataan tahap pertama tersaji dalam Tabel 2.

Tabel 2. Simpangan baku hasil perataan tahap pertama

Nama titik	σX (cm)	σY (cm)	σZ (cm)
BMS1	1,265	2,843	0,615
BMS2	0,983	2,055	0,502
BMS5	7,921	10,086	2,369
BMB2	1,012	2,102	0,527

Berdasarkan Tabel 2 titik BMS5 mempunyai ketelitian yang paling buruk. Hal ini dipengaruhi oleh lokasi titik BMS5 yang berada di kaki Bendungan Sermo, sehingga ruang pandang satelit menjadi terbatas. Selain itu, sekeliling titik terdapat tanaman yang cenderung tinggi, sehingga banyak obstruksi di sekitar titik.

Pada perataan tahap kedua menggunakan bobot ukuran dari GAMIT ditambahkan lima titik kontrol pemantauan deformasi yang diukur pada *doy* 129 tahun 2015. Kelima titik tersebut adalah MAK1, MAK2, MAK3, MAK4 dan MAK5. Namun demikian, simpangan baku hasil dari perataan ini adalah simpangan baku titik kontrol pemantauan yang digunakan pada tahap pertama. Hal ini karena dalam perataan bertahap hanya dihasilkan nilai pengaruh peningkatan ketelitian akibat penambahan titik pada tahap kedua. Simpangan baku hasil perataan bertahap tahap kedua dengan bobot ukuran dari hasil pengolahan GAMIT tersaji dalam Tabel 3.

Tabel 3. Simpangan baku tahap kedua dengan bobot ukuran dari hasil pengolahan GAMIT

Nama titik	σX (cm)	σY (cm)	σZ (cm)
BMS1	0,790	1,811	0,405
BMS2	0,682	1,432	0,351
BMS5	5,598	7,124	1,674
BMB2	0,702	1,465	0,369

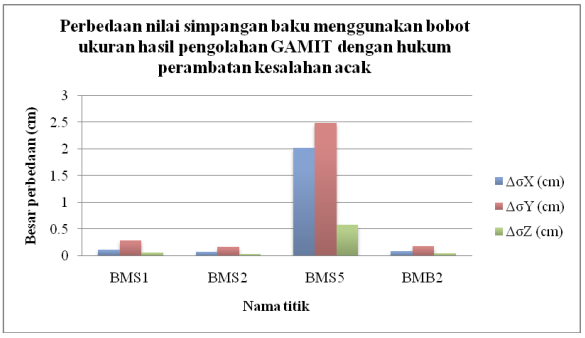
Berdasarkan Tabel 2 dan 3 terdapat peningkatan ketelitian pada setiap komponen titik kontrol pemantauan. Peningkatan tersebut berkisar antara 0,151 cm s.d. 2,962 cm. Hal tersebut karena pada pengolahan bertahap tahap kedua jumlah titik kontrol pemantauan yang lebih banyak menyebabkan jumlah persamaan yang dibentuk saat perataan menjadi bertambah. Hal ini menyebabkan nilai kesalahan suatu titik terdistribusi ke titik lainnya. Oleh sebab itu, terjadi peningkatan ketelitian pada keempat titik kontrol pemantauan tersebut.

Matriks P_2 perataan bertahap tahap kedua dengan menggunakan hukum perambatan kesalahan acak didapat dari memasukkan nilai varian pengukuran pada diagonal utama dan nilai kovarian pada komponen selain diagonal utama. Nilai varian dan kovarian didapat dari *q-file* hasil pengolahan dengan GAMIT untuk data pengamatan *doy* 129 tahun 2015. Nilai varian kovarian untuk data *doy* 250 tahun 2014 dicari dengan menggunakan persamaan hukum perambatan kesalahan acak (persamaan 13). Simpangan baku yang dihasilkan pada perataan bertahap tahap kedua menggunakan hukum perambatan kesalahan acak tersaji dalam Tabel 4.

Tabel 4. Simpangan baku tahap kedua menggunakan hukum perambatan kesalahan acak

Nama titik	σX (cm)	σY (cm)	σZ (cm)
BMS1	0,678	1,525	0,345
BMS2	0,603	1,264	0,309
BMS5	3,578	4,636	1,089
BMB2	0,617	1,287	0,321

Berdasarkan Tabel 3 dan 4 dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan ketelitian antar ketelitian yang dihitung dari hasil pengolahan GAMIT dan dengan hukum perambatan kesalahan acak. Perbedaan tersebut berkisar antara 0,048 cm s.d. 2,488 cm. Visualisasi besar perbedaan ketelitian tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1. Visualisasi perbedaan nilai simpangan baku nenggunakan bobot ukuran hasil pengolahan GAMIT dan hukum perambatan kesalahan acak

Berdasarkan Gambar 1 terdapat perbedaan ketelitian yang dihasilkan dari kedua metode penentuan bobot ukuran. Perbedaan terbesar terdapat pada titik BMS5 untuk komponen X,Y, dan Z berturut-turut sebesar 2,020 cm, 2,488 cm, dan 0,585 cm.Komponen Y menjadi komponen yang mengalami perbedaan ketelitian tertinggi. Hal ini karena komponen Y berkedudukan sebagai komponen vertikal karena letak Bendungan Sermo berada di sekitar equator dan berada pada belahan bujur timur (Affriani, 2016). Komponen vertikal pada pengamatan GNSS mempunyai ketelitian 2 s.d.5 kali lebih rendah dari komponen horizontalnya (Prasidya (2015), Ulinnuha (2015), dan Abidin (2007))

Kesimpulan dan Saran

Penggunaan bobot ukuran dengan menggunakan hukum perambatan kesalahan menghasilkan nilai ketelitian koordinat yang lebih teliti daripada menggunakan hasil pengolahan langsung dari GAMIT. Hal ini terlihat pada titik BMS5 yang mengalami perbedaan ketelitian mencapai 2,020 cm pada komponen X, 2,488 cm pada komponen Y dan 0,588 cm pada komponen Z. Oleh karena itu, perhitungan bobot ukuran pada perataan bertahap tahap kedua menggunakan hukum perambatan kesalahan acak sangat disarankan. Hal ini karena, nilai koreksi kesalahan terdistribusi secara merata berdasarkan besar kesalahan yang dihasilkan setiap parameter ukuran

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah berkontribusi pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

Abidin, H. Z., 2007, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, Pradnya Paramita, Jakarta.

Affriani, A.R., 2016, "Estimasi Koordinat Titik Kontrol Pemantauan Deformasi Bendungan Sermo dengan Metode Parameter Bertahap dari Data *Baseline* Hasil Pengolahan GAMIT", Tesis, S-2 Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.

Hudnut, K.W. dan Behr, J.A., 1998, "Continous GPS monitoring of Structural Deformation at Pacoima Dam, California", *Seismological Research Letter*, Vol. 09, No.4, U.S. Geological and the Southern California Earthquake Center, South Wilson Ave. Pasadena.

Leick. A., 2004, *GPS Satellite Surveying*, John Wiley & Sons, Inc, New York.

Lestari, D., 2015, "Analisis Stabilitas Candi Borobudur Berdasar Integrasi Data Pengamatan GPS dan Terestris Jaring Pemantau Deformasi Candi", Desertasi, S3 Teknik Geomatika, Fakultas Teknik**,** Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Mikhail, E.W. dan Ackermann, F., 1976, *Observations and Least Squares*, Dun-Donnelley Publisher, New York.

Prasidya, A. S., 2015, "Analisis Regangan 2D Lempeng Tektonik di Patahan Sumatra Berdasarkan Data Pengamatan GNSS Tahun 2010 sampai 2013", Tesis, Program Studi S-2 Teknik Geomatika, Pascasarjana Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ulinnuha, H., 2015, "Analisis Deformasi Aspek Geometrik Segmen Mentawai Akibat Gempa Tektonik 10 Juli 2013", Tesis, Program Studi S-2 Teknik Geomatika, Pascasarjana Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Waljiyanto, Widjajanti, N., Yulaikah, dan Taftazani, M.I., 2015, " Pengembangan Jaring Kontrol Geodesi Pemantau Waduk Sermo", Jurnal Ilmiah Geometika, Vol. 21, No.2, Badan Informasi Geospasial, Bogor.

Kajian Penggunaan GPS Modul pada Penentuan Posisi Exposure dalam Misi UAV

Catur Aries Rokhmana, [a] Dedi Atunggal [b]

[a,] Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada (caris@ugm.ac.id)
[b,] Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada (penuliskedua@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Aplikasi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebagai wahana pemotretan udara, baik untuk surveillance maupun survei pemetaan semakin banyak diterapkan. Pada umumnya system penentuan posisi pada wahana UAV cukup menggunakan GPS type navigasi dalam bentuk GPS modul yang dibawa dalam sistem avionik UAV. Dilain pihak, dalam pemrosesan foto secara fotogrametri diperlukan nilai pendekatan parameter orientasi luar posisi titik eksposur kamera. Saat ini tersedia sejumlah tipe GPS modul yang mampu merekam data fasa GPS, sehingga memungkinkan untuk melakukan penentuan posisi GPS kinematic dengan akurasi sub-meter. Makalah ini membahas tentang penggunaan GPS modul untuk penentuan posisi titik eksposur kamera dalam misi UAV. Kajian dilakukan untuk membandingkan hasil akurasi penentuan posisi mode *absolut positioning*, dan *kinematic* dengan *post processing*. Hasil perbandingan menunjukkan pada penentuan posisi mode absolut atau GPS navigasi stabil di akurasi < 10m, sedangkan mode GPS kinematik stabil di akurasi sub-meter untuk komponen posisi Horizontal. Dimasa mendatang keberadaan sejumlah stasiun CORS sebagai *Base-point* akan sangat membantu berjalannya sistem GPS modul untuk penentuan posisi eksposur.

Keywords: GPS Modul, titik eksposur Misi UAV, Exposure, Absolute Positioning, Kinematic, Real-time Kinematic

Pendahuluan

Saat ini penggunaan UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) sebagai platform wahana udara untuk kegiatan survei pemetaan dari udara dengan teknik fotogrametri semakin meningkat tajam (lihat Rokhmana, 2008; Rokhmana, 2009; Clark, et.al., 2010; Eisenbeis 2008; Niethammer, et.al., 2010; Grenzdörffer, et.al. 2008). Seperti halnya teknik Fotogrametri digital pada umumnya, salah satu data penting untuk keperluan *post-processing* citra foto udara secara otomatis adalah data nilai parameter orientasi luar. Salah satu data nilai parameter orientasi luar kamera adalah posisi titik eksposur kamera pada saat pemotretan udara. Semakin akurat data posisi titik eksposure akan semakin mempercepat proses otomatisasi, bahkan dapat mereduksi kebutuhan titik kontrol tanah.

Wahana UAV yang umumnya digunakan untuk keperluan survei pemetaan ukurannya relatif kecil dan memiliki keterbatasan beban daya angkat. Sedangkan sensor penentuan posisi yang digunakan biasanya berbentuk GPS (*Global Positioning System*) modul yang kecil dan ringan. Sistem avionik dalam UAV untuk keperluan terbang *autonomous* juga memerlukan sensor penentuan posisi ini untuk keperluan navigasi wahana. Pada umumnya digunakan tipe GPS navigasi dengan mode survei penentuan posisi absolut. Penentuan posisi absolut umumnya memiliki akurasi < 10 meter. Nilai akurasi tersebut tidak cukup baik untuk keperluan data posisi eksposur kamera.

Saat ini tersedia di pasaran sejumlah GPS modul yang mampu merekam *raw* data fasa GPS dan *pseudorange*. Fitur ini membuka peluang untuk memanfaatkan mode survei *diferential* GPS (DGPS) dan GPS kinematik menggunakan data fasa yang lebih akurat dari pada penentuan posisi absolut. Makalah ini membahas tentang penggunaan GPS modul mode survei kinematik untuk tujuan penentuan posisi titik eksposur kamera dalam misi UAV. Koneksi data antara posisi titik eksposur dengan rekaman citra foto udara dilakukan berdasarkan data catatan waktu yang sama. Tulisan ini juga menjelaskan arsitektur sistem penentuan posisi yang dikaji. Evaluasi terhadap kualitas hasil penentuan posisi titik eksposur juga dibahas dalam tulisan ini. . Manfaat dari pengujian ini adalah memberikan alternative sistem penentuan posisi titik eksposur foto udara dengam menggunakan teknologi yang relative murah namun dapat memberikan akurasi yang memadai.

Sistem GPS Modul Untuk Penentuan Posisi Titik Eksposur

Saat ini banyak tersedia sejumlah sensor penentuan posisi yang digunakan untuk keperluan navigasi wahana UAV di pasaran. Umumnya berbentuk GPS modul berukuran kecil (< 7cm) dengan mode penentuan posisi absolut *single frequency L1*. Beberapa GPS modul telah memiliki fitur untuk merekam data fasa GPS. Gambar 1 menunjukan contoh modul yang digunakan pada penelitian ini.



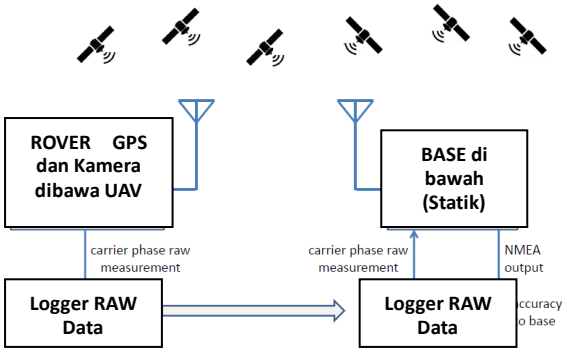
GPS Modul Skytraq NS-RAW



GPS Modul engine UBLOX Lea-6T

Gambar 1. Contoh GPS modul yang mampu merekam data fasa GPS Single Frequency L1.

Pada penelitian ini GPS modul dilengkapi dengan modul data log untuk tempat penyimpanan data pada media micro SD-card. Jadi GPS modul digunakan sebagai *logger raw* data fasa GPS yang selanjutnya akan diproses (*post-processing*) dalam berbagai mode yaitu: (1) Single (absolut) positioning; dan (2) GPS kinematik. Penentuan posisi absolut dan DGPS menggunakan data *pseudorange* sedangkan GPS kinematic menggunakan data fasa. Arsitektur dari penggunaan GPS modul saat bekerja dilapangan dapat dilihat pada Gambar 2.





Gambar 2. Arsitektur sistem bekerja akuisisi data.

Penjelasan cara kerja sistem pada proses akuisisi data pada Gambar 2 adalah sebagai berikut:

1. Wahana udara UAV membawa sensor GPS modul sebagai GPS data *logger* yang merekam *RAW data GPS* (Pseudorange, Carrier Phase, Doppler) pada media micro USB dengan interval perekaman 1 detik. Data dari GPS modul ini sebagai data *rover* nantinya. Data log hasil rekaman biasanya dalam format data *binary* yang sesuai dengan merek dan *prosessor* yang digunakan oleh GPS modul. Dalam kasus ini digunakan tipe modul dari skytraq.
2. GPS modul kedua dipasang di darat pada lokasi dekat *Ground Control Station* (GCS) tempat pengendali sistem UAV. GPS modul dipasang secara static untuk merekam data (*logger*) RAW data GPS dengan interval perekaman 1 detik. Data dari GPS modul ini menjadi base point nantinya. Waktu perekaman data log antara GPS di wahana UAV dan di darat harus sama agar dapat dilakukan pemrosesan diferensial nantinya.
3. Sebelum terbang, dilakukan proses perekaman data GPS selama 5 menit untuk keperluan inisiasi pada mode survei GPS kinematik. Sistem jam pada kamera juga disamakan dengan sistem jam GPS. Pada jenis kamera yang memiliki sensor GPS sudah bisa dilakukan secara otomatis.
4. Selama proses pemotretan udara dengan wahana UAV berlangsung, posisi GPS modul yang berada di darat sebagai *base point* tidak boleh bergeser.

Penentuan posisi titik eksposur dilakukan dengan proses *geotagging* posisi berdasarkan sinkronisasi waktu perekaman data. Interval waktu perekaman data GPS adalah setiap 1 detik, sedangkan interval waktu perekaman foto udara (*shutter interval*) 3-4 detik. Proses *geotagging* dilakukan untuk menuliskan informasi posisi titik eksposur ke dalam *exif file* setiap *frame* foto udara. Proses ini memerlukan data *tracking* GPS sebagai data masukkan yang berisikan informasi waktu dan posisi titik. Pada catatan waktu

yang sama, maka data frame foto udara di koneksikan dengan data posisi titik *tracking* GPS. Data *tracking* GPS sendiri diperoleh dari hasil pengolahan (*post-processing*) pada log data RAW GPS yang telah di rekam sebelumnya.

Pemrosesan Data GPS Modul Pada Kasus Pemotretan Dengan UAV

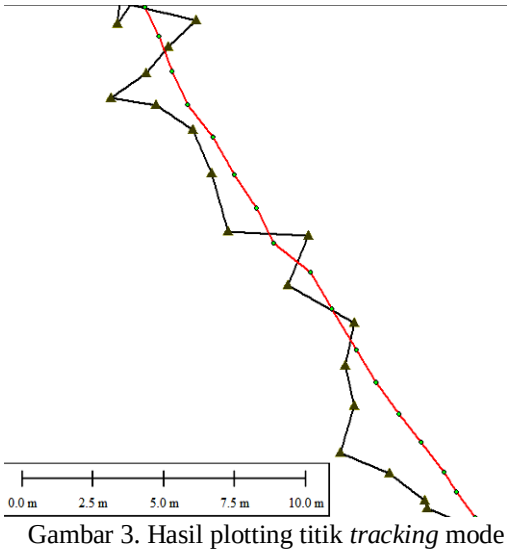
Pengujian penggunaan GPS modul dilakukan bersamaan dengan misi pemotretan udara di lokasi Ciberang dan Cidurian kabupaten Bogor. GPS modul di lokasi titik acuan (lokasi GCS) berada pada jarak maksimal 3.5 kilometer dari wahana udara. Prosedur pemrosesan data dilakukan sebagai berikut:

1. Keseluruhan data log *Raw data GPS* baik dari *receiver* di platform UAV dan di titik acuan dikonversi dari format *raw data GPS* modul menjadi data RINEX. Dalam hal ini format raw data skytraq ataupun ublox tergantung pada modul yang digunakan. Proses konversi menggunakan program dari RTKLIB (*Free open source software*).
2. Posisi titik acuan dihitung terlebih dahulu dengan mode survei GPS statik. Data log dari GPS modul di lokasi titik acuan (*base point*) digunakan untuk menentukan lokasi titik acuan. Proses penentuan posisi titik acuan dilakukan dengan pemrosesan survei statik. Sebagai titik referensi digunakan stasiun IGS BAKO yang berlokasi di Cibinong (kantor BIG) dan berjarak 46 km dari lokasi *base point*. Pada umumnya prosedur ini memberikan akurasi penentuan posisi < 10 cm dengan data frekuensi tunggal L1. Nilai kesalahan < 10cm sudah mencukupi untuk keperluan pemotretan udara yang biasanya memiliki nilai *Ground Sampling Distance* (GSD) 10cm. Pada kasus percobaan ini diperoleh nilai kesalahan komponen posisi X, Y, dan Z berturut-turut 0.91m, 0.92m, 0.92m dari lama data pengamatan 2.5 jam.
3. Data log dari GPS modul di wahana UAV diproses untuk menghasilkan posisi titik *tracking* GPS dalam format data NMEA. Setiap titik *tracking* GPS terekam dalam interval 1 detik. Program RTKLIB dapat digunakan untuk pemrosesan data dalam pilihan mode pemrosesan *single (absolut) positioning*, DPGS, dan Kinematik. Sebagai data titik acuan adalah hasil perhitungan posisi pada lokasi titik acuan. Koordinat *fixed* dari titik acuan sudah diperolah dari perhitungan sebelumnya. Dalam jarak terbang wahana udara dengan titik acuan < 5 km, pada umumnya dapat diperoleh akurasi untuk penentuan posisi mode DGPS < 1.5m, sedangkan pada mode kinematik < 1m.
4. Hasil pemrosesan data log dari wahana UAV tersimpan dalam format data NMEA yang berisikan informasi waktu dan posisi *tracking* GPS. Data waktu selanjutnya digunakan dalam proses *geotagging* foto udara. Proses *geotagging* menggunakan program Geosetter yang dapat di download secara bebas dari situs Geosetter di http://www.geosetter.de/en/download/. Proses *Geotagging* menghasilkan berkas data foto udara yang memiliki nilai koordinat dan tersimpan dalam format *exif file*.

Hasil dan Pembahasan

Percobaan dilakukan untuk membandingkan hasil akurasi penentuan posisi mode absolut *single positioning*, dan kinematik hasil dari *post processing* menggunakan program RTKLIB. Perbandingan akurasi diperoleh dengan melihat secara visual hasil *plotting* dari data *tracking* GPS hasil pemotretan dan laporan nilai kesalahan dari proses perataan *bundle* hasil pengolahan foto udara. Hasil kajian tersebut adalah sebagai berikut:

1. Hasil *post-processing* mode kinematik menggunakan program RTKLIB menunjukkan hanya 16% data posisi yang memenuhi solusi *ambiguity fix solution* dan sisanya 84% data merupakan *float solution*. Hal ini menunjukkan bahwa kualitas data yang direkam masih banyak *noise*. Walaupun sebenarnya posisi pengamatan bebas dari efek obstruksi sebab berada di udara. Salah satu faktor penyebabnya adalah kualitas antenna GPS yang tidak baik atau penempatan antenna GPS yang berada di dalam badan Wahana UAV. Hasil *plotting* titik tracking GPS dapat dilihat pada gambar 3. Gambar titik-titik adalah *plotting* lokasi titik *tracking* GPS dalam interval waktu perekaman setiap 1 detik.



Gambar 3. Hasil plotting titik *tracking* mode kinematik vs mode absolut (segitiga hitam)

Secara visual terlihat adanya perbedaan hasil penentuan posisi *single absolut positioning* dibandingkan mode kinematik. Hasil mode kinematik jauh lebih stabil dengan variasi penyimpangan posisi yang lebih kecil (< 1.5m). Kenampakan variasi jarak dan posisi antar titik dalam selang interval perekaman 1 detik juga terlihat bahwa mode kinematik lebih stabil.

2. Kajian akurasi juga dilakukan dengan melihat hasil proses hitungan perataan *Bundle* yang menggunakan data posisi titik eksposur sebagai titik kontrol hitungan. Tabel 1 menunjukkan nilai kesalahan hitung perataan *bundle* dengan menggunakan koordinat titik eksposur sebagai titik kontrol.

Tabel 1. Nilai kesalahan hitung (*rms error*) pada hasil perataan bundle menggunakan data *Single* Absolut vs. Kinematik

Mode pemrosesan data posisi	**X (m)**	**Y (m)**	**Z (m)**
Single Absolut	5.543	6.687	9.674
Kinematik *Post Processing*	0.255	0.298	0.693

Secara umum hasil perataan *bundle* menggunakan titik kontrol dari mode kinematik dapat meningkatkan hasil hitungan sampai 10 kali lebih baik. Akurasi yang dihasilkan dapat mencapai nilai kesalahan hanya sub-meter. Pada aplikasi untuk keperluan Sistem informasi geografis, kesalahan sub-meter masih dapat diterima. Tetapi pada aplikasi survei yang lebih teliti masih diperlukan keberadaan titik kontrol tanah tambahan yang tersebar merata di lokasi pemotretan.

Nilai koordinat yang dihasilkan adalah relatif terhadap koordinat titik acuan. Artinya datum dan sistem koordinat dari sistem ini tergantung dari datum yang digunakan oleh titik acuan. Sebab mode GPS kinematik mengacu pada koordinat *base point* yang dianggap sudah *fixed*.

Kesimpulan dan Saran

Tulisan ini menjelaskan potensi penggunaan GPS modul yang dapat dibawa wahana UAV untuk mendukung misi pemotretan udara. GPS modul yang dapat merekam data (logger) raw data fasa GPS dapat diproses lanjut untuk menghasilkan kualitas hasil mode GPS kinematik. Akurasi posisi tracking GPS menggunakan mode GPS kinematik dapat mencapai sub-meter, sedangkan akurasi mode single absolut masih < 10m. Di masa mendatang perlu diuji penggunaaan stasiun CORS terdekat dalam radius < 20km untuk menjadi titik acuan (*base point*). Keberadaan sejumlah stasiun CORS sebagai *Base-point* akan sangat membantu berjalannya sistem GPS modul untuk penentuan posisi eksposur.

Daftar Pustaka

Eisenbeiss, H., 2008. The Autonomous Mini Helicopter: A powerful Platform for Mobile Mapping. ISPRS Congress, Beijing, China, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. XXXVII. Part B1: 977 - 983.

Grenzdörffer, G.J., A. Engelb, B. Teichertc, 2008, THE PHOTOGRAMMETRIC POTENTIAL OF LOW-COST UAVs IN FORESTRY AND AGRICULTURE, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing 2008.

Niethammer, U., S. Rothmund , M. R. James , J. Travelletti , M. Joswig , 2010, UAV-BASED REMOTE SENSING OF LANDSLIDES, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII, Part 5, Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK. 2010

Rokhmana, C.A., 2008, Some Notes on Using Balloon Photography For Modeling The Landslide Area, Proceeding Map Asia 2008, Kuala Lumpur.

Rokhmana, C.A., 2009, THE POTENTIAL APPLICATIONS OF BALLOON PHOTOGRAMMETRY FOR CADASTRE MAPPING, Proceeding SEASC, Bali

Pengukuran Laju Sedimentasi Waduk Sermo Berdasarkan Analisa Data Pengukuran Batimetri, Kandungan Tanah dalam Air Sungai, serta Analisa Sedimen Dasar Waduk

Bambang K. Cahyono[a], Agus D. Adhi[b], Prijono Nugroho[a], Sumarno[c], Yulaikhah[a], Nurrohmat Widjajanti[a], Waljiyanto[a], Muhammad I. Taftazani[d]

[a,] Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Unversitas Gadjah Mada (bambangkun@ugm.ac.id, prinug@gmail.com, yulaikhah@ugm.ac.id, n.widjajanti@gmail.com, jinto@ugm.ac.id)

[b,] Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Unversitas Gadjah Mada (adadhi2@yahoo.com)

[c,] Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak, Kementrian Pekerjaan Umum RI (sumarno2001@gmail.com)

[d.] Departemen Teknologi Kebumian, Fakultas Sekolah Vokasi Universitas Gadjah Mada (iqbaltaftazani@gmail.com)

ABSTRACT

Sedimentation is one of the factors that influences the usability time and service period of a dam. If the sedimentation which is happened in a dam is faster, it causes the effectiveness of the usability period of the dam being shorter. Based on the previous facts, therefore sedimentation observation in a dam is important to be carried out. There are several methods that can be used to evaluate the sedimentation which was happened in a dam: by analyzing composition of the sand/mud in inflow water towards the dam; evaluating multi-years batimetric data which was measured periodically; and analizing the composition of sedimentation on the bed of the dam. The evaluation of changes in the water volume of the dam was calculated based on both bathymetric data, and data from samples of the water of rivers which was flow into the dam, measured in 2015 and 2016. Measurement of debit of the inlet and outlet water was conducted everyday, therefore can be used to calculate total of water flows into the dam, and to estimate the sedimentation in the dam as well. Based on the calculation results, rate of the sedimentation during 2015 to 2016 is 229634.850 m^3 (based on bathymetric data) and 239.259,298 m^3 (bsed on debit of water).

Keywords: sedimentation velocity, bathymetry, Digital Terrain Model, sediment analysis

1. Pendahuluan

A. Latar Belakang

Sedimentasi merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi usia pakai dan layannan dari suatu bendungan atau waduk. Sebagaimana kita ketahui waduk atau bendungan dibangun untuk berbagai tujuan disamping tujuan utamanya yaitu untuk menampung air. Sedimentasi pasti selalu terjadi di setiap waduk, akan tetapi apakah kecepatan sedimentasi yang terjadi tersebut sesuai dengan rencana awal pembangunan waduk, ataukah tidak.

Keberadaan sedimentasi pada suatu waduk perlu untuk dimonitor secara berkala dan kontinyu. Hal ini sangatlah penting untuk dilakukan, agar bisa dilakukan beberapa tindakan dalam rangka menghambat laju sedimentasi yang terjadi, sehingga bisa memperpanjang usia efektif waduk. Metode yang bisa digunakan dalam rangka monitoring sedimentasi waduk ada beberapa, diantaranya dengan cara pengukuran batimetri di seluruh area waduk yang dilakukan secara berkala. Disamping itu perhitungan kandungan tanah dalam air yang mengalir masuk ke dalam waduk juga bisa digunakan untuk mengestimasi seberapa banyak sedimentasi yang terjadi di dalam waduk.

Kedua metode monitoring tersebut merupakan metode yang paling sering digunakan dalam perhitungan sedimentasi dan daya tampung waduk. Paper ini mencoba untuk menghitung laju sedimentasi yang terjadi di dalam waduk dengan menggunakan kedua metode tersebut. Kepadatan sedimentasi diukur dengan cara melakukan analisa terhadap sampel sedimen yang diambil di dasar waduk.

Penelitian ini dilakukan di Waduk Sermo, yang terletak di Desa Hargowilis Kecamatan Kokap Kabupaten Kulon Progo DI. Yogyakarta.

Berdasarkan informasi yang ada, waduk ini mulai dioperasikan sejak tahun 1996 dan direncakana memiliki umur pelayanan bendungan sampai dengan usia 50 tahun, dan mampu menampung volume air waduk sebesar 25 juta m3 pada elevasi maksimum nya (136.6 meter), (Kironoto, 2004).

Beberapa batasan dalam penelitian ini adalah pemodelan DTM dasar waduk dilakukan berdasarkan data hasil pengukuran batimetri yang dilakukan pada tahun 2015 dan tahun 2016. DTM tersebut selanjutnya akan digunakan untuk menghitung volume tampungan air di Waduk pada tahun pengukuran. Diasumsikan perubahan volume tampungan air waduk yang terjadi diakibatkan karena adanya sedimentasi yang terjadi pada waduk tersebut. Pengukuran debit air (*inflow*) juga dilakukan setiap hari di sepanjang interval kedua pengukuran batimetri tersebut. Perhitungan sedimen dalam sampel air diambil dari beberapa sungai yang masuk ke dalam waduk, yang pengambilannya dilakukan pada saat perubahan musim kemarau ke musim penghujan tahun 2016. Diasumsikan pengukuran sample air ini bisa mewakili kondisi rata-rata sedimen yang terkandung dalam air sungai. Kepadatan sedimentasi yang terjadi di dasar waduk diasumsikan sama dengan kepadatan sampel dasar waduk yang diambil pada saat survei tahun 2016. Besarnya sedimentasi yang terjadi diasumsikan hanya dipengaruhi oleh *inflow dan outflow water*.

B. Tinjauan Pustaka

Penelitian menganai analisa sedimentasi dan monitoring sedimentasi waduk telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, diantaranya:

Vericata dan Batalla (2006) telah melakukan evaluasi sedimentasi pada upstream dan downstream aliran sungai Ebro (bagian bawah) yang melewati bendungan Mequinenza and Riba-roja. Pengukuran sedimentasi dilakukan dengan mengambil sampel air di area upstream dan downstream dan selanjutnya diuji laboratorium untuk mengetahui sedimennya. Berdasarkan hasil penelitian tersebut bisa diketahui jumlah sedimen yang masuk, keluar, dan sedimen yang mengendap di dasar bendungan.

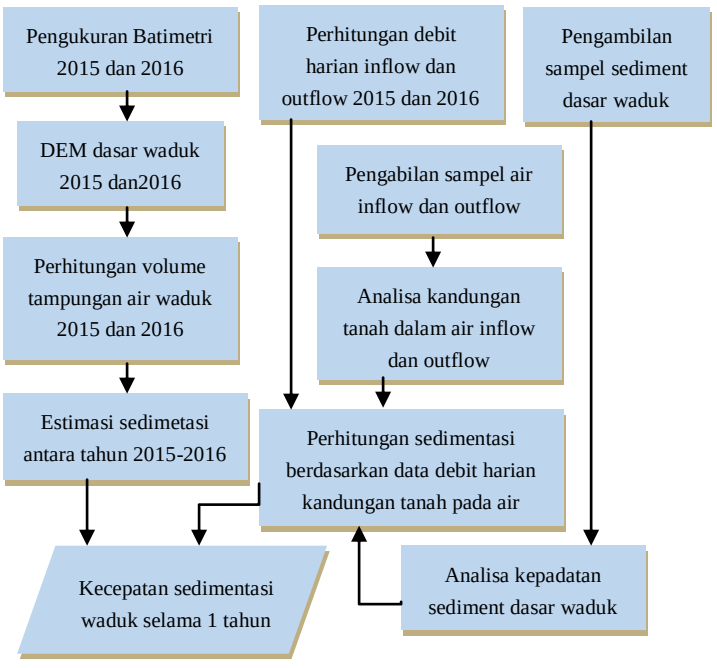
Cahyono dan Parseno (2009) dalam penelitiannya telah melakukan evaluasi banyaknya sedimentasi yang terjadi dan pola persebaran sedimentasi yang terjadi di dalam Waduk Sermo dengan cara analisa spasial berdasarkan data DEM 2 tahun pengukuran yang mengacu pada hasil pengukuran batimetri. Dari hasil penelitian tersebut diperoleh bahwa dalam kurun waktu antara satu tahun pengamatan terjadi pendangkalan di dasar waduk dan kondisinya tersebar pada dasar waduk. Namun data tersebut tidak diverifikasi dengan metode lainnya.

Ilyas (2002) telah melakukan perhitungan laju sedimentasi pada Waduk Saguling yang berada di DAS Citarum. Perhitungan sedimentasi yang dilakukan mengukuti metode "Perhitungan Empirik Reduksi Luas", yaitu perhitungan didasarkan atas perhitungan perubahan luas dan volume tampungan air. Adanya selisih luas dan volume tampungan air waduk menunjukkan adanya sedimentasi yang terjadi, sehingga bisa diprediksi kapan waduk akan terisi penuh oleh sedimen.

Wulandari (2007) melakukan perhitungan data sedimentasi pada Waduk Merica berdasarkan data pengukuran batimetri dan perhitungan kecepatan erosi pada DAS Serayu dan DAS Merawu menggunakan formula USLE. Dan dalam penelitian tersebut disajikan pula jenis sedimen yang ada dan persebarannya di dasar waduk. Berdasarkan data perhitungan yang ada diketahui pada tahun 2007 tersebut (waduk dioperasikan sejak 1988) kondisi waduk sudah 49.91% terisi sedimentasi.

Dari pekerjaan sejenis yang telah dilakukan tersebut bisa diketahui bahwa secara umum pengukuran sedimentasi pada bendungan bisa menjadi dasar perhitungan volume sedimen pada waduk. Demikian juga perhitungan kandungan sedimen dalam air sungai yang masuk dan keluar waduk bisa digunakan untuk menghitung volume sedimen pada waduk. Berdasarkan data tersebut selanjutnya bisa diketahui persebaran sedimentasi yang ada di dasar waduk, dan diprediksi usia pelayanan waduk.

2. Metodologi



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan penelitian

A. Pengukuran Batimetri

Pengukuran batimetri dilakukan dalam 2 waktu, yaitu pada bulan Mei 2015 dan Mei 2016. Pengukuran batimetri tersebut dilakukan dengan menggunaan alat *single beam echosounder* tipe Odom Hydrotract II dengan penentuan posisi horisontalnya menggunakan GPS Javad dengan metode Real Time Kinematic yang koreksi posisinya dikirimkan menggunakan gelombang radio UHF. Gambaran kegiatan pengukuran kedalaman disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambaran pengukuran kedalaman dalam survei batimetri waduk Sermo

Dikarenakan luasnya waduk dan rapatnya lajur pengukuran, maka pengukuran di setiap tahun tidak bisa dilakukan pada satu hari saja, akan tetapi masing-masing dilakukan dalam 3 hari. Dalam 3 hari tersebut di tahun 2016 pengukuran dilakukan pada elevasi air yang sama (karena kondisi air sedang limpas). Sedangkan pada tahun 2015 ketiga hari tersebut dilakukan pada elevasi yang berbeda-beda.

Pada setiap hari pengukuran, dilakukan pengamatan tinggi muka air dan pengukuran barcheck di awal dan akhir pengukuran. Data barcheck ini digunakan untuk koreksi kedalaman akibat perambatan gelombang suara pada media air. Sedangkan elevasi air digunakan untuk koreksi kedalaman terhadap bidang reverensi (*chart datum*). Gambaran kegiatan pengukuran barcheck disajikan pada gambar 3.



Gambar 3. Kegiatan pengukuran barcheck di awal dan akhir kegiatan survei batimetri

Untuk mengetahui kualitas data hasil pengukuran batimetri, dilakukan juga perhitungan kontrol kualitas. Perhitungan kontrol kualitas data kedalaman tersebut merujuk pada SNI 7646:2010. Perhitungan kedalaman didadasarkan atas kedalaman lajur utama akan dibandingkan dengan kedalaman lajur silang pada posisi yang sama (di titik perpotongan). Idealnya di titik tersebut memilkiki kedalaman yang sama, apabila tidak sama makan akan dihitung secara statistik apakah 1.96 (harga z tabel dengan tingkat kepercayaan 95%) jika dikalikan dengan standar deviasi dari selisih kedalaman tersebut seharusnya di bawah angka yang ditetapkan. Pengukuran di waduk Sermo ini mengikuti orde 1-b SNI 7646:2010.

B. Pembentukan DTM dan perhitungan volume air waduk

Pembentukan Digital Terrain Model dilakukan berdasarkan data permukaan dasar waduk hasil pengukuran batimetri. Dikarenakan pengukuran dilakukan di 2 tempo waktu, maka DTM yang didapatkan juga ada 2, yaitu pada kondisi DTM dasar waduk di bulan Mei 2015 dan Mei 2016.

Penurunan DTM ini dilakukan dengan menggunakan metode (Triangular Irregular Networks) TIN. Metode TIN ini berupa jaring segitiga yang tersusun dari bidang-bidang planar dalam ruang 3 dimensi (3D), dengan cara menghubungkan 3 buah titik 3D yang berdekatan. Kriteria untuk mencari titik terdekat dilakukan dengan metode *delaunay triangulation*. Metode ini dadasarkan dengan pembentukan sebuah lingkaran luar yang pada lingkaran tersebut hanya terdapat 3 buah titik saja.

Setelah didapatkan DTM kedua waktu tersebut, maka volume air yang tertampung di waduk bisa dihitung. Perhitungan volume air waduk untuk DTM tahun 2015 dan 2016 menggunakan elevasi muka air yang sama. Dikarenaan pada tahun 2016 ketiga hari pengukuran tinggi air adalah 136,6 m dan elevasi air di pengukuran 2015 terendah adalah 131,4 m, maka penentuan volume air tampungan waduk dihitung dari elevasi 130 m.

C. Perhitungan kandungan tanah dalam air yang masuk dan keluar waduk



Gambar 4. Pengambilan sampel air sungai (inflow) dan irigasi (outflow)

Pengambilan sampel air dilaksanakan pada saat terjadi hujan dan tidak sedang hujan di musim penghujan, yaitu tanggal 5 Februari 2016 (saat hujan) dan pada tanggal 30 Maret 2016 (saat tidak hujan) di empat sungai sebagai inlet yaitu Sungai Ngrancah, Sungai Gelo, Sungai Lurung/Kedung Cawilan dan Sungai Bengkok serta satu lokasi outlet, pada saluran

irigasi yang keluar dari waduk. Pengambilan samper air sungai (inflow) dan saluran irigasi (outflow) disajikan pada gambar 4.

Analisis tersebut dilakukan di laboratorium struktur Teknik Sipil UGM. Perhitungan kandungan sedimen air sungai yang masuk ke Waduk Sermo dimaksudkan untuk mengetahui jumlah tanah (padatan) yang masuk dan keluar waduk. Pada dasarnya, pengujian mengikuti ketentuan di SNI 06-6989.3-2004 tentang Air dan air limbah, Bagian 3: Cara uji padatan tersuspensi total (Total Suspended Solid, TSS) secara gravimetri. Prinsip pengujian adalah menyaring larutan air dan lumpur dengan volume tertentu, menggunakan kertas saring kering yang telah diketahui berat/massanya. Padatan yang tertahan pada kertas saring dikeringkan dalam oven dengan suhu konstan sekitar 105oC selama sekitar 24 jam. Kertas saring dan padatan kering selanjutnya ditimbang. Kenaikan berat/massa dari kertas saring merupakan berat padatan yang terbawa dalam air sungai.

D. Perhitungan kepadatan sedimentasi dasar waduk

Perhitungan kepadatan sedimentasi dasar sungai prinsipnya sama dengan perhitungan sedimentasi yang terlarut di air sungai dan di saluran irigasi sebagaimana yang diuraikan sub-bab sebelumnya. Perhitungan ini diharapkan bisa mengetahui seberapa kekentalan sediment dasar waduk, sehingga bisa dihitung secara lebih meyakinkan berapa volume sedimen yang ada di dalam waduk. Gambaran pengambilan sampel dasar waduk dan hasilnya disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pengambilan sampel dasar waduk Sermo

E. Perhitungan kecepatan sedimentasi waduk

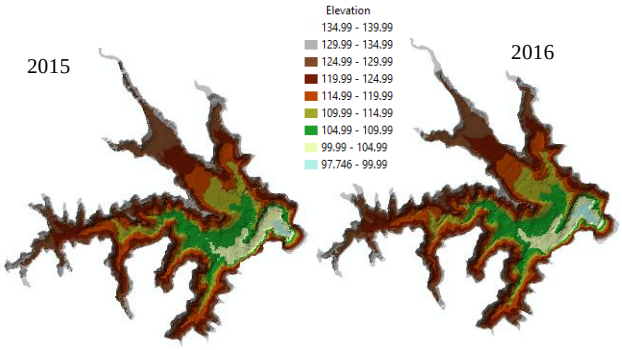
Perhitungan kecepatan sedimentasi pada penilitian ini dilakukan berdasaarkan data batimetri dan data kandungan tanah yang larut dalam air sungai. Perhitungan hanya dilakukan diantara bulan Mei 2015 dan Mei 2016. Alasannya adalah data batimetri yang ada, dilakukan pada bulan tersebut. Adapun pengukuran sampel air masuk dan keluar waduk, serta pengukuran kepadatan sedimen dilakukan diantara kedua waktu tersebut.

Perhitungan sedimentasi berdasarkan data batimetri dilakukan dengan menyelisihkan volume air waduk pada DTM tahun 2015 terhadap volume air waduk pada DTM tahun 2016 dengan elevasi air yang sama. Karena data batimetri kedua DTM tersebut sudah pada sistem yang sama maka bisa diasumsikan selisih volume air yang terjadi diakibatkan oleh adanya sedimen yang menyebar di dasar waduk.

3. Hasil dan Pembahasan

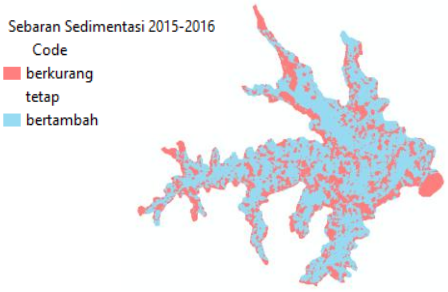
A. DTM Hasil Pengukuran Batimetri

Dikarenakan pengukuran posisi titik pemeruman menggunakan metode Real Time Kinematik (RTK-GNSSS), hasil pengukuran batimetri berupa daftar koordinat titik-titik pemeruman beserta kedalamannya. Koordinat ini sudah dalam sistem proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM) Zona 49-S. Data kedalaman yang dihasilkan selanjutnya harus dikoreksikan terhadap data barcheck dan draft transducer untuk mendapatkan data kedalaman yang benar. Selanjutnya data kedalaman terkoreksi itu direduksi sehingga menjadi data tinggi dasar waduk, untuk diturunkan menjaadi DTM. DTM dasar waduk disajikan oleh gambar 6.



Gambar 6. DTM tahun 2015 dan DTM tahun 2016

Sebaran sedimentasi pada dasar waduk Sermo juga bisa dilakukan analisis spasial berdasarkan DTM tahun 2015 dan 2016. Sebagaimana gambar yang ditunjukkan oleh Gambar 7, bisa diketahui bahwa ada daerah yang berkurang sedimentasinya seperti yang ditunjukkan warna **merah**. Sedangkan daerah yang diberi warna **biru**, merupakan sedimen yang bertambah di dasar waduk.



Gambar 7. Sebaran sedimentasi yang terjadi di dasar waduk Sermo.

B. Kandungan sedimen dalam air masuk dan keluar waduk

Uji laboratorium dilakukan untuk mengetahui secara lebih teliti kandungan tanah dalam air sampel sungai-sungai yang masuk ke dalam waduk. Berdasarkan sampel air yang diambil dari Sungai Ngrancah, Sungai Gelo, Sungai Lurung/Kedung Cawilan dan Sungai Bengkok, serta dari sampel air di saluran irigasi (outlet) keluar dari waduk didapatkan data sebagaimana tersaji pada Tabel 1:

Tabel 1. Data uji laboratorium sampel air inlet dan outlet waduk sermo

No	Lokasi	Kandungan Sedimen	
		g/lt	g/m3
1	S. Ngrancah (aliran menguri)	0.258	258.06
2	S. Ngrancah (aliran plaosan)	0.263	263.16
3	Sungai Gelo	0.393	393.44
4	S. Ngrancah (dekat bendungan)	0.377	377.36
5	sungai lurung/kedung cawilan	0.319	319.33
6	sungai bengkok	0.287	287.03
	Rata-rata tanah yang masuk	0.316	316.40
7	Saluran irigasi	0.053	13.29

Berdasarkan data kandungan sedimen tersebut, dan data debit harian air yang masuk ke dalam Waduk Sermo bisa dihitung berapa banyak tanah yang masuk ke dalam waduk (disajikan pada Tabel 2)

Tabel 2. Data debit air sungai dan banyak nya tanah yang masuk ke dalam Waduk Sermo.

Tahun / Bulan	2015 ke 2016	
	Debit bulanan (m^3/dt)	Sedimen (ton)
May 15	4,820715	4.085,247
Jun 15	0,926011	759,420
Jul 15	0,138259	117,166
Aug 15	0,016264	13,783
Sep 15	0,031779	26,062
Oct 15	0,031937	27,065
Nov 15	0,145587	119,396
Dec 15	0,343913	291,445
Jan 16	1,672618	1.417,436
Feb 16	0,914100	699,676
Mar 16	2,134777	1.809,086
Apr 16	1,050436	861,462
May 16	1,770872	1.500,700
Sedimen/Thn (Ton)=		11.727,942

Berdasarkan Tabel 2 tersebut, dapat diperkirakan tanah yang masuk ke dalam Waduk Sermo selama interval pengukuran batimetri 2015 ke 2016 yaitu sebanyak **11.728,942 Ton** tanah.

C. Volume sedimentasi dasar waduk

Berdasarkan data yang disajikan pada tabel 2, maka banyaknya tanah yang larut pada air sungai dan masuk ke dalam waduk selanjutnya bisa dikonversi menjadi satuan meter kubik (m^3) untuk diketahui berapa besar volumenya.

Konversi volume tersebut dadasarkan pada data berat jenis suspensi sedimen yang ada di dasar waduk. Berdasarkan data hasil analisa sampel sedimentasi dasar waduk yang diambil saat pengukuran, didapatkan berat jenis suspensi sedimen sebesar **1,03 ton/m^3**. Sehingga dapat diperkirakan volume sedimentasi yang terjadi di dalam Waduk Sermo selama tahun 2015 ke 2016 sebanyak **246.142,009 m^3**.

Sebagaimana diketahui, air waduk juga digunakan untuk irigasi dan keperluan lainnya. Pengambilan sampel air pada outlet juga dilakukan, dan air tersebut juga dianalisa untuk mengetahui kandungan tanah dalam air tersebut. Berdasarkan hasil uji laboratorium didapatkan data sebagai mana disajikan pada Tabel 3:

Tabel 3. Perhitungan sedimen yang keluar waduk

Rata-rata debit	0,756 m^3/dtk
Jumlah hari	378 hari
Kandungan tanah	13,285 gr/m^3
Sedimen/Thn (Ton)	327,940 ton
Sedimen (m^3) dengan BJ suspensi 1,03 ton/m^3	6.882,711 m^3

Sebagaimana data yang tersaji pada Tabel 3 tersebut diketahui terdapat sebanyak **6.883,711 m^3** tanah yang keluar dari waduk bersama dengan air irigasi. Tanah yang larut tersebut akan mengurangi sedimen yang ada di dasar waduk. Sehinga bisa dikatakan sedimentasi yang terjadi di dasar waduk adalah total tanah yang masuk ke dalam waduk dikurangi dengan tanah yang keluar bersama dengan air irigasi tersebut, yaitu sebesar **239.259,298 m^3**.

Adapun dari metode lainnya, yaitu penurunan volume berdasarkan DTM yang didapatkan dari hasil pemetaan batimetri, didapatkan volume air waduk pada DTM tahun 2015 adalah 20.878.149,966 m^3, sedangkan volume waduk di DTM tahun 2016 adalah 20.648.515,116 m^3. Dari kedua data tersebut, didapatkan selisih kedua volume air waduk di tahun 2015 dan 2016 sebanyak **229.634,850 m^3**. Volume tersebut merupakan sedimen yang terjadi di dasar waduk Sermo.

Apabila dibandingkan data hasil perhitungan volume sedimentasi berdasarkan analisis tanah yang terkandung dalam air waduk sebesar 239.259,298 m^3, dan volume sedimentasi berdasarkan hasil pengukuran batimetri (DTM) sebesar 229.643,850 m^3,

terdapat perbedaan sekitar 10.000 m3 diantara data keduanya. Hal ini bisa jadi diakibatkan pengambilan sampel air yang hanya dua kali saja, sehingga kurang mencerminkan kondisi sedimentasi yang larut dalam air waduk Sermo.

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan data hasil pengukuran batimetri tahun 2015, dan 2016 diketahui terjadi perubahan volume air Waduk Sermo, yang menunjukan adanya pendangkalan oleh sedimentasi. Besarnya kecepatan sedimentasi yang terjadi pada tahun 2015 sampai 2016 berdasarkan data pengukuran batimetri sebesar 229634.850 m3. Pengukuran volume dengan cara yang lain juga dilakukan dengan menganalisis kandungan tanah dalam air yang masuk dan keluar Waduk Sermo. Selanjutnya data kandungan tanah tersebut digabungkan dengan data debit harian inflow dan outflow waduk sermo, sehingga bisa didapatkan total volume selama interval waktu pengukuran batimetri yang dilakukan tahun 2015 dan 2016. Volume sedimentasi hasil perhitungan ini sebesar 239259.298 m3. Memang terdapat selisih sekitar sepuluh ribu meter kubik, bisa jadi hal ini diakibatkan pengukuran yang dilakukan hanya pada musim penghujan dan peralihan musim penghujan ke kemarau, sedangkan kondisi air sungai di musim kemarau sendiri belum didapatkan

5. Ucapan Terimakasih

Terimakasih penulis ucapkan untuk Universitas Gadjah Mada yang telah memberikan dana dan kesempatan, serta kepada Departemen Teknik Geodesi FT-UGM yang telah memberikan ijin dan fasilitasnya kepada penulis sehingga penelitian ini bisa berjalan dengan lancar. Tak lupa terimakasih juga kami sampaikan kepada Kepala Balai Besar Wilayah Sungai Serayu-Opak selaku pengelola Waduk Sermo yang telah memberikan suppport penuh baik data maupun peralatan sehingga pelaksanaan penelitian dan paper ini bisa terselesaikan. Untuk semua rekan Dosen Tim Waduk Sermo dan para asisten yang membantu terimakasih untuk semua dukungan dan kerjasamanya. Dan kepada Panitia CGISE dan FIT-ISI 2016 terimakasih untuk kesempatanya.

6. Daftar Pustaka

BSN, (2010), *Standarisasi Nasional Indonesia nomor 7646 tahun 2010 tentang Pengukuran Batimetri menggunakan Singlebeam Echosounder*, Badan Standarisasi Nasional

Cahyono, B.K., Parseno, dan Basith, A., (2009), *Pemantauan Perubahan Kedalaman dan Persebaran Sedimentasi Bendungan Berdasarkan Data Pengukuran Batimetri (Studi kasus: Waduk Sermo, Kec. Kokap Kab. Kulonprogo – DIY, Prosiding FIT-ISI 2009, Teknik Geodesi Universitas Diponegoro,* http://eprints.undip.ac.id/ 21783/

Ilyas, M.A., (2002) Sedimentasi dan Dampaknya pada DPS Citarum Hulu, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.3, No. 2, Mei 2002 pages 159-164 http://ejurnal.bppt.go.id/index.php/JTL/article/view/221/103

Kironoto, B.A., (2004), *Daerah Tangkapan, Konservasi Tanah dan Ekonomi Pemanfaatan Air*, Modul Kursus Singkat PSDA, Edisi 10/Th. IV/Juni 2004, http://dokumen.tips/documents/daerah-tangkapan.html

Vericata, D., Batalla R.J. (2006), Sediment Transport in a Large Impounded River: The Lower Ebro, NE Iberian Peninsula, Elsevier, Journal of Geomorphology, Volume 79, Issues 1–2, 15 September 2006, pages 72–92.

Wulandari, D.A., (2007), *Penanganan Sedimentasi Waduk Mrica,* Berkala Ilimiah Teknik Keairan, Vol. 13, No.4, Edisi Desember 2007, pages 264-271, http://eprints.undip.ac.id/ 25110/1/06-bu_dyah_264-271%3D_8_hal.pdf Djawahir, F., 2004, *Pedoman Penulisan Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Pembuatan Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 Berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables* di atas *Google Maps*

Aeny Sugianto[a,*],Trias Aditya[b]

[a,*]Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (aenysugianto@gmail.com)
[b]Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM

ABSTRACT

The Ministry of Public Works state that there are 38,431 ha are slum areas in Indonesia, 23,473 ha are located at the big cities, and 11,957 ha are located at the villages. Therefore, the central government organizes the program, so-called 100-0-100 program. The 100-0-100 program is built at the village level. Its aim is to create livable and sustainable neighborhood through initiatives to realize 100% access to water supply, 0% of the slum areas, and 100% access to a good sanitation. At the moment, the implementation of data collection using manual form and the result is represented using text and numeric only. Therefore, we need a system that can support the implementation of 100-0-100 program efficiently and effectively. Interactive mapping activities based on Open Data Kit (ODK) and Fusion Tables can be used to support the implementation of 100-0-100 program. The forms of 100-0-100 program based on ODK is used to collect data in the field. Then, data are saved to ODK Aggregate and then link/publish to the Google Fusion Tables for visualizing the spatial data on top of Google Map API. This applicative undergraduate thesis produces interactive map based on ODK and Fusion Tables that aims to support the implementation of 100-0-100 program. This interactive map presents slum informations in Bener Village for particular and other villages on the flood plain of River Winongo, Yogyakarta. The product of this applicative activities has been tested by some respondents from Facilitator at the village level. The result of the test state that the interactive map based on ODK and Fusion Tables capables to support the implementation of 100-0-100 program efficiently and effectively.

Keywords: permukiman kumuh, program 100-0-100, *Open Data Kit, Google Fusion Tables*

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia memiliki angka perpindahan penduduk dari desa ke kota yang terus menerus meningkat seiring dengan pertumbuhan ekonomi tiap tahunnya. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS) tahun 2013, tingkat urbanisasi nasional mencapai 66,7% pada tahun 2035. Bagi negara berkembang seperti Indonesia, urbanisasi dapat menimbulkan tantangan baru bagi pemerintahan, yaitu terwujudnya permukiman yang berkelanjutan dengan infrastruktur yang layak bagi seluruh rakyat Indonesia. Ketidakmampuan pemerintah dalam pemenuhan permukiman berkelanjutan dengan infrastruktur yang layak khususnya bagi masyarakat miskin, mengakibatkan terciptanya permukiman kumuh.

Menurut Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia, luas permukiman kumuh pada tahun 2014 adalah 38.431 hektar. Permukiman kumuh erat kaitannya dengan masalah kurangnya ketersediaan air bersih dan sanitasi yang buruk. Untuk mengurangi masalah-masalah tersebut diperlukan penyelenggaraan sarana dan prasarana akses air minum yang aman dan bersih. Selain itu, diperlukan juga pengaturan sarana dan prasarana sistem pengelolaan sanitasi yang terpadu, guna menjamin dan meningkatkan kesehatan lingkungan dalam suatu kawasan permukiman.

Keseluruhan upaya perwujudan permukiman yang berkelanjutan dengan infrastruktur yang layak diselenggarakan dalam suatu program yang terpadu oleh Pemerintah Pusat yaitu program 100-0-100. Program Pemerintah 100-0-100 merupakan program yang dibangun pada tingkat desa/kelurahan melalui prakarsa 100% akses ketersediaan air bersih, 0% kawasan permukiman kumuh, dan 100% akses sanitasi yang baik.

Hingga tahun 2016, kegiatan pendataan program 100-0-100 dilakukan secara manual menggunakan formulir kertas dan hasil pendataan program 100-0-100 hanya disajikan dalam bentuk tekstual dan tabel saja. Kegiatan tersebut menjadi kurang efektif dan efisien, serta hasil yang disajikan menjadi kurang informatif. Oleh karena itu, diperlukan suatu

sistem teknologi informasi yang lebih efektif dan efisien guna mendukung kegiatan program 100-0-100 tersebut.
Sistem penunjang berbasis teknologi informasi penunjang kegiatan program 100-0-100 diwujudkan dalam sebuah formulir pendataan terpadu berbasis *Open Data Kit* atau biasa disingkat dengan *ODK*. Formulir program 100-0-100 berbasis *ODK* digunakan dalam kegiatan pendataan survei secara langsung terhadap lokasi-lokasi kawasan sasaran yang bertujuan untuk mengumpulkan data parameter kekumuhan. Kegiatan pengumpulan data dengan formulir berbasis *ODK* menggunakan piranti bergerak. Data yang dikumpulkan dari formulir *ODK* disimpan ke dalam sebuah *server* yang ditautkan pada *Fusion Tables*, kemudian disusun menjadi sebuah peta interaktif berbasis *web*. Informasi yang tersedia dalam *web* ini tidak hanya berupa informasi tekstual saja, namun juga direpresentasikan secara spasial ke dalam suatu peta interaktif. Peta interaktif ini diharapkan dapat digunakan untuk menunjang kegiatan program 100-0-100 secara efektif dan efisien.

Cakupan Kegiatan

Lingkup kegiatan pembuatan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *ODK* dan *Fusion Tables* meliputi hal-hal sebagai berikut:

1) Pembuatan formulir berbasis *Open Data Kit* yang bertujuan untuk mengumpulkan data program 100-0-100 secara langsung di lapangan.

2) Pengumpulan data program 100-0-100 menggunakan formulir berbasis *ODK* menggunakan piranti bergerak guna menguji coba penerapan sistem *ODK*.

3) Penyusunan dan penyimpanan data dari formulir program 100-0-100 berbasis *ODK* ke dalam *Fusion Tables.*

4) Pembuatan dan peluncurkan peta interaktif ke dalam sebuah web yang dapat diakses oleh umum. Peta interaktif berbasis web tersebut menampilkan beberapa menu dan fungsi sebagai berikut:

a) Hasil survei pendataan program 100-0-100 berbasis rumah tangga dan wilayah (RT) menggunakan formulir berbasis *ODK* di Kelurahan Bener, Tegalrejo, Kota Yogyakarta.

b) Tingkat kekumuhan tiap RT pada Kelurahan Bener, Tegalrejo, Kota Yogyakarta.

c) Profil permukiman Kelurahan Bener, Tegalrejo, Kota Yogyakarta.

d) Tingkat kekumuhan dan profil permukiman pada tiap kelurahan di Kota Yogyakarta yang terletak di bantaran Sungai Winongo. Keseluruhan kelurahan tersebut berjumlah 11 kelurahan yang meliputi Bumijo, Bener, Gedongetengen, Pringgokusuman, Patangpuluhan, Kricak, Notoprajan, Ngampilan, Pakuncen, Tegalrejo, dan Wirobrajan.

Tujuan Kegiatan

Tujuan kegiatan aplikatif dengan judul "Pembuatan Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables"* antara lain:

1. Pembuatan formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *Open Data Kit* yang dijalankan oleh piranti bergerak, dan

2. Pembuatan peta interaktif yang dapat menunjang kegiatan program 100-0-100 menggunakan piranti lunak *Open Data Kit* dan *Fusion Tables* yang tersaji secara *online* di atas *Google Maps.*

Manfaat Kegiatan

Manfaat yang didapat dari kegiatan ini yaitu sebagai wahana informasi geografis tentang kondisi parameter kekumuhan tiap-tiap kelurahan pada daerah bantaran Sungai Winongo. Selain itu, peta interkatif ini juga dapat digunakan sebagai acuan pengambilan arah kebijakan yang bertujuan untuk tercapainya keberhasilan program 100-0-100.

Metodologi

Persiapan

Data

Ada dua jenis data yang digunakan dalam pembuatan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *ODK* dan *Fusion Tables* yaitu:
1. Data Primer

Data primer yang digunakan merupakan data hasil kegiatan pengumpulan data kekumuhan menggunakan formulir pendataan program 100-0-100 berbasis sistem *ODK*. Data tersebut meliputi isian formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK*, koordinat posisi objek pendataan (rumah dan pusat wilayah), dan foto objek pendataan (rumah).

2. Data Sekunder

Data sekunder yang diperlukan terdiri atas:

1) Data *shapefile* batas administrasi yang terdiri atas batas RT Kelurahan Bener, Tegalrejo, Yogyakarta dan batas Kelurahan Bumijo, Bener, Gedongetengen, Pringgokusuman, Patangpuluhan, Kricak, Notoprajan, Ngampilan, Pakuncen, Tegalrejo, dan Wirobrajan. Data tersebut diperoleh dari Badan Perencanaan Pembangunan Daerah (Bappeda) Kota Yogyakarta tahun 2015,

2) Baseline 100-0-100 kota Yogyakarta dari Dinas Permukiman dan Prasarana Wilayah (Kimpraswil) Kota Yogyakarta tahun 2016. Baseline 100-0-100 berisi profil kekumuhan wilayah yang tersusun atas 13 parameter kekumuhan. Baseline ini diperoleh berdasarkan hasil survei oleh petugas program "KOTAKU" Kota Yogyakarta pada tahun 2015-2016.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *ODK* dan *Fusion Tables* meliputi:

1. Perangkat Keras

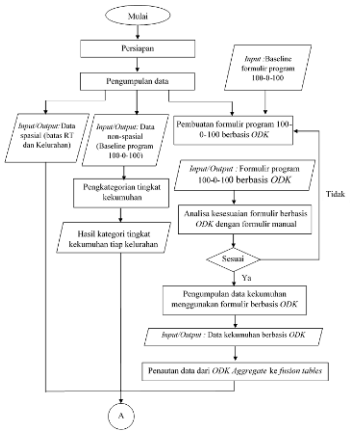
Perangkat keras yang digunakan meliputi: seperangkat laptop, *smartphone* berbasis android, dan *printer*.

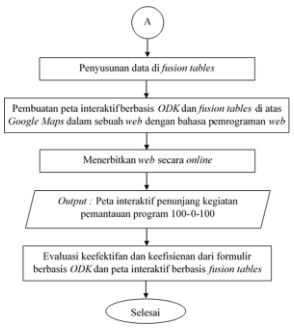
2. Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan meliputi: XLSForm Offline 1.4.0, *ODK* Collect, *ODK* Aggregate, Google Chrome, ArcGIS 10.0, dan Notepad++.

Tahapan Pelaksanaan

Diagram Alir Pelaksanaan





Gambar 1. Diagram Alir

Tahap Persiapan

Tahapan persiapan meliputi kegiatan pengumpulan formulir program 100-0-100 yang diperoleh secara resmi melalui website Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat., pengumpulan data sekunder dan survei lapangan.

Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data terdiri dari enam kegiatan, meliputi :

1. Penyusunan formulir program 100-0-100 dalam format XLS.

XLSForm adalah sebuah file formulir standar yang digunakan untuk membantu pembuatan formulir di Microsoft Office Excel. Terdapat tiga lembar kerja pada format XLSForm yaitu lembar kerja *survey*, lembar kerja *choices* dan lembar kerja *settings.*

2. Konversi formulir dari XLS ke XML.

Formulir berbasis *ODK* harus berbentuk XML, sehingga formulir dalam bentuk excel harus dikonversikan ke dalam format XML. Hal ini dapat dilakukan menggunakan aplikasi XLSForm Offline.

3. Pengujian formulir program 100-0-100 berbasis *ODK*.

Kegiatan uji formulir program 100-0-100 berbasis *ODK* ini meliputi:

1) **Uji kesesuaian formulir**. Dilakukan pengecekan isi formulir berbasis *ODK* dengan formulir manual program 100-0-100 yang telah diterbitkan oleh Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat secara resmi.

2) Uji kebenaran fungsi. Dilakukan pengecekan fungsi-fungsi perhitungan persentase parameter kekumuhan yang terdapat pada lembar kerja *survey.*

4. Pengumpulan data menggunakan formulir program 100-0-100 berbasis *ODK*.

Pengumpulan data dilakukan di Kelurahan Bener yang terdiri atas 7 RW dan 26 RT. Pengumpulan data lapangan dimaksudkan untuk mengaplikasikan formulir berbasis *ODK* dalam kegiatan pengumpulan data program 100-0-100 agar lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan formulir manual.

Tahap Pengolahan Data

1. Pengkatergorian Tingkat Kekumuhan Kelurahan.
Penentuan kriteria kawasan permukiman kumuh dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek atau dimensi tertentu. Aspek dan kriteria permukiman kumuh ditentukan berdasar Peraturan Menteri PUPR Nomor 2/PRT/M/2016.

2. Penautan data dari *ODK Aggregate* ke *Google Fusion Tables.*
Data kekumuhan hasil proses pengambilan data di lapangan menggunakan formulir berbasis *ODK* yang telah dikirim ke *ODK Aggregate* kemudian ditautkan ke *Google Fusion Tables*. Proses penautan data ini memanfaatkan fungsi *"visualize"* yang disediakan *ODK Aggregate.*

Tahap Penyajian Data

1. Pembuatan desain *web*.
Pembuatan desain web ini menggunakan *HTML, JavaScript* dan *CSS* yang disusun pada *Notepad++*.

2. Publikasi *web* secara *online.*
Kegiatan publikasi *web* secara *online* dilakukan agar peta dapat diakses oleh masyarakat umum. Adapun *hosting* yang digunakan yaitu *github.com.*

Tahap Evaluasi Hasil

Proses evaluasi hasil yang dilakukan meliputi dua kegiatan utama, yaitu:

1. Presentasi hasil berupa formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK* dan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *ODK* dan *Fusion Tables* di hadapan para responden.

2. Pengumpulan data responden dengan metode wawancara terstruktur menggunakan formulir pertanyaan yang telah dipersiapkan.

Hasil dan Pembahasan

Penyajian Hasil

Kegiatan aplikatif ini menghasilkan dua produk yang berfungsi untuk menunjang kegiatan program 100-0-100, yaitu formulir kekumuhan berbasis *Open Data Kit* dan peta interaktif berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables.*

1. Hasil Formulir Pendataan Program 100-0-100 Berbasis Open Data Kit
Kegiatan ini menghasilkan dua formulir kekumuhan berbasis *Open Data Kit*, yaitu Formulir Pendataan Rumah Tangga Program 100-0-100 dan Formulir Pendataan Program 100-0-100 Berbasis Wilayah.

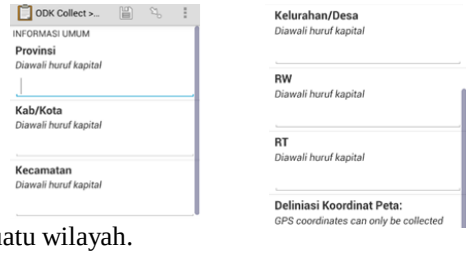
1). Hasil Formulir Pendataan Rumah Tangga Program 100-0-100
Pada formulir ini berisi pertanyaan tentang berbagai parameter kekumuhan pada tingkat rumah tangga dengan jumlah pertanyaan



sebanyak 28 pertanyaan.

Gambar 2. Informasi umum Formulir Rumah Tangga

2). Hasil Formulir Pendataan Program 100-0-100 Berbasis Wilayah
Formulir B merupakan formulir berbasis wilayah (RT) yang terdiri atas 23 pertanyaan tentang parameter-parameter kekumuhan pada



suatu wilayah.

Gambar 3. Informasi umum Formulir Berbasis Wilayah

3). Hasil Pendataan Formulir Program 100-0-100 Berbasis *Open Data Kit*
Hasil penerapan formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK* pada Kelurahan Bener yang terdiri atas 26 RT menghasilkan data sebanyak 107 data. Data tersebut terdiri atas 81 data hasil pendataan program 100-0-100 berbasis rumah tangga dan 26 data hasil pendataan program 100-0-100 berbasis wilayah.

2. Hasil Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 berbasis Open Data Kit dan Fusion Tables.

1). Hasil Pengkategorian Tingkat Kekumuhan Kelurahan.
Tingkat kekumuhan merupakan kategori suatu permukiman yang ditentukan berdasarkan persentase skor kekumuhan yang terdiri atas

berbagai parameter kekumuhan. Berdasar kategori tingkat kekumuhan oleh Peraturan Menteri PUPR Nomor 2/PRT/M/2016 diperoleh tingkat kekumuhan sebagai berikut.

Tabel 1. Tingkat kekumuhan kelurahan

Kelurahan	Persen Kumuh Skor A-13 (%)	Status A-13 Parameter
Bener	20	Kumuh Ringan
Kricak	8	Tidak Kumuh
Tegalrejo	9	Tidak Kumuh
Bumijo	11	Tidak Kumuh
Pringgokusuman	17	Tidak Kumuh
Pakuncen	14	Tidak Kumuh
Wirobrajan	11	Tidak Kumuh
Patangpuluhan	17	Tidak Kumuh
Ngampilan	11	Tidak Kumuh
Notoprajan	17	Tidak Kumuh
Gedongkiwo	11	Tidak Kumuh

2). Hasil Google Fusion Table.

Hasil pendataan kekumuhan dengan formulir berbasis *ODK* dan baseline 100-0-100 dari Kimpraswil disusun ke dalam *Google Fusion Tables*. Berikut merupakan tampilan peta



Google Fusion Tables.

Gambar 4. Peta data formulir pendataan rumah tangga program 100-0-100 berbasis *Fusion Tables*

Pada Gambar 4 di atas menunjukkan visualisasi secara geospasial data dari formulir pendataan rumah tangga program 100-0-100 berbasis *ODK* pada *Google Fusion Tables* yang disimbolkan dengan lingkaran kecil bewarna kuning. Data tersebut disajikan di atas *Google Maps.* Masing-masing objek rumah tangga mempunyai informasi tentang data kekumuhan yang telah



dikumpulkan.

Gambar 5. Peta data formulir pendataan program 100-0-100 berbasis wilayah pada *Fusion Tables*

Pada Gambar 5 di atas merupakan hasil visualisasi berupa peta dari data program 100-0-100 berbasis wilayah yang diambil menggunakan formulir berbasis *ODK*. Tiap objek mewakili tiap RT yang ada di Kelurahan Bener. Masing-masing objek wilayah RT mempunyai informasi tentang data kekumuhan yang telah dikumpulkan.

3). Hasil Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 Kelurahan Bener.



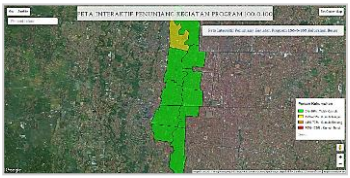
Gambar 6. Peta Interaktif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 Kelurahan Bener

Peta interaktif ini dibuat menggunakan kolaborasi antara data hasil pendataan kekumuhan menggunakan formulir berbasis *ODK* dengan data baseline program 100-0-100 Kelurahan Bener dari Kimpraswil. Peta interaktif ini bertujuan untuk memantau program 100-0-100 di Kelurahan Bener dengan menyediakan informasi berupa nilai persentase masing-masing parameter kekumuhan secara geospasial.

4). Hasil Peta Interkatif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100 Wilayah Bantaran Sungai Winongo Kota Yogyakarta.

Peta interaktif ini dibuat bertujuan untuk menggambarkan hasil akhir dari kegiatan pembuatan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables.* Peta interaktif ini merepresentasikan tingkat kekumuhan beserta parameter kekumuhan pada masing-masing kelurahan yang terletak di bantaran sungai Winongo.

Gambar 7. Peta Interkatif Penunjang Kegiatan Program 100-0-100



Pembahasan Hasil

Kegiatan aplikatif ini menghasilkan sebuah keluaran yang mampu digunakan sebagai alat penunjang kegiatan program 100-0-100 yang lebih efektif dan efisien. Kegiatan pendataan program 100-0-100 menggunakan formulir berbasis *Open Data Kit* menjadi lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan proses pendataan menggunakan formulir manual (kertas).

Tabel 2. Perbandingan formulir berbasis *ODK* dengan formulir manual

Pembanding	Formulir berbasis *ODK*	Formulir manual
Piranti yang digunakan	Piranti bergerak (*smartphone* berbasis android)	Kertas formulir
Data yang dikumpulkan	Data aspek kekumuhan, foto dan koordinat objek	Data aspek kekumuhan
Proses perhitungan data	Secara otomatis skor dan persentase kekumuhan dihitung pada formulir	Skor dan persentase kekumuhan dihitung menggunakan alat bantu hitung

Penggunaan *Google Fusion Tables* dalam penyajian peta kekumuhan hasil pendataan program 100-0-100 dipilih karena lebih interaktif dan efisien. Sever *ODK Aggregate* yang menyimpan data hasil pendataan program 100-0-100 terhubung dengan *Google Fusion Tables*. Data dapat langsung diterbitkan dalam sebuah peta spasial. Terdapat beberapa fitur *pada Google Fusion Tables* untuk mengubah tampilan peta menjadi lebih interaktif dan informative. Sehingga, data hasil pendataan kekumuhan dapat ditampilkan secara spasial dilengkapi dengan informasi yang dibutuhkan guna menunjang kegiatan program 100-0-100.

Tanggapan Pengguna

Hasil kegiatan ini telah dipresentasikan dihadapan para responden. Terdapat 10 responden yang terdiri atas pihak Program Penataan Lingkungan Permukiman Bebasis Komunitas, Fasilitator Kelurahan Kota Yogyakarta dan Tenaga Ahli Dinas Kimpraswil Yogyakarta.

Tabel 3. Hasil evaluasi formulir program 100-0-100 berbasis *ODK* dan peta interaktif berbasis *ODK* dan *Fusion Tables*

No	Pernyataan	Hasil Tanggapan
1	Tata cara pengoperasian formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK*.	100% efektif dan efisien.
2	Perbandingan keefektifan formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK* dengan formulir pendataan program 100-0-100 manual.	100% lebih efektif dan efisien dibandingkan formulir pendataan program 100-0-100 manual.
3	Tanggapan umum tentang peta interaktif penunjang program 100-0-100 berbasis *ODK* dan *Fusion Tables*.	100% sesuai dengan kebutuhan program 100-0-100.

Kesimpulan dan saran

Kesimpulan

Berdasarkan kegiatan aplikatif ini diperoleh beberapa kesimpulan, antara lain sebagai berikut:

1. Kegiatan aplikatif ini menghasilkan peta interaktif penunjang kegiatan program 100-0-100 berbasis *Open Data Kit* dan *Fusion Tables* yang tersedia secara *online* pada alamat *web program100-0-100.github.io.*
2. Peta interaktif ini memiliki kemampuan untuk menampilkan data profil permukiman kumuh kelurahan yang terletak di bantaran Sungai Winongo Kota Yogyakarta secara spasial.
3. Berdasarkan hasil wawancara terstruktur, formulir pendataan program 100-0-100 berbasis *ODK* lebih efektif dan efisien dibandingkan dengan formulir pendataan program 100-0-100 manual. Selain itu, peta interaktif yang disajikan juga dapat menunjang kegiatan program 100-0-100.

Saran

Adapun saran dan harapan terhadap pengembangan peta interaktif ini selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Fungsi *query* spasial pada sistem ini diharapkan dapat dikembangkan lebih banyak lagi.
2. Ditambahkannya fungsi-fungsi analisis spasial tertentu.

Ucapan Terimakasih

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu sehingga kegiatan aplikatif ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik, 2015, *Banyaknya Desa 1 / Kelurahan Menurut Keberadaan Permukiman di Bantaran Sungai, di Bawah Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET), dan Permukiman Kumuh,* https://www.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/1762 (akses pada tanggal 3 Mei 2016).

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2016, *Implementasi Pembangunan Perkotaan Dalam Peningkatan Kualitas Perumahan Kumuh dan Permukiman Kumuh Tahun 2016.*

Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014, *Tata Cara Pendataan 100 0 100 Tingkat Desa/Kelurahan,* Program Peningkatan Kualitas Permukiman (P2KP).

Ketelitian Posisi Hasil *Stereoplotting* Interaktif dan Otomatis Pada Foto Udara Hasil Pemotretan dengan Wahana UAV

Agnes Ryskintia R[a,*], Harintaka[b], Djurdjani[c]

[a,*] Mahasiswa S1 Teknik Geodesi FT UGM (agnesryskintia@gmail.com)
[b] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT UGM
[c] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT UGM

ABSTRACT

Development of photogrammetry technology, which increase rapidly nowadays, influence the field of mapping and survey. Advancements in this field lead to utilization of various photogrammetry platform to perform mapping and surveying activity. One of the platform is Unmanned Aerial Vehicle (UAV) which involves with application of photogrammetry in many fields. Formerly, UAV is used to mapping of thematic extraction, while this time, UAV is used to produce 3D spatial data. Method to produce 3D spatial from aerial photos is called stereoplotting. Stereoplotting method can be performed in 2 ways, those are interactive and automatic stereoplotting. This research aims to evaluate accuracy in result of interactive and automatic stereoplotting which performed on UAV aerial photos. Twelve (12) UAV aerial photos with 300 m flying height were utilized for the analysis. This research uses 14 points around the research area to be compared with result of GPS measurement. Based on Perka BIG No. 15 tahun 2014, result of interactive stereoplotting need to fulfill horizontal and vertical accuracy standard of 2nd grade of 1:2500 base map scale. Result of automatic stereoplotting fulfill horizontal accuracy standard of 3rd grade 1:2500 base map scale and vertical accuracy standard of 3rd grade 1:5000 base map scale.

Keywords: *UAV, interactive stereoplotting, automatic stereoplotting*

Pendahuluan

Latar Belakang

Laju perkembangan teknologi pengolahan fotogrametri yang semakin pesat saat ini berpengaruh pada bidang survei dan pemetaan. Perkembangan teknologi fotogrametri ditandai dengan semakin beragamnya wahana fotogrametri yang digunakan untuk melakukan kegiatan di bidang survei dan pemetaan. Wahana-wahana yang digunakan pun dilengkapi dengan peralatan untuk memperoleh data dalam berbagai aplikasi. Salah satunya yaitu wahana pesawat tanpa awak atau *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) yang berkembang pesat dalam aplikasi fotogrametri untuk berbagai bidang. Teknologi pemetaan tanpa awak menjadi pilihan alternatif disamping teknologi pemetaan lainnya seperti pemotretan udara berawak serta pemetaan berbasis satelit (Shofiyanti, 2011).

Perangkat UAV dikendalikan alat sistem jarak jauh oleh operator atau dikontrol secara otomatis melalui perangkat yang diprogram sebelumnya. Pada saat ini, kegiatan pemotretan udara banyak melibatkan wahana UAV. Keterlibatan wahana UAV membuat data dapat diperoleh dengan biaya yang relatif rendah, dapat dilakukan dalam waktu yang relatif cepat, dan aman dalam berbagai kondisi cuaca. Namun penggunaan wahana udara tanpa awak juga memiliki kekurangan. Ringannya pesawat model tidak mampu menjaga kestabilan terbang pesawat terhadap angin dengan kecepatan lebih dari 40 km/jam, sehingga sulit mengikuti rencana jalur terbang (Rokhmana, 2015).

Awal mulanya UAV digunakan untuk pemetaan informasi ekstraksi tematik, sedangkan perkembangannya saat ini, UAV digunakan untuk menghasilkan data spasial tiga dimensi (3D). Metode pengolahan data foto dalam pembuatan model 3D dapat dilakukan dengan *stereoplotting*. *Stereoplotting* yaitu metode pengumpulan data vektor yang memiliki nilai ketinggian.

Proses *stereoplotting* dengan menggunakan alat stereoplotter optis, dalam pelaksanaannya sekarang sudah ditinggalkan. Saat ini *stereoplotting* dilakukan secara digital menggunakan software digital. Metode *stereoplotting* dengan menggunakan software digital dapat dilakukan secara otomatis maupun interaktif. Pelaksanaan proses *stereoplotting* secara interaktif dapat dilakukan dengan menggunakan software seperti *DAT/EM Summit Evolution*. Sedangkan proses *stereoplotting* secara otomatis dapat dilakukan dengan software dengan algoritma *structure from*

motion (SFM).

Dalam penelitian ini, dilakukan pembuatan model dengan menggunakan dua metode *stereoplotting* yaitu interaktif dan otomatis. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji perbandingan ketelitian hasil *stereoplotting* yang dilakukan secara otomatis dan interaktif, pada foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui ketelitian koordinat 3D (X,Y,Z) yang dihasilkan dari metode *stereoplotting* interaktif dan otomatis.

Tinjauan Pustaka

Anggraini (2015) melakukan penelitian mengenai kajian akurasi DEM hasil *stereoplotting* interaktif pada foto udara format kecil dengan nilai *Ground Spatial Distance* (GSD) sebesar 21,5 cm dan skala sebesar 1:43000. Lokasi penelitiannya berada di sebagian wilayah Desa Banyuripan, Kecamatan Bayat, Kabupaten Klaten. Metode yang digunakan adalah *stereoplotting* interaktif. Hasilnya diperoleh yaitu rata-rata selisih beda tinggi sebesar 0,8514 m, varian sebesar 1,0325 m, dan standar deviasi sebesar 1,0161 m.

Melasari (2014) mengkaji akurasi DEM hasil *stereoplotting* pada foto udara format medium di kawasan lembah Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta. Metode yang digunakan dalam penelitian adalah *stereoplotting* interaktif. Hasil yang diperoleh yaitu nilai standar deviasi sebesar 0,434 m dan lebih kecil dari nilai ketelitian maksimal rata-rata yaitu 0,456 m.

Metodologi

Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

1. Foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV dengan lokasi Pantai Glagah, Kulon Progo, Yogyakarta dari penelitian Harintaka tahun 2015.
2. Data *Ground Control Point* (GCP) dari penelitian Harintaka tahun 2016.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 2 yaitu perangkat keras dan perangkat lunak, yang meliputi :

1. Perangkat Keras

a. Laptop ACER dengan spesifikasi, processor Intel Core i3, memori RAM 2GB.

b. Komputer DELL dengan spesifikasi, processor Intel Xeon, memori RAM 32GB.

c. *Stealth Mouse.*

d. Kaca mata 3D.

2. Perangkat Lunak

a. ***PCI Geomatica*** digunakan untuk menghitung nilai EOP.

b. ***DAT/EM Summit Evolution*** digunakan untuk pengolahan data foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV secara interaktif.

c. **Perangkat lunak berbasis SFM** digunakan untuk pengolahan data foto udara hasil pemotretan dengan wahana UAV secara otomatis.

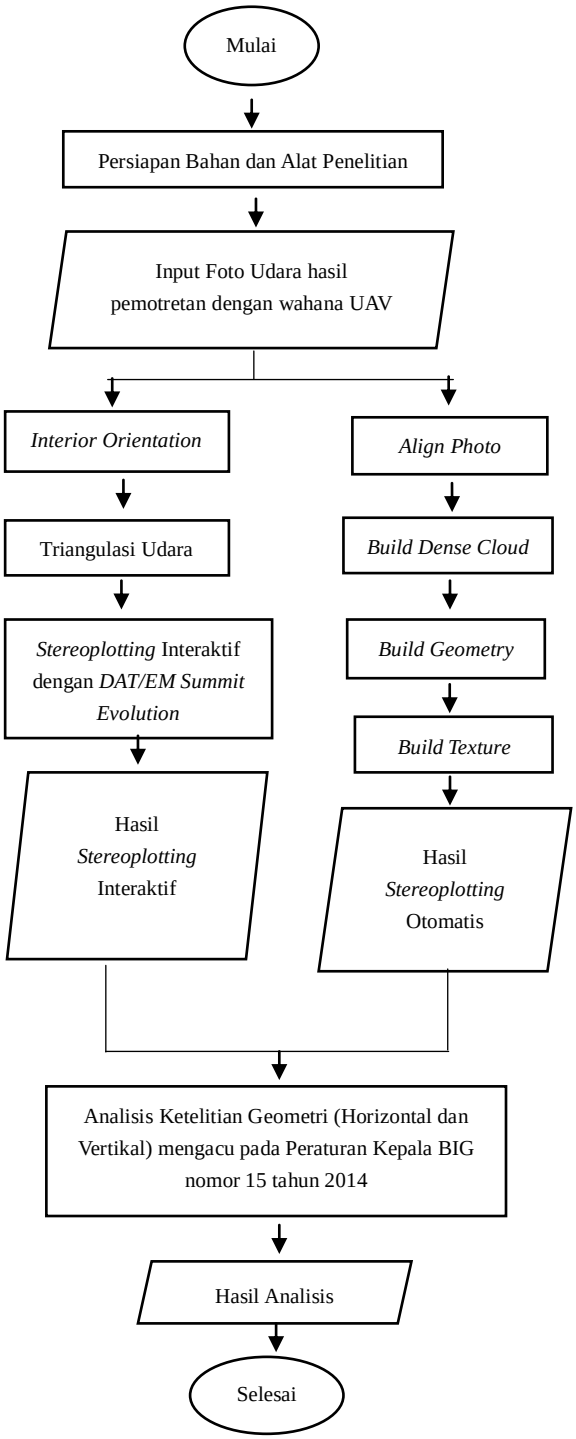
d. ***Microsoft Word 2013*** untuk pembuatan laporan.

e. ***Notepad*** digunakan untuk menyimpan data GCP dalam format *txt agar dapat dibaca software *DAT/EM Summit Evolution.*

Tahapan Penelitian

Secara garis besar, tahapan penelitian mencakup proses *stereoplotting* interaktif, *stereoplotting* otomatis, dan analisis ketelitian. Adapun tahapan dari *stereoplotting* interaktif yaitu pertama, melakukan proses orientasi dalam, kemudian dilanjutkan dengan pencarian nilai *exterior orientation parameter* (EOP). Proses orientasi dalam dan pencarian nilai EOP dilakukan dengan software PCI Geomatica. Tahap selanjutnya yaitu memasukkan nilai EOP untuk proses *stereoplotting* pada software DAT/EM Summit Evolution. Adapun tahapan dari *stereoplotting* otomatis adalah pertama, *Align photo*. Pada tahap ini foto diorientasikan satu sama lain secara otomatis. Hasil dari proses ini yaitu parameter kalibrasi atau *interior orientation* (IO), bentuk kumpulan *tie points* (*point cloud*), dan posisi kamera saat pemotretan. Tahap selanjutnya yaitu *dense cloud* untuk menghasilkan *point cloud* yang sangat kecil dan rapat, kemudian dilanjutkan dengan pembentukan geometri tiga dimensi dan pemberian tekstur pada model. Tahap terakhir adalah menghitung ketelitian hasil *stereoplotting* interaktif dan otomatis dengan membandingkan nilai koordinat titik sampel dari hasil *stereoplotting* dengan hasil pengukuran GPS.

Tahapan pelaksanaan penelitian disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Interior Orientation

Proses *Interior Orientation* (IO) dilakukan untuk mentransformasi sistem koordinat piksel menjadi koordinat foto. Perbedaan dari kedua sistem koordinat tersebut terletak pada posisi origin foto. Pada sistem koordinat piksel, posisi origin terletak pada pojok kiri atas. Sedangkan posisi origin pada sistem koordinat foto terletak pada pusat foto. Kamera yang digunakan penelitian ini yaitu Sony DSC-RX100. Penelitian memperoleh data untuk masing-masing batas tepi foto seperti yang terlihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Daftar koordinat titik tepi Setiap Foto

No Titik	Koordinat Foto		Koordinat Piksel	
	X (mm)	Y (mm)	Kolom	Baris
1 (kiri atas)	-13,680	9,120	0	0
2 (kanan atas)	13,680	9,120	5472	0
3 (kanan bawah)	13,680	-9,120	5472	3648
4 (kiri bawah)	-13,680	-9,120	0	3648

Pada penelitian ini, diketahui bahwa ukuran CCD foto udara format kecil adalah 27,36 mm x 18,24 mm dan memiliki ukuran piksel 5472 x 3648. Pada Tabel 1 kolom koordinat foto (m) dapat diketahui bahwa posisi origin foto terletak pada tengah foto. Sehingga dapat diketahui bahwa sistem koordinat piksel telah berubah menjadi sistem koordinat foto dengan berubahnya letak pusat sistem koordinat piksel di kiri atas menjadi sistem koordinat foto di tengah/pusat foto.

Triangulasi Udara

Dalam kegiatan pemotretan udara, untuk meminimalisir biaya dan mempercepat proses, maka dipergunakan titik kontrol tanah (GCP) seminim mungkin. Umumnya GCP ditempatkan pada setiap interval 4 s.d 6 basis foto (Konecny, 2003). Untuk perapatan GCP tersebut dilakukan dengan Triangulasi Udara.

Proses triangulasi udara dilakukan untuk menghasilkan *exterior orientation parameter* (EOP). Proses ini selesai ditandai dengan foto-foto yang digunakan secara otomatis terorientasi satu sama lain dan tergeoreferensi dengan koordinat tanah. Hal tersebut ditunjukkan dengan nilai parameter orientasi luar yang menunjukkan posisi pusat setiap foto serta besarnya rotasi setiap foto terhadap setiap sumbu putar yaitu ω,φ,κ. Parameter orientasi luar dari setiap foto dapat dilihat pada Tabel 2. Nilai yang diperoleh dalam proses ini berupa besaran sudut dalam satuan derajat desimal (DD).

Tabel 2 Parameter orientasi luar setiap foto

Image ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	Omega (DD)	Phi (DD)	Kappa (DD)
1	399016,084	9124933,205	284,456	-1,3999	-0,6986	-122,4434
2	398854,995	9125008,164	284,091	-1,0447	-0,4168	-123,8005
3	399188,494	9124856,759	285,061	-1,8585	-1,5596	-121,3679
4	399153,065	9124573,100	289,175	4,4474	0,4067	76,9581
5	398837,377	9124643,499	285,947	0,3292	1,7126	70,1563
6	399328,841	9124802,070	284,878	-1,0394	-0,3013	-121,9899
7	398977,239	9124572,867	286,610	0,0976	2,6866	78,2675
8	398692,940	9124736,541	286,833	1,6029	0,3956	75,3069
9	398689,063	9125074,402	286,391	-0,6301	0,8521	-122,2901
10	398535,641	9125143,059	288,648	-0,5949	0,6491	-121,7393
11	398530,320	9124781,13	289,263	0,7428	2,0267	75,4645
12	398395,437	9124850,405	292,220	1,3613	1,7596	73,7169

Stereoplotting Interaktif

Apabila model stereo foto udara terorientasi sempurna, maka saat dilihat menggunakan kacamata 3D akan terlihat tampilan tiga dimensi dari objek yang diamat. Hal ini sangat membantu dalam menentukan unsur-unsur yang didigitasi dari lokasi penelitian. Unsur-unsur tersebut diantaranya berupa jalan, lapangan, alur sungai, danau, dan titik-titik ketinggian yang mewakili permukaan tanah. Untuk unsur jalan, lapangan, alur sungai dan danau dapat menggunakan 3D *polyline* sedangkan untuk titik-titik tinggi menggunakan 3D *point* dengan jarak sekitar 5 – 10 m antar *point*. Hasil plotting tampak atas dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Hasil *Stereoplotting* secara Interaktif

Stereoplotting Otomatis

Hasil pengolahan *stereoplotting* secara otomatis disajikan pada Gambar 3 berikut. Hasil *stereoplotting* yang ditunjukkan pada Gambar 3 merupakan *superimpose* mosaik ortofoto pada data *point cloud* 3D.



Gambar 3. *Dense point-cloud*

Berdasarkan Gambar 3 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan, *dense point cloud* yang dihasilkan dari proses *stereoplotting* secara otomatis dapat dikatakan telah dapat mewakili objek yang sebenarnya di lapangan. Detil−detil yang penting mampu tergambar dengan baik, sehingga kenampakan objek mirip dengan kondisi aslinya. Namun, ada beberapa daerah yang bentuk geometrinya kurang sesuai dengan kondisi di lapangan seperti atap rumah yang tidak terbentuk sempurna. Hal ini dikarenakan kurangnya pertampalan foto dan adanya variasi tinggi terbang. Variasi tinggi terbang menyebabkan perbedaan skala pada foto dan perubahan kontras cahaya.

Algoritma *feature detection* yang banyak digunakan pada SfM yaitu *scale invariant feature transform* (SIFT), metode yang dipatenkan oleh Lowe (1999). SIFT akan kesulitan dalam mendeteksi fitur apabila ada perubahan skala, kontras, rotasi atau translasi pada foto (Brahmbhatt, 2013 dalam Laksono, 2016). Sehingga resolusi kamera yang kurang tinggi, kurangnya pertampalan dan variasi tinggi terbang menyebabkan kesalahan dalam proses *feature detection*. Kesalahan dalam proses *feature detection* mengakibatkan ketidaksempurnaan dalam pembentukan model, seperti atap rumah yang tidak terbentuk sempurna dan adanya kekosongan pada beberapa bagian objek seperti yang ditunjukan pada Gambar 4 di bawah ini.

Kekosongan tersebut disebabkan karena kurangnya pertampalan foto atau detil tersebut sulit dikenali pada foto, sehingga pada saat proses *feature detection*, fitur atau objek tersebut tidak dapat diidentifikasi. Dikarenakan fitur tersebut tidak dapat diidentifikasi, sehingga pada proses selanjutnya yaitu *feature matching* tidak ada kesamaan antara fitur-fitur maka objek tersebut tidak dapat dimodelkan.



Gambar 4. Kenampakan objek yang kosong

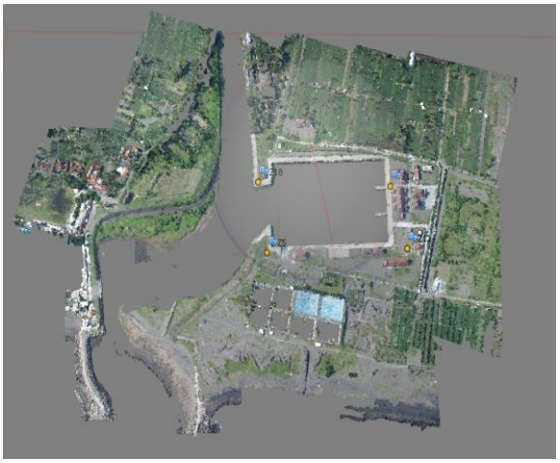
Selain itu, objek air diidentifikasi sebagai titik-titik yang memiliki ketinggian. Sehingga dapat dilihat pada Gambar 5 objek air yang harusnya datar menjadi objek yang memiliki ketinggian yang beraneka ragam.



Gambar 5 Kenampakan objek air yang memiliki ketinggian beragam

Pada Gambar 5 dapat dilihat bahwa objek air tidak termodelkan secara sempurna. Pada gambar tersebut objek memiliki ketinggian ekstrim. Hal itu terjadi karena kesalahan dalam identifikasi titik pada saat proses *feature detection*. Dikarenakan kesalahan identifikasi titik maka pada proses *feature matching* atau proses menentukan kesesuaian antara fitur-fitur tidak dapat dilakukan dengan sempurna.

Untuk menghilangkan kesalahan tersebut maka objek air perlu diabaikan dengan cara melakukan *masking* pada objek air. Sehingga setelah dilakukan *masking* objek air dianggap tidak ada atau kosong seperti yang ditampilan pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil pembuatan setelah dilakukan *masking*

Analisis Ketelitian

Kualitas hasil *stereoplotting* secara interaktif dan otomatis data diketahui apabila dibandingkan dengan data yang lebih teliti. Dalam penelitian ini digunakan 14 titik ICP untuk mewakili daerah penelitian dengan tujuan mengevaluasi ketelitian horizontal dan vertikal hasil *stereoplotting* dengan hasil pengukuran GPS.

Untuk *stereoplotting* interaktif, dari 14 titik ICP didapatkan nilai RMSE pada posisi horizontal sebesar 0,348 m. Nilai RMSE pada posisi vertikal sebesar 0,375m. Dari nilai RMSE yang sudah didapatkan, selanjutnya dihitung nilai ketelitian vertikal dan horizontalnya. Nilai ketelitian horizontal yang didapatkan sebesar 0,528m. Nilai ketelitian vertikal yang didapatkan sebesar 0,617 m.

Untuk *stereoplotting* otomatis, dari 14 titik ICP didapatkan nilai RSME pada posisi X dan Y yang didapat sebesar 0,585 m. Dapat diketahui juga nilai ketelitian horizontal sebesar 0,887. RMSE pada posisi vertikal yang didapatkan sebesar 0,918 dan nilai ketelitian vertikal sebesar 1,510. Dalam hal ini, peletakkan titik ICP diluar objek yang ekstrim seperti objek air.

Analisis ketelitian mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial no 15 tahun 2014. Berdasarkan nilai ketelitian horizontal dan vertikal yang sudah didapatkan, dapat diketahui skala dan kelas dari hasil *stereoplotting* interaktif dan otomatis. Hasil *stereoplotting* interaktif untuk ketelitian horizontal dan vertikal dapat memenuhi standar ketelitian peta dasar skala 1 :2500 dengan ketelitian horizontal dan vertikal kelas 2. Sedangkan hasil *stereoplotting* otomatis untuk ketelitian horizontal dapat memenuhi standar ketelitian peta dasar skala 1 :2500 dengan ketelitian horizontal kelas 3. Namun, untuk ketelitian vertikalnya tidak memenuhi standar ketelitian peta dasar skala 1:5000. Ketelitian vertikal yang dihasilkan memenuhi ketelitian vertikal kelas 3 pada skala 1:5000.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tentang kajian perbandingan *stereoplotting* secara interaktif dan otomatis pada foto udara hasil pemotretan dengan UAV adalah :

1. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, hasil *stereoplotting* interaktif untuk ketelitian horizontal dan vertikal dapat memenuhi standar ketelitian peta dasar skala 1 : 2500 kelas 2.
2. Berdasarkan Perka BIG Nomor 15 Tahun 2014, hasil *stereoplotting* otomatis untuk ketelitian horizontal memenuhi standar ketelitian peta dasar skala 1 : 2500 kelas 3 dan untuk ketelitian vertikal memenuhi ketelitian skala 1 : 5000 kelas 3. Pengujian ketelitian dilakukan pada hasil *stereoplotting* yang telah di *masking* pada beberapa objek seperti sungai, laut, dan tambak serta mencakup area seluas ± 10 ha.

Berdasarkan tahapan penelitian, terdapat beberapa kendala yang dihadapi, sehingga saran yang diberikan sebagai bahan pertimbangan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Apabila dilakukan penelitian topik yang sama, sebaiknya GCP yang digunakan memiliki jumlah yang memadai untuk seluruh area pemotretan. Semakin banyak GCP yang akurat maka hasil EOP maupun *stereoplotting* juga semakin akurat.
2. Perlu dilakukan penelitian kembali mengenai kalibrasi pada foto udara hasil pemotretan UAV.

Ucapan terima kasih

Dalam kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu hingga penelitian ini selesai.

Daftar Pustaka

Anggraini, H.N.S., 2015, "Kajian Akurasi Hasil *Stereoplotting* Interkatif Pada Foto Udara Format Kecil", Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

BIG, 2014, *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 tahun 2014*, Badan Informasi Geospasial: Jakarta

Konecny, G., 2003, "*Geoinformation: Remote Sensing Photogrammetry, and Geographic Information Systems*", ISBN: 0-415-23795-5, Taylor & Francis, London, UK

Lowe, D.G., 1999, "*Object recognition from local scale-invariant features*", in : The Proceedings of the Seventh IEEE International Conference on Computer Vision, 1999, pp. 1150 – 1157 Vol.2

Laksono, D.P., 2016, "*CloudSfM : 3D Reconstruction Using Structure from Motion Web Service*", Tesis, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Melasari, I., 2014, "Kajian Akurasi DEM Hasil *Stereoplotting* Pada Foto Udara Format Medium", Skripsi, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Rokhmana, C, A., 2015, "*The Potential of UAV – Based Remote Sensing for Supporting Precision Agriculture in Indonesia*", The 1st International Symposium on LAPAN – IPB Satellite for Food Security and Environmental Monitoring, Procedia Environmental Sciences, Vol. 24.

Shofiyanti, R., 2011, "Teknologi Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan dan Pemantauan Tanaman dan Lahan Pertanian", Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bandung.

Evaluasi Penentuan Posisi dari GPS Cip dan GPS Modul Eksternal Pada Telepon Pintar

Dedi Atunggal, [a] Catur Aries Rokhmana [b]

[a,] Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada (dediatunggal@ugm.ac.id)
[b,] Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada (caris@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Fitur penentuan posisi pada *smartphone* (telepon pintar) banyak digunakan untuk aplikasi navigasi dan *Location Based-Services* (LBS). Pada dua aplikasi tersebut akurasi GPS yang digunakan pada umumnya berkisar 3-15 meter. Di sisi lain, pada kegiatan survei pendataan untuk sistem informasi geografis (GIS) diperlukan sistem penentuan posisi dengan ketelitian sub-meter. Saat ini telah banyak tersedia GPS modul (*module GPS*) yang mampu merekam data fase GPS (*raw data*) yang dapat digunakan untuk penentuan posisi dengan lebih teliti dan dapat diintegrasikan dengan telepon pintar. Makalah ini membahas penggunaan modul GPS yang diintegrasikan dengan telepon pintar untuk keperluan penentuan posisi teliti yang dibandingkan dengan posisi dari GPS cip (*chipset GPS*) yang tertanam pada telepon pintar. Pada penelitian ini telepon pintar yang digunakan memiliki sistem operasi android dan dilengkapi dengan aplikasi RTKGPS+ dan fitur *port* OTG (*on the go*) untuk dapat merekam data fase dari GPS modul melalui *port* USB. Evaluasi ini memanfaatkan stasiun CORS yang berjarak ±40km dari area penelitian untuk memberikan koreksi *differential GPS* (DGPS) menggunakan teknik *Network Transported RTCM via Internet Protocol* (NTRIP). Hasil uji coba menunjukkan bahwa modul GPS eksternal memberikan solusi dengan ketelitian sub-meter secara cukup konsisten. Di masa mendatang aplikasi RTK GPS modul dengan koreksi NTRIP dari stasiun CORS potensial untuk digunakan pada survei pendataan GIS menggunakan telepon pintar.

Kata kunci: GPS Cip, GPS Modul, Telepon Pintar, *Weighted-Averaging*, RTK GPS

Pendahuluan

Fitur penentuan posisi pada telepon pintar banyak digunakan untuk aplikasi navigasi dan LBS. Pada dua aplikasi tersebut akurasi GPS yang digunakan pada umumnya 3-15 meter. Hal tersebut dikarenakan metode penentuan posisi yang dihasilkan dari GPS cip telepon pintar pada umumnya adalah *absolute positioning* atau yang sering disebut sebagai *standard positioning system* (SPS) atau *standalone positioning*. Pada metode ini, penentuan posisi GPS dilakukan hanya dengan menggunakan satu *receiver* saja dan tidak didefinisikan maupun mendapat koreksi dari titik lain.

Saat ini teknik untuk meningkatkan ketelitian posisi dari GPS cip pada telepon pintar yang populer dikalangan pengguna adalah optimalisasi posisi menggunakan teknik *weighted average* (rerata berbobot). Pada teknik ini posisi dihasilkan dengan menghitung nilai rata-rata posisi suatu titik berdasar nilai posisi per *epoch* dengan memanfaatkan ketelitian posisi per *epoch* sebagai bobotnya. Salah satu aplikasi optimalisasi posisi yang populer di kalangan pengguna telepon pintar adalah Mobile Topographer. Pada aplikasi tersebut tidak jarang pengguna mendapatkan informasi penentuan posisi yang dihasilkan memiliki ketelitian hingga sub meter atau bahkan sentimeter.

Salah satu kelemahan dari teknik *weighted average* adalah solusi yang *over-optimistic* di mana aplikasi sering menampilkan akurasi penetuan posisi hingga sub meter namun pada kenyataannya posisi yang dihasilkan tetap berkisar pada ketelitian 3-15 meter. Hal ini dapat dimaklumi karena pada dasarnya tidak ada penambahan (*enhancement*) sensor fisik/sistem tertentu yang diterapkan pada GPS telepon pintar, baik pada bagian *receiver* maupun antenanya. Posisi serta ketelitian yang dihasilkan murni dari perhitungan/interpolasi menggunakan teknik *weighted average*.

Secara praktis, usaha peningkatan kualitas posisi pada telepon pintar dapat dilakukan dengan memanfaakan GPS modul eksternal. Saat ini GPS modul dapat dibeli dalam kisaran harga 700 ribu

rupiah hingga 3 jutaan. Pada kisaran harga 1 jutaan GPS modul hanya menyediakan opsi penentuan posisi secara statik maupun *kinematic post processing*, sedangkan untuk GPS modul dengan kisaran harga 3 jutaan biasanya sudah dapat digunakan untuk penentuan posisi secara *real time kinematic GPS* (RTK GPS). Pada pelaksanaannya, penentuan posisi RTK menggunakan GPS modul biasanya dilakukan dengan bantuan aplikasi antarmuka dan perangkat lunak pemroses data RTK tertentu.

Program/aplikasi yang dapat digunakan sebagai antarmuka sekaligus pemroses data RTK GPS menggunakan GPS modul dibuat pertama kali oleh Takasu (2009). Program tersebut bernama RTKLIB yang merupakan kode paket pemrograman berbahasa C yang dapat digunakan sebagai *platform* standar aplikasi antarmuka sekaligus pemrosesa data RTK GPS. Paket program ini mendukung komunikasi data melalui komunikasi data protokol serial I/O, TCP/IP dan NTRIP, menggunakan berbagai format koreksi data termasuk RTCM 2.3, RTCM 3.1 dan pesan baku eksklusif untuk beberapa *receiver* GPS (Atunggal dkk, 2015). Metode resolusi ambiguitas fase yang digunakan oleh RTKLIB adalah metode LAMBDA (Takasu dan Yasuda, 2009). RTKLIB telah mengalami beberapa pengembangan dan penyesuaian sejak pertama kali dikembangkan pada tahun 2009.

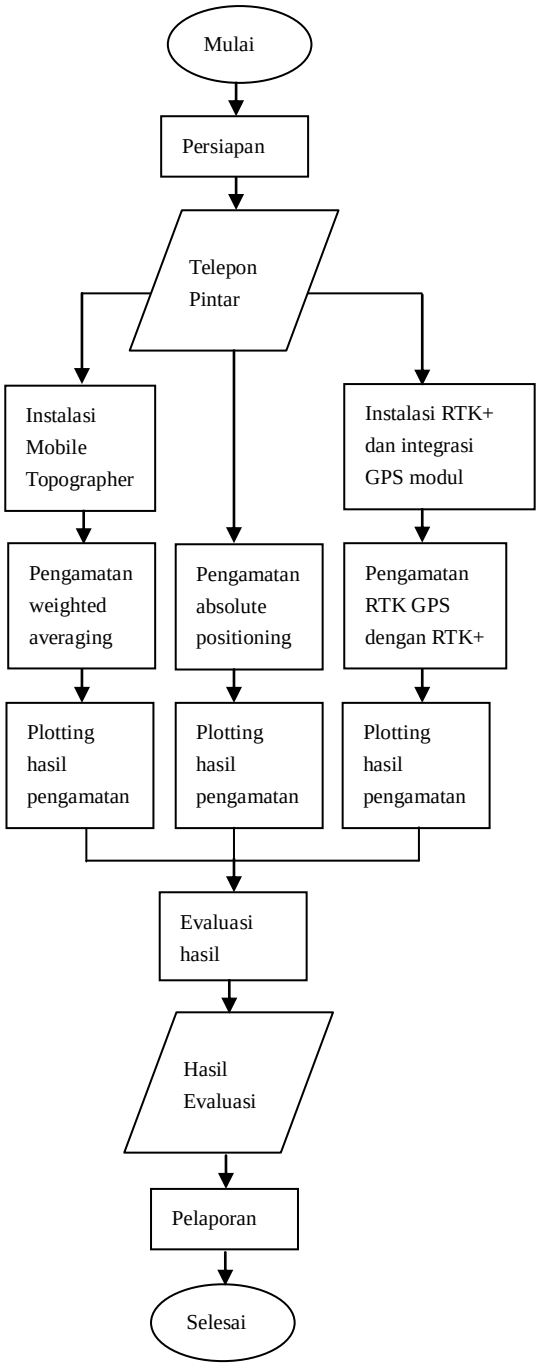
Pada tahun 2012 Hwang dkk mengembangkan aplikasi untuk pemodelan kesalahan pada penentuan posisi RTK GPS berbasis telepon pintar. Grieneisen pada tahun 2012 memanfaatkan teknologi RTK GPS menggunakan GPS modul untuk penentuan posisi pada pesawat udara kecil (*micro aerial vehicle*). Selain RTK GPS, penggunaan RTKLIB untuk penentuan posisi teliti menggunakan metode *precise point positioning* juga telah dikaji oleh Wiśniewski dkk (2013). Fitur penentuan posisi teliti yang dapat dilakukan dengan menggunakan modul GPS u-blox dapat secara detail dapat dilihat pada *u-blox LEI-6 Series Datasheet* tahun 2014. Interoperabilitas data hasil penentuan posisi RTK GPS secara umum dan RTK GPS menggunakan modul GPS dapat dilakukan dengan mengacu pada tulisan Lee dkk (2002) tentang standar komunikasi data GPS format *National Marine Electronic Association* (NMEA) yang terbaru.

Metodologi

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telepon pintar merk Samsung dengan chipset GPS internal Qualcomm
2. *Receiver* GPS modul u-blox seri LEI-6T
3. Perangkat lunak U-center
4. Tripod kamera
5. Aplikasi android RTK+
6. Aplikasi android Mobile Topographer
7. Perangkat lunak MS Office untuk evaluasi data dan penulisan laporan

Penelitian ini dilaksanakan dengan tiga metode pengukuran berbeda, menggunakan satu telepon pintar yang sama. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Kegiatan penelitian diawali dengan persiapan. Persiapan yang dilakukan dalam penelitian ini

meliputi persiapan alat (GPS OEM Ublox seri LEI-6T dan telepon pintar) dan pengunduhan serta pemasangan perangkat lunak U-center pada komputer untuk mengatur *receiver* U-blox.

Tahapan selanjutnya adalah instalasi aplikasi Mobile Topographer untuk pengukuran menggunakan metode *weighted average* dan instalasi aplikasi RTK+ untuk pengukuran metode RTK GPS.

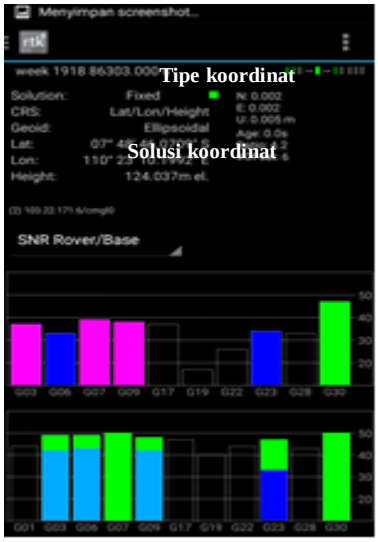
Pengamatan GPS pada penelitian ini baik pada metode *weighted average* maupun RTK GPS dilakukan dengan perekaman data setiap 1 detik selama ±30 menit. Pada metode *weighted average* pengukuran dilakukan dengan menggunakan GPS cip telepon pintar sedangkan untuk metode RTK GPS dilakukan dengan GPS modul U-blox LEI-6T dengan menggunakan koreksi NTRIP dari stasiun CORS CMGL yang terletak di Magelang, sekitar 40 km di utara Yogyakarta. Konfigurasi pengamatan RTK integrasi telepon pintar dan GPS modul dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Konfigurasi pengamatan RTK integrasi telepon pintar dan GPS modul

Seperti tersaji pada Gambar 2, pada pengamatan RTK GPS dengan GPS modul pengukuran dilakukan dengan bantuan statif kamera untuk sentering *patch antenna* GPS U-Blox ke titik pengamatan. Antena terhubung ke *receiver* GPS modul menggunaan kabel *mini coaxial* sedangkan telepon pintar terhubung ke GPS modul menggunakan kabel *mini to micro USB*.

Setelah semua bagian terhubung pengamatan RTK GPS dilakukan dengan menghubungkan *receiver* ke stasiun CORS CMGL. Tampilan dari antarmuka RTKLib pada saat *receiver* telah terhubung ke CORS disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan dari antarmuka RTKLib pada saat *receiver* telah terhubung ke CORS

Pengamatan metode *weighted average* dilakukan dengan menggunakan aplikasi Mobile Topographer. Tampilan Mobile Topographer pada saat pengamatan seperti tersaji pada Gambar 4.

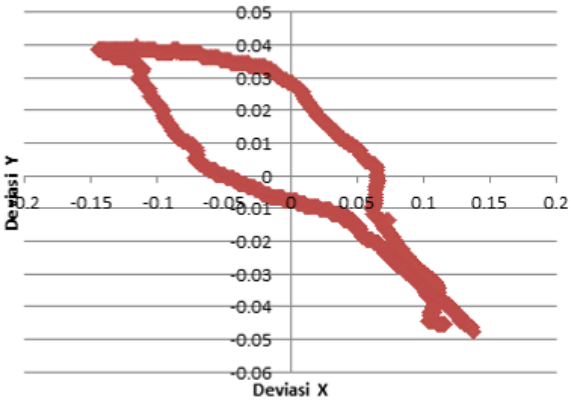


Gambar 4. Tampilan Mobile Topographer

Plotting hasil pengukuran dilakukan untuk membantu evaluasi hasil pengukuran menggunakan 3 metode berbeda tersebut. Evaluasi hasil difokuskan pada ketelitian posisi hasil pengukuran.

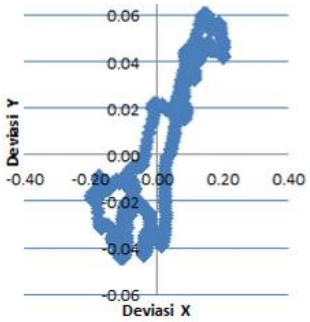
Hasil dan Pembahasan

Dari hasil eksperimen yang telah dilakukan diketahui bahwa hasil pengukuran menggunakan metode *weighted average* kepresisiannya berkisar dari beberapa meter hingga level sentimeter (lihat Gambar 5)



Gambar 5. Kepresisian pengukuran weighted averaging

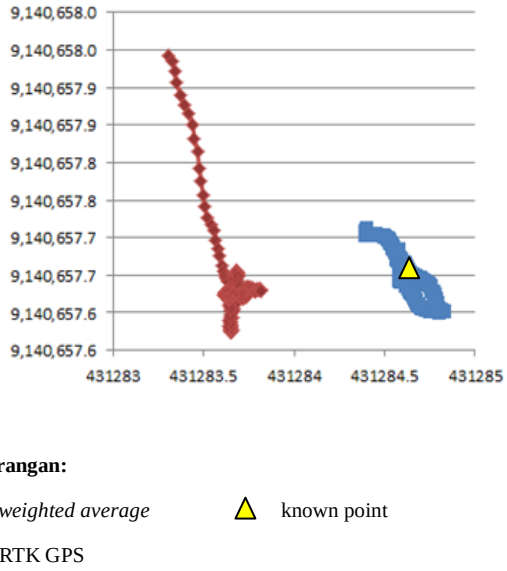
Dari hasil eksperimen juga diketahui bahwa hasil pengukuran menggunakan metode RTK GPS dengan menggunakan GPS modul kepresisiannya berkisar pada level desimeter hingga level sentimeter (lihat Gambar 6)



Gambar 6. Kepresisian pengukuran RTK GPS

Kedua metode pengukuran secara umum memiliki kepresisian yang tidak jauh berbeda. Namun demikian solusi dari RTK GPS menggunakan GPS modul relatif lebih konvergen dibanding pengukuran *weighted average.*

Dari *plotting* hasil kedua pengukuran diketahui bahwa ketelitian/akurasi mobile topographer masih berkisar di level meter (lihat Gambar 7). Solusi koordinat dari RTK GPS memiliki ketelitian/akurasi dalam level submeter. Dengan ketelitian yang lebih baik tersebut, sistem penentuan posisi pada telepon pintar yang diintegrasikan dengan GPS modul terbukti memiliki ketelitian pada level sub meter dan potensial untuk digunakan pada pekerjaan pendataan untuk penyusunan GIS



Gambar 7. Akurasi pengukuran *weighted average* dan RTK GPS

Kesimpulan dan Saran

Hasil uji coba menunjukkan bahwa sistem hasil integrasi modul GPS eksternal dan telepon pintar memberikan solusi dengan ketelitian sub-meter. Di masa mendatang, aplikasi RTK GPS modul dengan koreksi NTRIP dari stasiun CORS potensial untuk digunakan pada survei pendataan GIS menggunakan telepon pintar.

Daftar Pustaka

Arnous, M. and Green, D., 2010, "GIS and remote sensing as tools for conducting geo-hazards risk assessment along Gulf of Aqaba coastal zone, Egypt." *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 2, No.1, pp. 1-19

Atunggal, D., Basith, A., Rokhmana, C.A., Pratiwi, D.M, 2015, *Studi Awal Penggunaan Modul GPS Murah untuk Pengukuran RTK NTRIP*, Seminar Nasional FIT ISI 2016, Malang 17 November 2016

Yoon, D., Kee C., Seo, J., Park, B., 2016, Position Accuracy Improvement by Implementing the DGNSS-CP Algorithm in Smartphones, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, Published online Sep 06 2016.

Hwang, J., Yun, H., Cho, J., Lee, D., 2012, Development of an RTK-GPS Positioning Application with an Improved Position Error Model for Smartphones, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*, Published online Sep 25 2012.

Takasu, T., Yasuda, A., 2009, *Development of the low-cost RTK-GPS receiver with an open source program package RTKLIB*, International Symposium on GPS/GNSS, International Convention Center Jeju, Korea, November 4-6, 2009

Takasu, T., 2009, *RTKLIB: Open Source Program Package for RTK-GPS*, FOSS4G 2009 Tokyo, Japan, November 2, 2009.

U-blox, 2014, *LEA-6 GPS Module Data Sheet*, November 27 2014.

Evaluasi Pengaruh Keterbatasan Luasan Data Gayaberat Terhadap Ketelitian Penentuan Geoid Lokal

Leni S. Heliani[a], Agustina Nur Syafarianty[b], Sukma Nur Oktavia[c]

[a, b,] Departemen Teknik Geodesi UGM (lheliani@ugm.ac.id)
[c,] Alumni Teknik Geodesi UGM

ABSTRACT

Availability of terrestrial gravity data over fairly area and evenly distributed are the key on computation of precise local geoid. In this study, the influence of terrestrial gravity data availability within limited area, to the accuracy local geoid has been evaluated. The research has been conducted over three regions, each with two or three case studies area, namely wide (L1), medium (L2) and narrow (L3). The Geoid computation was done using the remove and restore method, and the results was evaluated based on variation of their statistical values, visualization and comparison with the geometric geoid. Base on their statistical values, the results showed that the range, mean and STD of geoid height among the case studies area are very varied, with the largest variation value indicated in the area with the largest extents of gravity data. Visually, each area shows the geoid contour pattern that is almost similar in the area with a flat topography, but has a different contour patterns for areas with varying topography. Finally, from comparison with the geometrics geoid obtain significant different geoid accuracy, such as in the case of DI Yogyakarta region for the case area of L1, L2, and L3, derived geoid accuracy of 14 cm for L1, 1.8m for L2 and to 2.4 m for L3.
2.3m.

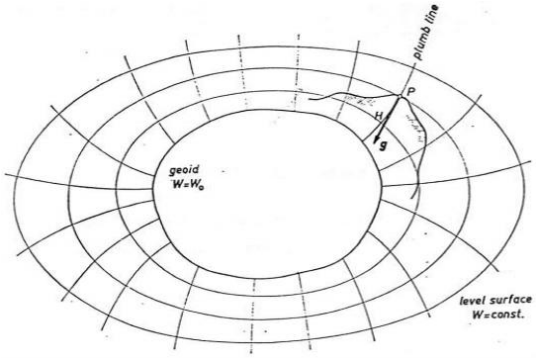
Keywords *Geoid gravimetric lokal, geoid geometric, remove-restore.*

Latar belakang

Saat ini perkembangan teknologi survei dan pemetaan, terutama teknologi penentuan posisi secara ekstraterestrial meningkat. Hasil pengukuran dinyatakan dalam 3 dimensi, dengan komponen tinggi berupa tinggi geometrik, yang tidak memiliki arti fisis, sehingga tidak bisa digunakan untuk keperluan praktis/rekayasa. Seiring dengan perkembangan teknologi survei pemetaan ektraterestrial, maka meningkat juga kebutuhan akan model geoid. Hal ini disebabkan untuk merubah tinggi geometrik menjadi tinggi ortometrik yang digunakan untuk keperluan praktis, diperlukan data tinggi geoid/undulasi geoid.

Geoid adalah bidang potensial gayaberat yang diasumsikan berimpit dengan permukaan laut rerata yang tidak terganggu/permukaan laut rerata global (Heiskanen dan Moritz, 1967). Terdapat banyak sekali bidang potensial gayaberat yang melingkupi permukaan Bumi, seperti ditunjukan pada Gambar 1, dan salah satunya yang berhimpit dengan permukaan laut rerata yang tidak terganggu adalah geoid. Sifat dari bidang potensial gayaberat adalah *smooth*, kontinyu dan saling melingkupi.

Pemodelan geoid dapat dilakukan secara geometri menggunakan data *co-site* GNSS-sipat datar, yang menghasilkan geoid geometri. Metoda kedua secara



Gambar 5. Bidang-bidang ekuipotensial gayaberat (Heiskanen dan Moritz, 1967)

gravimetrik menggunakan data gayaberat, yang menghasilkan geoid gravimetrik. Kedua model geoid ini mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing, dimana kelebihan model geoid gravimetric adalah kontinyu dan kekurangannya adalah ketelitiannya yang rendah, dibandingkan model geoid geometrik. Selanjutnya kelebihan model geoid geometrik adalah ketelitian tinggi, tetapi kelemahannya bersifat diskrit, yang tidak sesuai dengan ciri-ciri bidang geoid yang kontinyu (Sideris, 2008). Berdasarkan kelebihan dan kekurangan kedua model geoid tersebut, maka saat ini banyak dilakukan

pemodelan geoid gravimetrik dengan kontrol ketelitiannya menggunakan model geoid geometrik.

Dalam pemodelan geoid gravimetric yang teliti, dipersyaratkan ketersediaan data gayaberat yang melingkupi wilayah yang luas (jika memungkinkan melingkupi seluruh permukaan Bumi) dan terdistribusi secara merata (Featherstone et al., 2001). Pada kenyataannya, dibanyak wilayah, data gayaberat yang tersedia hanya terbatas dan tidak terdistibusi secara merata.

Dalam penelitian ini, telah dilakukan kajian pengaruh ketersediaan data gayaberat pada luasan yang terbatas, terhadap ketelitian model geoid yang dihasilkan. Penelitian dilakukan di tiga wilayah penelitian yaitu DI. Yogyakarta, Bekasi dan Cirebon. Pemilihan wilayah penelitian/studi kasus berdasarkan pada ketersediaan data gayaberat terrestrial.

Studi Pustaka

a. Gayaberat

Gayaberat adalah gaya yang bekerja pada suatu massa di permukaan bumi yang merupakan resultan dari gaya gravitasi (G) dan gaya sentrifugal (C) (Hofmann dan Moritz,2005). Vektor arah gaya gravitasi menuju pusat massa bumi, sedangkan vektor arah gaya sentrifugal tegak lurus dengan sumbu rotasi bumi.

$$g = G + C$$

$$g = K\frac{M_E}{r^2} + \omega^2 d$$

dalam hal ini M_E adalah massa Bumi, r jari-jari Bumi, K konstanta gaya grafitasi, d jarak titik terhadap sumbu rotasi Bumi dan ω kecepatan sudut anguler rotasi Bumi.

b. Perhitungan geoid

Penentuan model geoid yang diturunkan dari data gayaberat menggunakan dasar persamaan Bruns dan Stokes yang menunjukan hubungan antara nilai anomaly gayaberat dan nilai undulasi/tinggi geoid. Persamaan Brun's menunjukan hubungan antara anomali potensial dan nilai undulasi geoid (Torge & Wolgang, 1989),

$$T = \gamma/N \quad \text{atau} \quad N = T/\gamma$$

Dalam hal ini, T adalah anomali potensial, N undulasi geoid dan γ gayaberat normal. Selanjutnya menggunakan hubungan antara anomali gayaberat dan anomali potensial pada persamaan fundamental geodesi fisis, maka GG. Stokes menentukan anomali potensial (T) sebagai fungsi anomali gayaberat (Δg) (Torge & Wolgang, 1989) ,

$$T = \frac{R}{4\pi}\iint_{\sigma} \Delta g S(\psi)\, d\sigma$$

Selanjutnya persamaan Stokes ini dimasukan kepada persamaan Burns, maka hubungan antara anomaly gayaberat dan undulasi geoid dapat diketahui,

$$T = \frac{R}{4\pi\gamma}\iint_{\sigma} \Delta g S(\psi)\, d\sigma$$

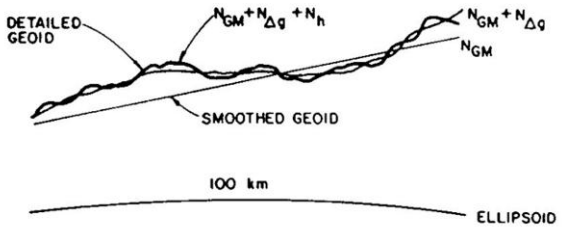
dalam hal ini $S(\psi)$ adalah bilangan Stokes.

c. Metoda *remove-restore*

Komponen bidang potensial gayaberat dibagi menjadi komponen gelombang panjang dengan sumber data dari pengukuran ekstraterestrial, gelombang menengah dari pengukuran gayaberat terestris dan gelombang pendek dari data DTM, seperti ditunjukan pada gambar 2. Berdasarkan konsep tersebut, maka perhitungan geoid (N) dapat dilakukan dengan menggunakan metode remove-restore (Hirt, 2013), dengan tahapan sebagai berikut:

Remove: $\Delta g = \Delta g_{FA} + \Delta g_{GM} + \Delta g_H$

Restore: $N = \Delta N_{\Delta g} + \Delta N_{GM} + \Delta N_H$

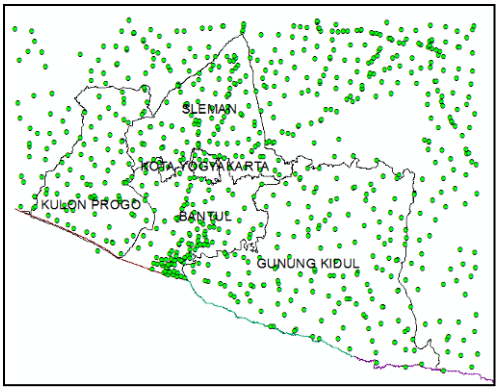


Gambar 6. Komponen data geopotensial

Metodologi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. gayaberat terestris wilayah DI. Yogyakarta (UGM-DIKTI), Bekasi dan Cilacap (KGB,Pertamina-UGM). Distribusi data gayaberat terestris untuk wilayah DI Yogyakarta ditunjukan

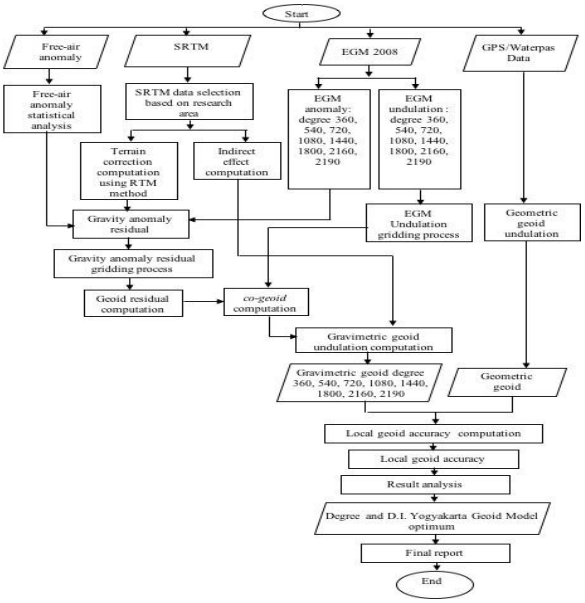


Gambar 3. Distribusi datagayaberat wilayah DI Yogyakarta

pada Gambar 3.

2. Data geopotensial gayaberat EGM2008
3. Data DTM wilayah DI-Yogyakarta, Bekasi dan Cilacap.
4. Data co-site GPS-sipat datar utuk keperluan kontrol kualitas.

Tahapan penelitian ditunjukan pada gambar 4. Untuk studi kasus DI. Yogyakarta, perhitungan geoid dilakukan menggunakan 3 sampel wilayah, yaitu luasan 100km x 100km (L1) meliputi seluruh wilayah DI.Yogyakarta yang selanjutnya diasumsikan sebagai model geoid yang paling ideal, luasan 50km x 50 km (L2) dan luasan 35 km x 35 km (L3). Analisis hasil dilakukan dengan 3 metoda yaitu mengevaluasi hasil hitungan geoid untuk luasan terbatas dalam hal ini L2 dan L3 dibandingkan dengan geoid L1 baik secara statistic maupun secara visual, dan membandingkan dengan geoid geometrik dari data *co-site* GPS-sipat datar.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian evaluasi pengaruh luasan data gayaberat terhadap ketelitian geoid lokal dapat dikelompokan berdasarkan analisis nilai-nilai statistik, visual dan perbandingan dengan data geoid geometrik pada titik *co-site* GPS-sipat datar untuk ketiga wilayah penelitian.

Rekapitulasi nilai geoid

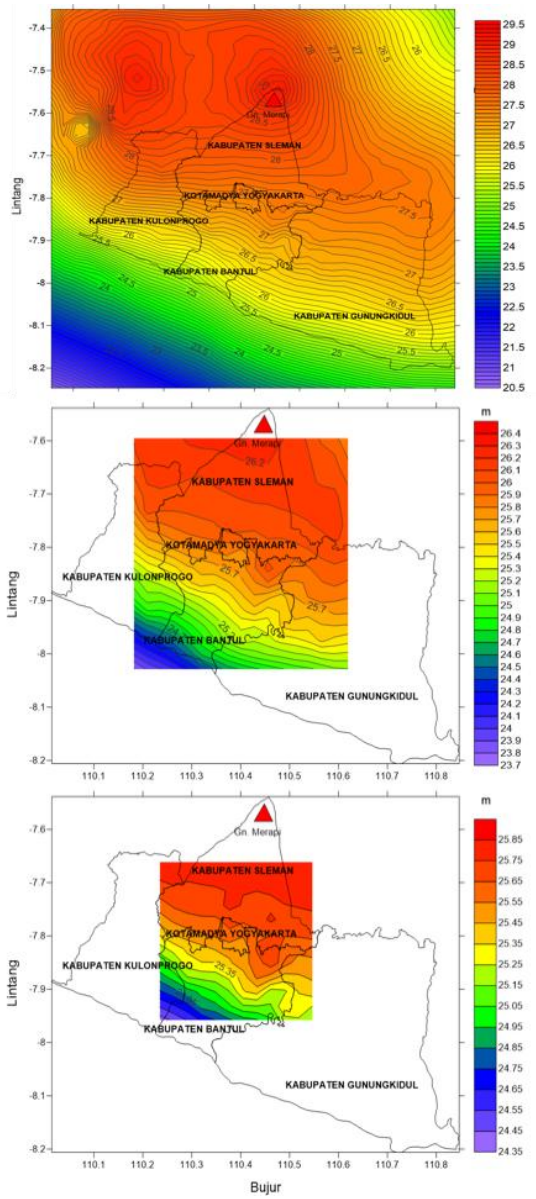
Berdasarkan 3 desain luasan daya gayaberat maka rangkuman statistik nilai geoid yang dihasilkan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 11. Statistik nilai geoid

Lu	Min(	Mak	Rerata	STD	Renta	Σ Data
asan	**m)**	**(m)**	**(m)**	**(m)**	**ng (m)**	**(buah)**
L1	20,77	29,11	26,48	1,78	8,35	1.156
L2	23,78	26,31	25,65	0,55	2,53	324
L3	24,40	25,83	25,46	0,35	1,44	169

Dari table 1 dapat dilihat bahwa nilai undulusi geoid, rentang, rerata dan STD berbeda untuk setuap luasan, mengingat luas wilayahnya yang berbeda. L1 memiliki nilai-nilai yang lebih besar dan bervariasi dibandingakn L2 dan L1, mengingat L1 memiliki luasan yang lebih besar dibandingkan L2 dan L3.

Untuk studi kasus di 2 wilayah lainnya menunjukan juga hal yang sama dimana untuk wilayah yang lebih



luas memberikan nilai rentang, rerata dan STD yang lebih besar dibandingkan dengan wilayah yang lebih kecil.

Pola peta geoid

Secara visual dapat ditunjukan bahwa secara umum geoid untuk semua wilayah miliki pola yang sama, seperti ditunjukan pada Gambar 5 untuk studi kasus wilayah DI-Yogyakarta, di mana nilai geoid semakin meningkat dari bagian selatan menuju bagian utara Yogyakarta. Namun demikian, pola kontur geoid ke 3 model luasan itu sedikit berbeda disekitar gunung Merapi dimana pola kontur geoid berubah seiring dengan besarnya kontribusi masa local/variasi topografi.

Kontrol kualitas dengan data geoid geometrik

Dalam rangka mengetahui ketelitian geoid yang dihasilkan menggunakan 3 desain ketersedian data pada luasan yang bervariasi, maka dilakukan perbandingan dengan nilai geoid geometrik dari data *co-site* GPS-sipat datar. Hasil perbandingan ditunjukan pada Tabel 1, dimana diperoleh nilai minimal dan maksimal, rerata dan STD bervariasi antar 3 klasifikasi luasan untuk studi kasus di wilayah Yogyakarta.

Tabel 12. Nilai perbandingan geoid gravimetric dan geometrik.

Luas	Min. (m)	Mak. (m)	$\bar{x}$ (m)	STD (m)	Data
L1	-1,022	1,223	0,145	**0,596**	22
L2	1,132	2,311	1,879	**0,397**	10
L3	1,886	2,590	2,339	**0,275**	7

Dari table 2 dapat terlihat bahwa untuk L1 mempunyai nilai ketelitian yang diperoleh dari nilai rerata sekitar 14 cm dengan variasi sekitar 0.6 m, dibanding dengan nilai ketelitian dari L2 dan L3 yang berturut-turut sekitar 1.9 m dan 2.3 m. Jika dilihat nilai variasi/STD untuk 3 luasan memiliki tren yang terbalik dengan nilai reratanya, dimana nilai L3 memiliki variasi yang lebih kecil dibandingkan dengan variasi/STD L2 dan L1. Hal ini mengindikasikan kemungkinan besarnya nilai ketelitian/rerata disebabkan adanya bias bidang referensi yang sangat besar di L3 dan L2 untuk wilayah yang dipilih/ditetapkan, sedangkan di L1 bias referensi ini dapat dieliminir/diminimalisasi dengan jumlah data kontrol yang lebih banyak dan lebih merata. Untuk mendapat penjelasan yang lebih akurat mengenai alasan perbedaan nilai rerata dan STD tersebut, maka dilakukan pengeplotan besarnya perbedaan sesuai dengan posisi titik kontrol, seperti ditunjukan pada Gambar 6.

Dari gambar 6 ditunjukan bahwa distibusi nilai perbandingan antara geoid gravimetrik dan geometrik di area L1 menunjukan pola yang bervariasi secara sistimatik dimana perbandingan bernilai positip untuk titik kontrol diwilayah bagian barat, lalu menjadi negatif dipanjang bagian tengah dan kembali positif di wilayah bagian timur DI Yogyakarta. Sebaliknya untuk L2 dan L3 menunjukan nilai perbandingan yang sistimatik, dimana semua nilai perbandingan adalah negatif. Nilai perbandingan di wilayah bagian barat L2 cenderung lebih besar dan berbeda signifikan dibandingkan dengan yang di wilayah bagian timurnya, sedangkan untuk luasan L3 nilai perbandingan disemua titik menunjukan nilai yang besar. Ditunjukan juga perubahan yang signifikan untuk nilai perbandingan antara L1 dan L2 meskipun menggunakan titik kontrol pembanding yang sama, seperti ditunjukan dengan nilai perbandingan yang kecil untuk wilayah tengah Di Yogyakarta untuk kasus L1 dan menjadi besar di kasus L2 yaitu titik-titik kontrol yang berada dibagian barat.

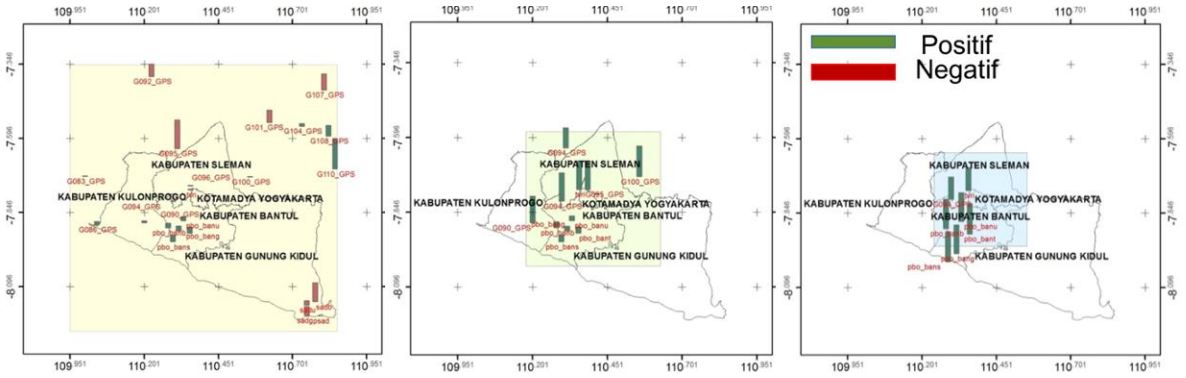
Hal ini dapat disebabkan, keterbatasan dari data gayaberat yang tersedia, terutama diwilayah-wilayah perbatasan mnyebabkan proses hitungan geoid dan intrepolasi tidak dapat dilakukan secara benar.

Untuk studi kasus di wilayah Cepu, juga menunjukan nilai perbandingan yang sama meski data pembanding yang digunakan sangat terbatas jumlahnya, dimana untuk wilayah yang paling luas memberikan nilai rerata dan STD yang paling kecil dibandingkan kasus data dengan wilayah yang lebih terbatas. Selanjutnya untuk wilayah Bekasi, nilai rerata dan STD tidak terlalu signifikan berubah, hal ini kemungkinan besar disebabkan kondisi topografi yang relative datar sehingga kekurang tersediaan data gayaberat terestris, sudah cukup diselesaikan dengan baik dari kontribusi model geopotensial global.

Kesimpulan

Berdasarkan dari penelitian ini maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Dilihat dari rentang, rerata dan STD nilai geoid untuk wilayah yang mempunyai luasan yang berbeda akan menghasilkan nilai yang bervariasi, terutama untuk wilayah dengan luasan data gayaberat yang paling besar.
2. Dilihat secara visual, pola kontur peta geoid untuk wilayah dengan berbagai luasan data gayaberat yang berbeda memiliki pola yang hampir sama untk wilayah dengan topografi yang relative datar, sedangkan akan sedikit berbeda untuk wilayah dengan topografi yang bervariasi.
3. Dibandingkan dengan nilai geoid geometrik



sebagai kontrol kualitas dari model geoid gravimetrik yang dihasilkan, diketahui bahwa ketelitian yang paling tinggi diperoleh untuk model geoid dari wilayah dengan luasan data gayaberat yang terbesar, dan semakin menurun ketelitiannya secara signifikan untuk wilayah yang ketersediaan data gayaberatnya terbatas, terutama di wilayah perbatasan.

Ucapan terima kasih

Data gayaberat di wilayah Cepu dan Bekasi yang digunakan adalah hasil kerjasama pengukuran UGM dengan PT Pertamina dan juga terdapat kontribusi data KGN, sedangkan data gayaberat terestris wilayah DI Yogyakarta diperoleh dari pengukuran yang telah didanai menggunakan dana hibah penelitia PUPT Dikti. Terimakasih juga disampaikan kepada BIG yang telah memberikan data GPS-TTG dan data gayaberat KGN, serta kepada para mahasiswa yang telah berkontribusi dalam melaksanakan pengukuran.

Daftar Pustaka

Featherstone, W. E., Kirby, J. F., Kearsley, A. H. W., Gilliland, J. R., and Johnston, G. M., 2001, "The AUSGeoid98 Geoid Model of Australia : Data Treatment , Computations and Comparisons with GPS-Levelling Data." Journal of Geodesy, Vol. 75, hal. 313–30

Heiskanen,W. A., and Moritz, H., 1967, Physical Geodesy, W.H. Freeman and Company, San Fransisco, USA

Hirt, Christian., 2013, "RTM Gravity Forward-Modeling Using Topography/ Bathymetry Data to Improve High-Degree Global Geopotential Models in the Coastal Zone", Marine Geodesy, Vol. 36 (2), hal. 1–20

Hong, Chang-ki, Jay Hyoun Kwon, Bo Mi Lee, Jisun Lee, Yun Soo Choi, and Suk-bae Lee., 2009, "Effects of Gravity Data Quality and Spacing on the

Hofman and Moritz, 2005, physical geodesy. Freeman and Company, San Fransisco, USA

Sideris, M.G., 2008, Geoid Determination by FFT Techniques, Department of Geomatics Engineering, University of Calgary, Kan

Torge, Wolfgang, 1989, Gravimetry, de Gruter, Berlin

Analisis Kenaikan Tinggi Muka Air Laut dari Data Multi-Satelit Altimetri Tahun 1996 hingga 2015 pada Stasiun Pasut Semarang dan Prigi

Maritsa Faridatunnisa, Leni Sophia Heliani[b]

[a,] Alumni Prodi S-2 Teknik Geomatika FT-UGM (maritsa.faridatunnisa@ugm.ac.id)
[b,] Staf Pengajar Prodi S-2 Teknik Geomatika FT-UGM (lheliani@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Measurement of SSH from satellite altimetry is done continously and precisely to reference ellipsoid. Therefore, SSH value from satellite altimetri is SSH value that geocentric or absolute based on terrestrial reference frame and unaffected by plate movement. This research objective is to analyze sea level rise from satellite altimetry data. Data that used are GDR (Geophysical Data Record) multi-satellite altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 and Jason-2. Ocean tide correction that is applied using global tide model FES2012. Corrected SSH value must be qualified from quality control to be referenced to geoid EGM96 to produce SLA (Sea Level Anomaly). Due to the long distance between tide gauge station and satellite altimetry track position, monthly grid is produced using Kriging method with grid spacing 0,02 degree. SLR calculation is done with linear regression method using deseasonalized monthly SLA value. The results of this research show that Semarang tide gauge station experiencing sea level rise by 6,6 mm/year and SEE (Standard Error of Estimate) and Prigi tide gauge station experiencing sea level rise by 7,6 mm/year with SEE 0,95 mm. From this research known that sea level rise is influenced by ENSO phenomenon and global sea level rise because of global warming.

Keywords *sea level rise, satellite altimetry, monthly grid, kriging*

Pendahuluan

Perubahan tinggi muka air laut global dipengaruhi oleh dua faktor utama, yaitu melelehnya es sehingga menambah *volume* air laut dan ekspansi termal, sedangkan perubahan tinggi muka air laut lokal dipengaruhi oleh berbagai faktor lokal yang lebih beragam (Marcy dkk, 2012). Pengamatan perubahan tinggi muka air laut pada masa kini dapat dilakukan dengan berbagai metode seperti pengamatan dari data pasang surut maupun pengamatan yang dilakukan dari satelit, seperti satelit altimetri.

Satelit altimetri mengukur *Sea Surface Height* (SSH) sejak awal tahun 1990 dan masih berlangsung hingga sekarang. Pengukuran SSH satelit altimetri mengandung dua informasi, yaitu (i) lokasi satelit yang presisi terhadap elipsoid referensi, dan (ii) tinggi satelit di atas permukaan laut yang diukur dari pulsa radar yang dipancarkan oleh satelit dan diterima kembali oleh satelit dari target (permukaan air). Perbedaan antara kedua poin tersebut menghasilkan nilai SSH yang relatif terhadap elipsoid referensi pada posisi dan waktu pengamatan. Oleh karena itu, nilai SSH satelit altimetri merupakan nilai SSH yang geosentris atau absolut terhadap kerangka acuan terestrial (Garcia dkk., 2007) dan tidak terpengaruh pergerakan lempeng. Nilai SSH yang tidak terpengaruh pergerakan lempang dapat digunakan untuk menghitung nilai kenaikan tinggi muka air laut (SLR) pada suatu wilayah perairan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai dan menganalisis kenaikan tinggi muka air laut pada stasiun pasut Semarang dan Prigi dari data satelit altimetri periode tahun 1996 s.d 2015.

Metodologi

Alat dan Bahan

Data yang digunakan pada penelitian ini adalah data GDR (*Geophysical Data Record*) multisatelit altimetri Topex/Poseidon, Jason-1 dan Jason-2. Rincian data satelit altimetri dijabarkan pada Tabel 1 berikut.

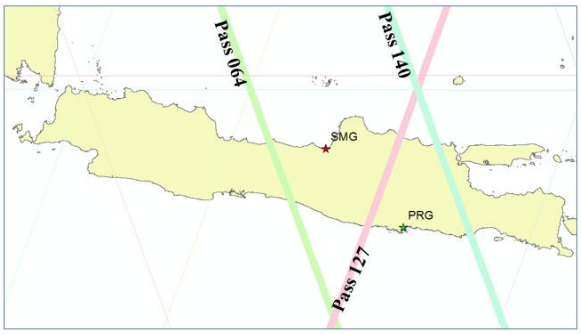
Tabel 1. Rincian periode data satelit altimetri

Satelit altimetri	Waktu
Topex/Poseidon	1996 s.d 2002
Jason-1	2002 s.d 2009
Jason-2	2009 s.d 2015

Data GDR multisatelit altimetri tersebut diperoleh dari hasil mengunduh dari masing-masing situs

penyedia data GDR yaitu ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/topex/L2/mgdrb untuk mengunduh data GDR satelit Topex/Poseidon, laman ftp://podaac-ftp.jpl.nasa.gov/allData/jason1/L2/gdr_netcdf_c/ untuk mengunduh GDR Jason-1 dan laman ftp://data.nodc.noaa.gov/pub/data.nodc/jason2/gdr/gdr/ untuk mengunduh GDR Jason-2. Data yang diunduh adalah *pass* yang melewati lokasi pengamatan. Stasiun pasut Semarang dilewati oleh dua *pass* satelit altimetri yang mengapitnya, yaitu *pass* 064 dan 127. Stasiun pasut Prigi dilewati oleh *pass* 127 dan 150. Oleh karena itu, data GDR Multisatelit altimetri yang diunduh adalah *pass* 064, 127 dan 140 setiap *cycle* selama waktu pengamatan. Semua data pengamatan satelit altimetri dapat diunduh secara gratis.

Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1. Stasiun pasut Semarang berada pada utara pulau Jawa dengan koordinat -6,947ºLS 110,42ºBT, sedangkan stasiun pasut Prigi berada di selatan Pulau Jawa dengan koordinat -8,286ºLS 111,727ºBT.



Gambar 1. Lokasi penelitian

Data pendukung lain yang digunakan dalam penelitian adalah data Model Geopotensial Global (MGG) EGM96 dan data model pasang surut global FES2012. Pengolahan dilakukan menggunakan beberapa perangkat lunak seperti BRAT (*Basic Radar Altimetry Toolbox)*, QGIS, Ferret for Linux, intptdac.exe dan Surfer10s.

Pengolahan Data Satelit Altimetri

Data satelit yang diambil dibatasi hanya 100 km dari daratan karena pada penelitian ini hanya digunakan data yang dekat dengan daratan. Jarak 100 km dari daratan dipilih karena dianggap pada jarak tersebut masih dapat merepresentasikan nilai kenaikan tinggi muka air laut pada lokasi stasiun pasut. Selain itu juga untuk menjaga jumlah sampel data agar masih mencukupi jika ada data yang kurang baik di dekat daratan. Pemilihan ini dilakukan dengan perangkat lunak QGIS untuk mengetahui batasan *pass* sepanjang 100 km dari daratan. Batas koordinat *pass* satelit altimetri yang digunakan pada masing-masing *pass* disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Batasan koordinat *pass* yang digunakan pada penelitian

Stasiun pasut	***Pass***	**Batas atas**	**Batas bawah**
Semarang	064	-5,965 LS ; 109,151 BT	-6,829 LS ; 109,456 BT
	127	-5,889 LS ; 111,998 BT	-6,657 LS ; 111,709 BT
Prigi	127	-8,356 LS ; 111,089 BT	-9,136 LS ; 110,797 BT
	140	-8,411 LS ; 112,869 BT	-9,271 LS ; 113,175 BT

Ekstrak data dilakukan menggunakan perangkat lunak *Basic Radar Altimetry Toolbox* (BRAT) terhadap data GDR satelit altimetri. Komponen pada formula ekstrak SSH masing-masing satelit altimetri sama, namun dengan nama komponen yang berbeda. Formula ekstrak SSH setiap satelit altimetri disajikan pada persamaan (1), (2) dan (3).

$$SSH_{T/P} = (((((((Sat\_alt - H\_Alt) - Dry\_Corr) - Inv\_Bar) - H\_Eot\_FES) - H\_Set) - H\_Pol) - SSB\_Corr\_K1) - Iono\_Cor) - Wet\_H\_Rad \quad (1)$$

$$SSH_{J1} = ((((((((((altitude - range\_ku) - model\_dry\_topo\_corr) - (hf\_fluctuations\_corr + inv\_bar\_corr)) - ocean\_tide\_sol1) - solid\_earth\_tide) - pole\_tide) - sea\_state\_bias\_ku) - iono\_corr\_alt\_ku) - rad\_wet\_tropo\_corr) - pseudo\_datation\_bias\_corr\_ku) \quad (2)$$

$$SSH_{J2} = (((((((alt - range\_ku) - model\_dry\_topo\_corr) - (hf\_fluctuations\_corr + inv\_bar\_corr)) - ocean\_tide\_sol1) - solid\_earth\_tide) - pole\_tide) - sea\_state\_bias\_ku) - iono\_corr\_alt\_ku) - rad\_wet\_tropo\_corr \quad (3)$$

Dalam hal ini:
Sat_alt, altitude, alt : tinggi satelit altimetri dari elipsoid referensi
H_alt, range_ku : tinggi satelit altimetri dari permukaan laut
Dry_Corr, model_dry_topo_corr : koreksi troposfer kering
Inv_Bar, inv_bar_corr : koreksi inverse barometer
H_Eot_FES, ocean_tide_sol1 : koreksi pasut laut
H_Set, solid_earth_tide : koreksi pasut bumi padat
H_Pol, pole_tide : koreksi pasut kutub
SSB_Corr_K1, sea_state_bias_ku: koreksi sea state bias
Iono_Cor, iono_corr_alt_ku : koreksi ionosfer
Wet_H_Rad, rad_wet_tropo_corr : koreksi troposfer basah
pseudo_datation_bias_corr_ku : koreksi bias pseudo altimeter datation hanya untuk data satelit

Jason-1 versi c atau lebih tinggi

Pada penelitian ini diekstrak nilai ketinggian muka air laut (SSH) yang selanjutnya akan direferensikan dengan geoid dari model EGM96 yang telah diekstrak untuk menghasilkan nilai SLA. Pada proses ekstrak diperlukan beberapa koreksi, salah satunya adalah koreksi geofisik. Koreksi geofisik terdiri dari pasang surut laut (*ocean tide*), pasut pembebanan (*loading tide*), pasut bumi padat (*solid earth tide*), pasut kutub (*pole tide*) dan pasut atmosfer. Pada penelitian ini, nilai SSH satelit altimetri yang diekstrak tidak diberikan koreksi pasut laut karena koreksi pasut laut akan diberikan secara terpisah menggunakan model pasut global FES2012. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Faridatunnisa pada 2015, model pasut yang paling sesuai dengan perairan pulau Jawa adalah model pasut FES2012. Digunakannya model FES2012 sebagai koreksi pasut laut, diharapkan nilai SSH terkoreksi pasut laut yang dihasilkan akan lebih baik.

Selain koreksi pasut laut, koreksi pasut kutub juga tdak digunakan sebagai salah satu koreksi geofisik yang digunakan untuk ekstrak SSH satelit altimetri untuk menjaga kekonsistenan dengan data pasut (Fenoglio-Marc dkk., 2012). Untuk koreksi lingkungan seperti troposfer kering dan basah, ionosfer, *sea state bias* serta koreksi geofisik lain seperti pasut pembebanan dan bumi padat diterapkan pada SSH satelit altimetri (Fenoglio-Marc dkk., 2012) menggunakan model koreksi yang telah disediakan oleh masing-masing misi satelit altimetri.

Nilai SSH yang telah diekstrak harus dihilangkan dari data *outlier* untuk menghilangkan data yang mengandung bias. Hal tersebut dapat dilakukan dengan cara : (a) menghilangkan data yang tidak memiliki nilai akuisisi, (b) menghilangkan data pada daratan dan (c) menghilangkan data lonjakan (*spike*) (Putra, 2013). Sebelum penghilangan data *spike* dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pemilihan titik normal dan pengelompokan data.

SLA merupakan ketinggian muka air laut terhadap model bumi fisis atau geoid. Nilai SLA dapat diperoleh dengan mengurangkan nilai SSH terhadap nilai undulasi geoid. Nilai SSH hasil ekstrak dari data mentah satelit altimetri menggunakan perangkat lunak BRAT kemudian dikurangkan terhadap nilai undulasi geoid EGM96 pada titik yang sama dari hasil ekstrak aplikasi intptdac.exe. Nilai SLA ini kemudian diberikan koreksi pasang surut laut menggunakan model pasut global FES2012. Nilai konstanta harmonik pasut utama yang digunakan untuk koreksi pasut laut yaitu nilai amplitudo konstanta harmonik M2, S2, K1 dan O1.

Pengelompokan Data Satelit Altimetri Bulanan

Nilai SLA dari data satelit altimetri perlu dikelompokkan berdasarkan bulannya. Data tersebut kemudian dibuat grid dengan perangkat lunak Surfer. Kelompok data untuk membuat grid utara Jawa terdiri dari data dua *pass* yang melewati stasiun pasut Semarang yaitu *pass* 064 dan *pass* 127 bagian utara dari ketiga multi satelit yang digunakan. Begitu juga untuk pembuatan grid bagian selatan Jawa terdiri dari data dua *pass* multisatelit altimetri yang melewati stasiun pasut Prigi yaitu *pass* 127 bagian selatan dan *pass* 140. Setelah kedua *pass* digabungkan untuk masing-masing stasiun pasut, diurutkan berdasarkan tanggal terdahulu hingga tanggal terbaru untuk kemudian dipisahkan perbulan.

Pembuatan grid dan penentuan titik pendekatan

Data SLA satelit altimetri perbulan dijadikan *input* untuk membuat grid pada perangkat lunak Surfer. Grid dari data bulanan SLA satelit altimetri dibuat dengan metode Kriging dengan ukuran grid 0,02 derajat. Pembuatan grid ini dibagi menjadi dua bagian, yaitu grid bagian utara untuk stasiun pasut Semarang dan grid bagian selatan untuk stasiun pasut Prigi. Perangkat lunak Surfer akan otomatis membentuk grid dari data *input* yang telah ditentukan komponen X, Y dan Z serta menentukan besaran spasi grid dan metode yang digunakan. Setelah grid bulanan selesai dibentuk, selanjutnya ditentukan titik grid pendekatan yang terdekat dengan masing-masing koordinat stasiun pasut seperti yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koordinat dan titik grid pendekatan

Stasiun	Koordinat grid pendekatan	Jarak grid dengan stasiun pasut
Prigi	-8,28 LS 111,74 BT	0,829 km
Semarang	-6,94 LS 110,42 BT	0,822 km

Nilai SLA pada interpolasi kemudian divisualisasikan pada Matlab. Visualisasi ini hanya untuk melihat pola masing-masing data sehingga untuk mengetahui nilai kenaikan tinggi air masing-masing data harus dilakukan perhitungan untuk memperoleh nilai SLR. Sebelum data divisualisasikan dan dihitung SLR, data bulanan multi satelit altimetri ini harus dihilangkan dari komponen musimannya dengan metode dekomposisi musiman untuk menghasilkan *deseasonalized* data.

Perhitungan SLR dengan regresi linear

Setelah data bulanan pasut dan satelit altimetri dihilangkan dari komponen musimannya maka kedua data tersebut dapat digunakan untuk menghitung besarnya kenaikan tinggi muka air laut. Langkah ini dilakukan dengan menghitung komponen regresi linear. Menurut Nawari (2010) dan Ebdon (1985) dalam Putra (2013), persamaan analisis regresi linier disajikan pada persamaan (4).

$$y = a + bx \quad (4)$$

dimana y adalah tinggi muka air laut, a adalah nilai offset, b adalah tingkat kenaikan (*slope* atau *trend*) dan x adalah waktu. Nilai a dan b merupakan konstanta regresi linear. Konstanta a biasa disebut dengan *intercept* sedangkan b disebut dengan *slope*. *Intersept* merupakan jarak titik awal atau titik potong garis regresi dengan sumbu Y, sedangkan *slope* adalah nilai kemiringan garis regresi terhadap sumbu X (Khasanah, 2015). Rumus penentuan konstanta regresi linier disajikan pada (5) dan (6). Dalam hal ini X adalah rerata variabel x dan Y adalah rerata variabel y.

$$b = \frac{\sum xy - nXY}{\sum x^2 - nX^2} \quad (5)$$

$$a = \bar{Y} - bX \quad (6)$$

Nilai konstanta regresi linier kemudian digunakan untuk menghitung nilai kenaikan tinggi muka air laut atau *Sea Level Rise* (SLR) pertahun. Konsep perhitungan ini adalah dengan mencari beda tinggi dari kemiringan (*slope*) *trend*, kemudian dibagi dengan banyaknya tahun data (n). Model matematis perhitungan SLR disajikan pada persamaan (7).

$$SLR = \left(\frac{dh}{n}\right) x1000 \quad (7)$$

Nilai *dh* merupakan besarnya beda tinggi yang dapat dihitung dengan persamaan II.51.

$$dh = y_1 - y_n \quad (8)$$

Dimana y_1 adalah nilai y pada x yang sama pada data pertama dan y_n adalah nilai y pada x yang sama pada data ke n. Nilai ketelitian estimasi *trend* dapat diketahui dengan menghitung nilai kesalahan estimasi atau *Standard Error of Estimate* (SEE) dengan persamaan (9).

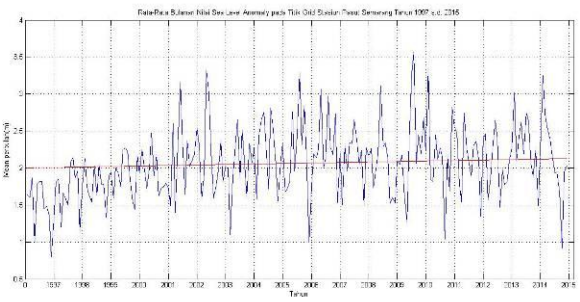
$$SEE = \sqrt{\frac{\sum (y_{trendkei} - y_{yaktualkei})^2}{n-2}} \quad (9)$$

dimana y_{trend} adalah nilai y sepanjang *trend* linier dan y_{aktual} adalah nilai y sebenarnya.

Hasil dan Pembahasan

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa jarak antara posisi stasiun pasut dengan titik grid pendekatan cukup dekat yaitu kurang dari 1 km karena spasi grid yang rapat. Jarak titik pendekatan yang dekat dengan titik stasiun pasut dapat lebih merepresentasikan nilai ketinggian air di stasiun pasut. Pembuatan grid ini menggunakan dua *track* satelit altimetri yang melewati stasiun pasut dimana posisi stasiun pasut berada diantara kedua *track* satelit altimetri yang melewatinya tersebut. oleh karena itu, interpolasi nilai tinggi air pada titik grid pendekatan dikontrol oleh kedua data di kanan dan kiri titik stasiun pasut. Dari hasil perhitungan diperoleh persamaan *trend* linier stasiun pasut Semarang adalah y = 2,0009 + 0,000556x dengan nilai SLR 6,6 mm/tahun dan SEE 0,5 mm. Dari nilai tersebut dapat diketahui bahwa stasiun pasut Semarang mengalami kenaikan tinggi muka air laut. Plot data rerata bulanan dan *trend* linier bulanan satelit altimetri di stasiun pasut Semarang disajikan pada gambar 2.

Gambar 2. Visualisasi nilai SLA bulanan dan *trend* linier



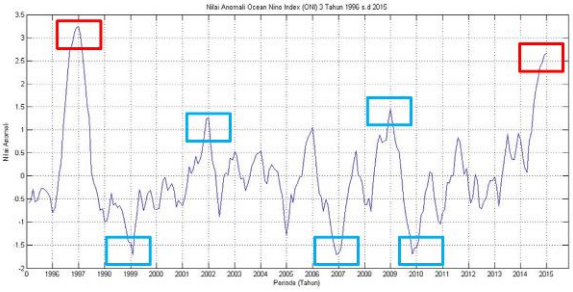
stasiun pasut Semarang pada titik grid pendekatan

Pada gambar 2 disajikan visualisasi data pasut bulanan dan *trend* linier bulanan stasiun pasut pasut Semarang dengan garis berwarna merah. Data tersebut merupakan data *time-series* dari tahun 1997 hingga tahun 2015. Pada awal grafik yatu pada tahun 1997 terlihat bahwa nilai rerata SLA lebih rendah daripada nilai SLA pada tahun berikutnya. Hal ini dikarenakan pada tahun 1997 Indonesia mengalami fenomena El Nino yang sangat besar (Null, 2016). Pada saat peritiwa El Nino, terjadi musim kemarau yang panjang di Indonesia sehingga curah hujan rendah. Oleh karena itu, tinggi muka air laut di Indonesia mengalami penurunan atau cenderung lebih rendah. Dimulai dari penurunan nilai rerata SLA di awal periode dan diakhiri dengan penurunan nilai rerata SLA di akhir tahun 2015 karena terjadi peristiwa El Nino yang kuat pada Desember 2015 tetap menyebabkan nilai kenaikan tinggi muka air laut di stasiun pasut Semarang tinggi karena secara keseluruhan terjadi kenaikan muka air laut dari awal periode hingga akhir periode.

Periode El Nino dan La Nina sejak tahun 1996 hingga 2015 dapat dilihat pada Gambar 3. Terdapat korelasi yang bernilai negatif antara data SLA satelit altimetri dan data Indeks Nino3 yang berarti hubungan antar keduanya bersifat berkebalikan. Semakin tinggi nilai SLA, maka akan semakin rendah nilai Indeks Nino3 dan sebaliknya. Peristiwa ENSO memberikan pengaruh sebesar 11,25% terhadap perubahan tinggi muka air laut di perairan Pulau Jawa (Khasanah, 2015).

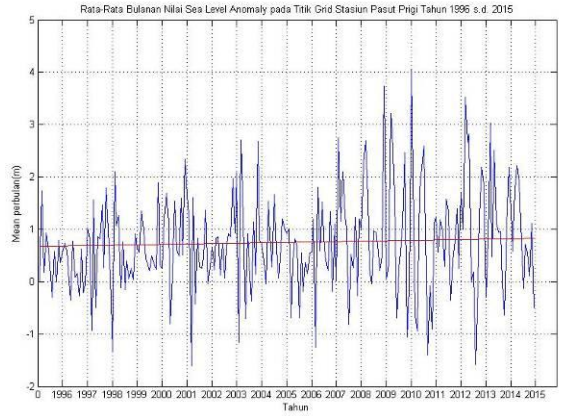
Pada gambar 3 dapat dilihat bahwa terjadi peristiwa El Nino yang sangat kuat yang terjadi pada tahun 1997 dan akhir tahun 2015. Hal ini berhubungan dengan plot SLA bulanan pada gambar IV.3 bahwa terjadi penurunan nilai SLA yang signifikan pada tahun 1997 dan akhir tahun 2015. El Nino sedang (*moderate* El Nino) terjadi pada tahun 2002-2003 dan

2009-2010. La Nina sedang (moderate La Nina) terjadi pada periode 1998-1999, 2007-2008 dan 2010-2010, sedangkan La Nina kuat terjadi pada 1999-2000. Grafik Nino Indeks 3 dapat membuktikan adanya fenomena El Nino dan La Nina yang menyebabkan kenaikan dan penurunan tinggi muka air laut di wilayah perairan Indonesia. Pada gambar IV.4, kotak merah menunjukkan adanya El Nino yang sangat kuat (*Very Strong* El Nino). Kotak biru menunjukkan adanya El Nino dan La Nina sedang.



2015 dari data Indeks Nino3 (NOAA, 2016)

Perhitungan nilai SLR stasiun pasut Prigi menggunakan data multisatelit altimetri tahun 1996 hingga 2015 diperoleh persamaan *trend* linier adalah y = 0,6719 + 0,000642x. Nilai SLR pada periode tahun tersebut adalah 7,6 mm/tahun dengan ketelitian atau SEE sebesar 0,95 mm/tahun. Dari nilai tersebut berarti terjadi kenaikan tinggi muka air laut dari tahun 1996 hingga tahun 2015. Visualisasi data dan *trend* linier bulanan multisatelit altimetri pada stasiun pasut Prigi disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Visualisasi nilai dan trend linier bulanan stasiun pasut Prigi tahun 1996 s.d 2015

Peristiwa El Nino terjadi apabila Samudra Pasifik tengah dan timur bersuhu lebih panas yang menyebabkan meningkatnya suhu dan kelembaban atmosfer di atasnya sehingga menciptakan awan yang akan meningatkan curah hujan. Indonesia yang berada di bagian barat Samudra Pasifik terjadi kenaikan tekanan udara yang menyebabkan terhambatnya pertumbuhan awan di atas lautan Indonesia (Riyadi, 2015). Keadaan perairan laut di Indonesia mengalami penurunan karena aliran air laut dari perairan bersuhu rendah (tekanan tinggi) ke perairan bersuhu tinggi (tekanan rendah) (Khasanah, 2015).

Peristiwa La Nina memiliki sifat yang berkebalikan dengan peristiwa El Nino karena pada peristiwa La Nina perairan Indonesia bersuhu lebih tinggi sehingga terbentuk awan di atmosfer yang meningkatkan curah hujan. Suhu perairan yang lebih tinggi di Indonesia teraliri air laut dari perairan bersuhu rendah pada Samudra pasifik tengah dan timur yang menyebabkan tinggi muka air laut di Indonesia meningkat. Oleh karena itu, nilai kenaikan tinggi muka air laut yang besar terjadi pada periode tahun 2002 hingga 2009 karena adanya perbedaan peristiwa yang terjadi pada wilayah perairan di Indonesia pada awal dan akhir periode.

Selain disebabkan oleh peristiwa El Nino dan La Nina, kenaikan muka air laut juga disebabkan karena perubahan iklim yang terjadi. *House of Perliament* pada 2010 menyatakan bahwa secara global, kenaikan tinggi muka air laut disebabkan karena ada ekspansi laut, *mountain glaciers* dan *ice-sheets*. Pemanasan global menyebabkan suhu permukaan bumi naik sehingga air laut mengalami ekspansi seiring dengan naiknya temperatur global melalui proses yang disebut dengan ekspansi termal. Selain itu, perubahan iklim menyebabkan *glacier* meleleh lebih cepat dibandingkan waktu yang dibutuhkan untuk mengumpulkan massa lewat salju. Hal ini juga terjadi pada *ice sheets* yang kehilangan massa karena ketidakseimbangan *ice sheets* yang meleleh dengan jumlah es yang terbawa ke laut karena alur glasial dan dengan es yang terbentuk oleh presipitasi pada *ice sheet* itu sendiri.

Kesimpulan

Nilai SLR metode bulanan data multisatelit altimetri pada stasiun pasut Semarang tahun 1997 s.d 2015 menghasilkan nilai 6,61 mm/tahun. Pada stasiun pasut Prigi, nilai SLR dari data multisatelit altimetri tahun 1996 s.d. 2015 adalah 7,6 mm/tahun dengan SEE sebesar 0,95 mm/tahun. Kenaikan tinggi muka air laut erat kaitannya dengan fenomena di laut seperti ENSO atau fenomena global seperti pemanasan global. Saran yang dapat diambil untuk penelitian selanjutnya adalah diperlukan data satelit altimetri yang memiliki jarak antar *pass*/*track* yang lebih rapat seperti satelit Envisat. Selain itu, penanganan data satelit altimetri di dekat daratan perlu lebih diperhatikan untuk menghasilkan nilai SLR yang lebih representatif dan mendekati keadaan sebenarnya.

Acknowledgement

Penulis berterimakasih kepada NASA dan NOAA yang telah menyediakan data satelit altimetri secara bebas dan mudah diakses. Selain itu juga tak lupa

terimakasih kepada Isna Uswatun Khasanah yang telah memperbolehkan menggunakan data EGM96 untuk digunakan pada penelitian ini.

Daftar Pustaka

Faridatunnisa, M, 2015, Evaluasi Ketelitian Model Pasang Surut dan Regional dan Global menggunakan Data Pasang Surut Terestris dan Satelit Altimetri di Wilayah Perairan Pulau Jawa, *Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Fenoglio-Marc, L., dkk., 2012, *Sea Level Change and Vertical Motion from Satellite Altimetry, Tide Gauges and GPS in the Indonesian Region*. Marine Geodesy, (January 2013), 120917123827008. http://doi.org/10.1080/01490419.2012.718682.

Garcia, D., dkk., 2007, *Vertical Crustal Motion along the Mediterranean and Black Sea Coast Derived from Ocean Altimetry and Tide Gauge Data*, Pure and Applied Geophysics. 164 (2007) 851-863 DOI 10.1007/s00024-007-0193-8.

Khasanah, I.U., 2015, *Variasi Permukaan Laut Perairan Pulau Jawa berdasarkan Data Satelit Altimetri dan Pasang Surut*. Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Marcy D., dkk., 2012, *Incorporating Sea Level Change Scenarios at the Local Level*, NOAA Coastal Service Center.

Putra, I.W.K.E., 2013, *Evaluasi Hasil Post-Processing Data Satelit Altimetri Envisat sebaga Data Prediksi Ancaman Peningkatan Muka Air Laut untuk Pemetaan Genangan Wilayah Pesisir*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Riyadi, 2015, *Pengamatan Pasang Surut Air Laut di Pelabuhan Bitung sebagai Prediksi Awal Terjadinya El-Nino dan La-Nina*, Stasiun Geofisika, Manado.

Analisis Data GNSS pada Jaring TGD dan SGY Pemataun Patahan Opak Tahun 2015 dan 2016

Nurrohmat W[a)], Leni SH[b)], Parseno[c)], Ruli A[d)], Afradon AS[e)]

[a)] Departemen Teknik Geodesi FT UGM (nwidjajanti@ugm.ac.id)

[b)] Departemen Teknik Geodesi FT UGM (lheliani@ugm.ac.id)

[c)] Departemen Teknik Geodesi FT UGM (parseno@ugm.ac.id)

[d)] Departemen Teknik Geodesi FT UGM (ruliandaru@ugm.ac.id)

[e)] Mahasiswa Magister Teknik Geomatika FT UGM (afradon.aditya@gmail.com)

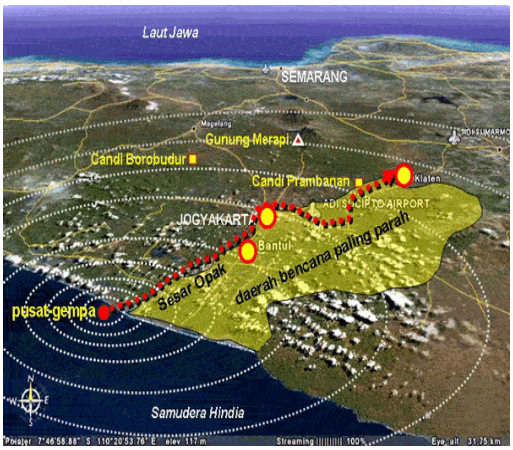
ABSTRACT

Yogyakarta is a disaster-prone area because it caused one of them for Opak faults. This fault became more popular after Yogyakarta and Central Java earthquake in 2006. The suspected cause is a fault Opak activity. Active Fault Opak with potential for relatively high seismicity of the region need to be monitored continuously. Monitoring is carried out with the procurement of observation stations around the Opak Fault. Procurement observation stations around the Opak Fault has been done by Geodesy Laboratory, Department of Geodesy, Faculty of Engineering in 2013. The observation stations consist of points of Geodesy (TGD), Segoroyoso (SGY), and Opak (OPK). GNSS technology is already widely used to monitor the area that has the potential for disaster as Opak Fault deformation monitoring. This paper presents an analysis of the GNSS measurement data on Opak Fault monitoring points in 2015 and 2016. The results of GNSS measurements of SGY and TGD stations are evaluated to determined the multipath and ionosphere conditions. Further processing is done to obtain the coordinates and its standard deviation as the material for the analysis of movement. The result shows that there are several monitoring points have value multipath and ionosphere is greater than the tolerance. The precision components of North and East is higher than the value of the Height component. Meaning that the horizontal component precesion reaches the fraction of a millimeter and the vertical component reachers the fraction of a centimeter. The coordinates movement of Opak Fault monitoring points between 2015 s.d. 2016 has a value in the fraction of a centimeter.

Keywords: GNSS monitoring points, the precision of the coordinates, Opak Fault

Pendahuuan

Gempa bumi tektonik merupakan fenomena alam yang terjadi karena tumbukan lempeng bumi yang bergerak setiap saat. Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tanggal 27 Mei 2006 merupakan salah satu gempa bumi tektonik di Indonesia yang banyak menelan korban jiwa. Gempa bumi tersebut diduga diakibatkan oleh aktifitas Patahan Opak. Patahan Opak merupakan patahan yang berada di sekitar Sungai Opak Yogyakarta (Gambar 1). Patahan Opak ini berarah timur laut-barat daya, dimana blok timur relatif bergeser ke utara dan blok barat ke selatan dengan lebar dari zona patahan ini diperkirakan sekitar 2,5 km (Subowo, dkk., 2007). Berdasarkan kajian *after shock* yang datanya diambil selama 3 bulan dimulai hari keempat setelah gempa, patahan penyebab gempa berada kurang lebih 10 km s.d. 20 km di sebelah Timur dari rendahan Patahan Opak (Walter, dkk., 2008).



Gambar 1. Lokasi Patahan Opak

(http://oldies.insist.or.id/userfiles/image/petagempa.gif)

Aktifnya Patahan Opak dengan potensi kegempaan relatif tinggi perlu dilakukan pemantauan kawasan

tersebut secara kontinyu. Pemantauan dilakukan dengan pengadaan stasiun pengamatan yang tersebar di sekitar lokasi Patahan Opak. Pengadaan stasiun pengamatan di sekitar Patahan Opak telah dilakukan oleh Laboratorium Geodesi Jurusan Teknik Geodesi FT UGM tahun 2013 (Widjajanti, dkk., 2013). Stasiun pengamatan di kawasan tersebut terdiri atas 7 stasiun Teknik Geodesi (TGD), 5 stasiun Segoroyoso (SGY), dan 5 stasiun Opak (OPK) yang selanjutnya disebut sebagai titik pantau.

Teknologi GNSS sudah banyak digunakan untuk memantau kawasan yang memiliki potensi bencana. Salah satunya untuk pemantauan deformasi Patahan Opak. Pengukuran dengan GNSS pada titik pantau tersebut sudah dilakukan oleh tim Geodesi UGM secara kontinyu mulai tahun 2013 s.d. 2016 (Widjajanti, dkk., 2013, Widjajanti dan Parseno, 2014, Widjajanti, dan Parseno, 2015 serta Widjajanti, dkk., 2016).

Pengolahan data GNSS tahun 2014 menghasilkan nilai simpangan baku terbesar 1,4 cm pada titik SGY3 dan TGD4 untuk komponen X. Nilai simpangan baku terkecil 6 mm pada titik SGY1 dan SGY6 untuk komponen X. Pada komponen Y, nilai simpangan baku terbesar dan terkecil berturut-turut sebesar 3,6 cm pada titik SGY3 dan 1,1 cm pada titik SGY6. Pada komponen Z, nilai simpangan baku terbesar dan terkecil berturut-turut sebesar 8 mm pada titik SGY3 dan 3 mm pada titik SGY6. Berdasar nilai simpangan baku tersebut dapat dikatakan bahwa titik SGY6 mempunyai ketelitian terkecil untuk komponen X, Y dan Z. Sedangkan titik SGY3 mempunyai ketelitian terbesar untuk komponen X, Y dan Z (Widjajanti dan Parseno, 2014).

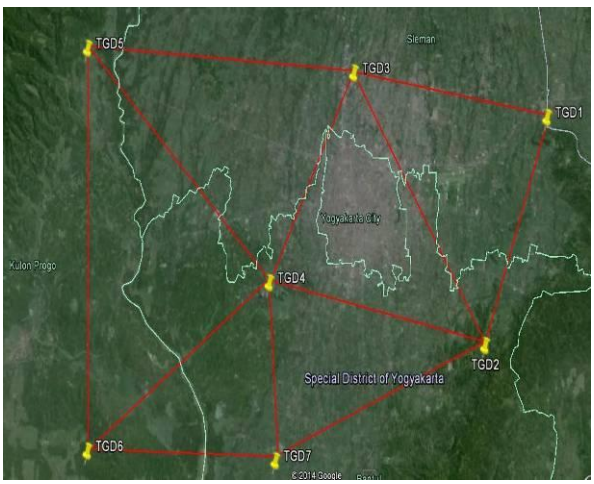
Pengolahan data GNSS tahun 2015 dibedakan dengan pengolahan global dan lokal. Pengolahan global pada *project* fix1, fix2, dan fix3 sedangkan pengolahan lokal pada *project* fix4 (Widjajanti, dkk., 2015). Pengolahan *project* fix1 melibatkan 12 titik IGS, stasiun jaring makro TGD dan jaring mikro SGY. Pengolahan *project* fix2 melibatkan 12 titik IGS dan stasiun jaring makro TGD. Pengolahan *project* fix3 melibatkan 12 titik IGS dan jaring mikro SGY. Pengolahan *project* fix4 melibatkan TGD hasil olahan *project* fix2 dan dan jaring mikro SGY. Koordinat stasiun jaring makro TGD hasil hitungan dengan titik ikat global yang diolah bersama dengan jaring mikro SGY menghasilkan simpangan baku yang lebih kecil dibandingkan hasil pengolahan tanpa melibatkan jaring mikro SGY. Selisih rata-rata simpangan baku pada komponen X, Y, dan Z berturut-turut sebesar 0,5 mm, 1,5 mm dan 0,2 mm. Koordinat stasiun jaring mikro SGY hasil hitungan dengan titik ikat global yang diolah bersama dengan jaring makro TGD menghasilkan simpangan baku yang lebih kecil dibandingkan hasil pengolahan dengan titik ikat lokal. Selisih rata-rata simpangan baku pada komponen X, Y, dan Z berturut-turut sebesar 1 mm, 2,5 mm dan 0,4 mm.

Ketelitian komponen *North* dan *East* lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai komponen *Up*. Hal ini berarti ketelitian komponen horizontal relatif baik mencapai fraksi sentimeter dibandingkan ketelitian komponen vertikal. Namun demikian secara keseluruhan hasil ini belum maksimal, karena pengolahan data dengan perangkat ilmiah ketelitiannya masih rendah. Ketelitian yang relatif rendah tersebut disebabkan karena lama pengukuran GNSS tahun 2015 masing-masing titik hanya 8 jam (Widjajanti, dkk., 2015). Hasil cek kualitas data dengan TEQC memang menunjukkan ada sebagian titik yang belum memenuhi toleransi. Berdasarkan pengamatan visual di lokasi titik-titik pantau pada tahun 2015, kondisi sekitar lokasi titik sudah lebih banyak tumbuhan rindang jika dibandingkan dengan kondisi tahun 2014. Hal ini juga mempengaruhi ketelitian koordinat yang dihasilkan. Hal ini juga terbukti bahwa hasil penelitian tahun 2015 ketelitian koordinatnya lebih rendah dibandingkan dengan koordinat tahun 2014 (Widjajanti, N. dan Parseno, 2015). Hal yang disarankan semestinya dipertimbangkan *sky of view* lokasi titik pantau dan lama waktu pengukuran diperpanjang supaya kesalahan dan bias dapat lebih direduksi. Ketika waktu pengamatan GPS melebihi 24 jam, nilai ketelitian dapat mencapai fraksi milimeter. Solusi ini diperlukan dalam menentukan posisi yang presisi untuk aplikasi analisis deformasi.

Berdasar hasil analisis penelitian terdahulu bahwa lama pengukuran memang harus diperpanjang. Dengan demikian pada tahun 2016 lama waktu pengukuran GNSS berbeda dari tahun sebelumnya. Oleh karena dalam analisis deformasi diperlukan suatu koordinat yang mempunyai ketelitian tinggi, maka ketelitian hasil pengukuran GNSS ini merupakan hal utama yang perlu dikaji. Paper ini bertujuan untuk mengkaji data GNSS hasil pengukuran tahun 2016 yang diolah dengan perangkat lunak ilmiah GAMIT/GLOBK.

Metodologi

Pengumpulan data primer dilakukan dengan pengukuran titik pantau deformasi Patahan Opak menggunakan teknologi GNSS yang terdiri atas 8 titik TGD dan 7 titik SGY. Jarak *baseline* pada konfigurasi jaring makro berkisar antara 15 km s.d. 30 km. *Baseline* pada jaring makro masih tergolong *baseline* pendek karena mayoritas jarak *baseline* kurang dari 30 km. Jarak *baseline* paling pendek terdapat pada titik pantau TGD3 s.d. TGD4 dengan jarak sekitar 13 km, sedangkan jarak paling panjang terdapat pada titik pantau TGD1 s.d. TGD6 dengan jarak sekitar 36 km. Konfigurasi titik pantau jaring makro TGD dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sketsa konfigurasi jaring makro TGD

Jarak *baseline* pada konfigurasi jaring mikro relatif lebih pendek dibandingkan jaring makro. Jarak antar titik pantau berkisar antara 2 km s.d 9 km. Jarak *baseline* paling pendek terdapat pada titik pantau SGY5 s.d. SGY6 dengan jarak sekitar 2,3 km. Jarak paling panjang terdapat pada titik pantau SGY6 s.d. SGY2 dengan jarak sekitar 9,2 km. Gambar 3 menunjukkan konfigurasi titik pantau jaring mikro SGY.



Gambar 3. Sketsa konfigurasi jaring mikro SGY

Perbedaan dengan data GNSS tahun sebelumnya, titik TGD diukur dengan lama pengamatan selama 4 hari dan titik SGY diukur hanya dalam 2 hari dengan masing-masing *sampling rate* 15". Pengukuran dilakukan pada tanggal 5 s.d. 8 Mei 2016. *Receiver* GNSS tipe geodetik dual frekuensi beserta perlengkapannya sebagai alat utama untuk melakukan pengukuran GNSS metode relatif statik sebanyak 14 unit. Selain itu ada tiga penambahan jumlah titik pantau. Ketiga tambahan titik tersebut merupakan titik baru hasil pemindahan titik sebelumnya. Titik TGD4E pindahan dari titik TGD4, titik SGY3E pindahan dari titik SGY3, titik SGY5E pindahan dari titik SGY5. Dengan demikian data yang diolah sebanyak 15 titik pantau. Titik IGS yang digunakan dalam pengolahan yaitu ALIC, DARW, GUUG, PBRI, DGAV, YARR, dan IISC.

Cek kualitas data pengamatan dilakukan dengan perangkat lunak *Translation, Editing and Quality Check* (TEQC). Pengolahan data dilakukan dengan perangkat lunak GAMIT/GLOBK untuk menentukan koordinat beserta ketelitiannya.

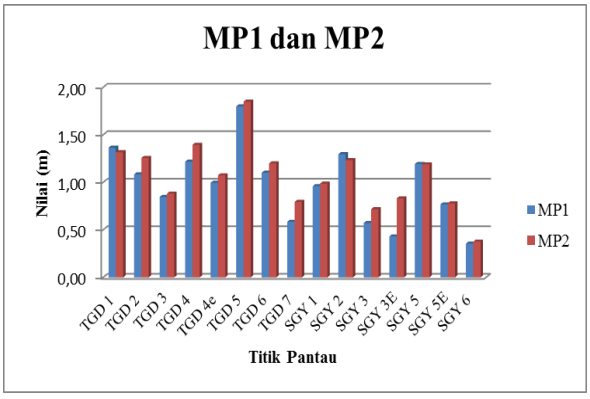
Hasil dan Pembahahasan

Hasil Cek Kualitas Data

Pada sub bab ini dibahas hasil cek kualitas data dengan TEQC. Cek kualitas data dilakukan dengan metode *full quality check* yang melibatkan *file* observasi *.yyn dan *file* navigasi *.yyo. Pengecekan

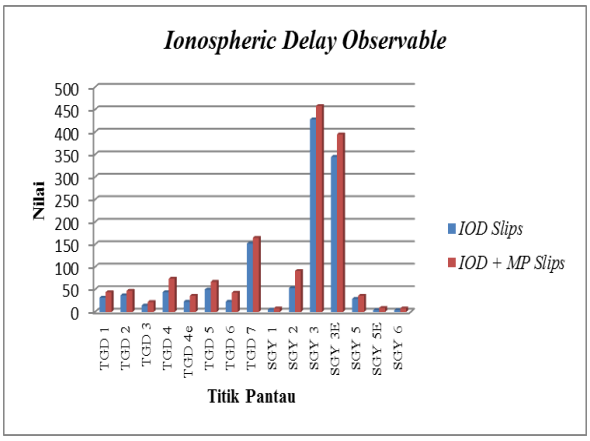
data pengamatan dapat ditinjau dari kriteria pada beberapa parameter meliputi nilai *multipath* sinyal L1 (MP) dan sinyal L2 (MP2), nilai pengaruh *iosnosphere delay* dan data perekaman yang digunakan dalam pengolahan. Hasil cek kualitas data untuk nilai MP1 dan MP2 dapat dilihat pada Gambar 4.

Nilai efek *multipath* MP1 dan MP2 yang memenuhi kriteria kalau kurang dari 0,5 m. Pada Gambar 4, dapat dilihat nilai MP1 dan MP2 mempunyai nilai bervariasi. Mayoritas titik pantau memiliki nilai MP1 dan MP2 lebih dari 0,5 m, bahkan titik TGD5 mencapai nilai *multipath* sekitar 1,5 m. Nilai MP1 dan MP2 semakin besar mengindikasikan bahwa perekaman data pada saat pengamatan dipengaruhi oleh efek *multipath* yang relatif besar dan berlaku juga sebaliknya. Apabila dibandingkan dengan hasil pengolahan tahun 2015, efek *multipath* ini semakin besar (Widjajanti dan Parseno, 2015). Kalau ditinjau di lokasi titik pantau tersebut memang vegetasinya semakin rintang.



Gambar 4. Nilai MP1 dan MP2

Pengaruh *Ionosphere Delay Observable* (IOD) *slips* dan IOD+MP *slips* juga merupakan parameter yang dikaji. Nilai IOD *slips* dan IOD+MP *slips* kecil, yaitu kurang dari 100. Hasil cek kualitas data nilai IOD *slips* dan IOD+MP *slips* dapat dilihat pada Gambar 5.

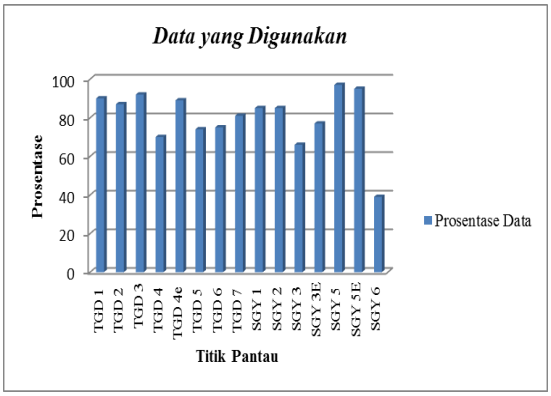


Gambar 5. Nilai IOD *slips* dan IOD+MP *slips*

Grafik pada Gambar 5 menunjukkan nilai IOD yang fluktuatif. Hasil yang baik ditunjukkan pada nilai 0 yang berarti tidak terjadi kesalahan IOD. Terdapat tiga titik pantau yaitu TGD7, SGY3 dan SGY3E yang mempunyai nilai yang melibihi kriteria nilai 100. Nilai IOD terbesar pada titik SGY3 sedangkan nilai terkecil pada titik SGY6.

Selain faktor yang telah disebutkan, terdapat juga faktor perekaman data yang dapat diamati untuk menentukan kualitas data. Faktor data yang dibuang dari keseluruhan data harus relatif lebih kecil dari data yang direkam. Alasan dibuangnya data karena data pengamatan tersebut di bawah *elevation mask* (dalam *qc full*), hilangnya kode atau *phase* data, dan/atau buruknya *Signal to Noise Ratio* (S/N) untuk LI dan L2 (Estey dan Stuart, 2014). Namun apabila dilihat dari prosentase perekaman yang dapat diolah justru titik SGY6 mempunyai nilai terkecil kurang dari 50% (Gambar 6). Titik-titik pantau yang lain mempunyai prosentasi lebih dari 75%, bahkan titik SGY5 lebih dari 95%. Hal tersebut mengindikasikan bahwa data yang dibuang tidak terlalu besar dari keseluruan data pada sebagian besar titik pantau.

Walaupun *multipath* maupun IOD nilainya masih ada beberapa yang lebih besar dari toleransi namun pengolahan dengan GAMIT dan GLOBK tetap dilanjutkan untuk melihat seberapa ketelitian yang dihasilkan dengan kondisi data yang telah diperoleh.



Gambar 6. Prosentase Data Perekaman

Hasil Pengolahan dengan GAMIT

Evaluasi hasil pengolahan dengan GAMIT disajikan pada Tabel 1. Pada tabel tersebut menunjukkan nilai *postfit norm root mean square (nrms)* dan ambiguitas fase hasil pengolahan GAMIT.

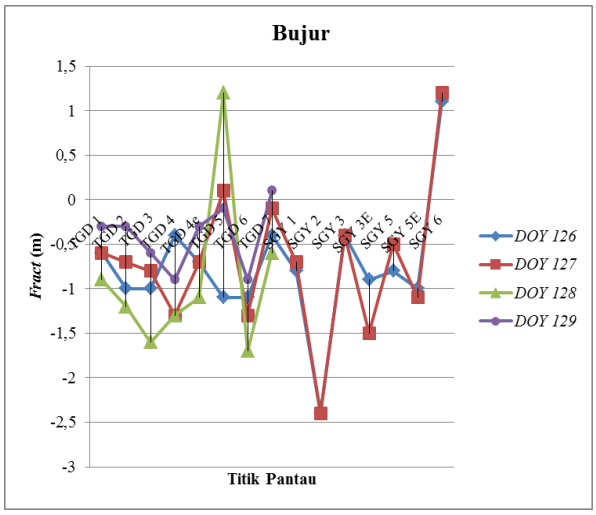
Tabel 1. Nilai *postfit nrms* dan solusi ambiguitas fase

DOY	*Postfit nrms*				Ambiguitas Fase	
	Constrained		*Loose*			
	free	*fixed*	*free*	*fixed*	*WL(%)*	*NL(%)*
126	0,203	0,208	0,196	0,201	95,2	72,3
127	0,198	0,203	0,193	0,198	92,4	72,3
128	0,198	0,202	0,192	0,197	92,7	65,5
129	0,196	0,201	0,187	0,192	92,3	72,2

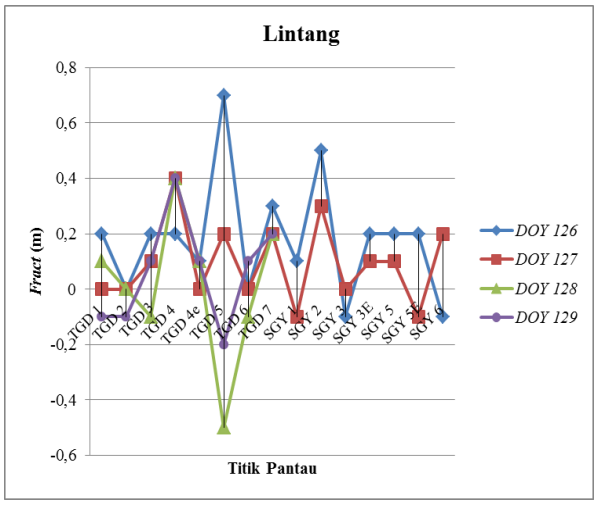
Nilai *postfit nrms* yang tidak lebih dari 0,25 menunjukkan bahwa nilai konstrain yang diberikan benar dan tidak terjadi kesalahan dalam melakukan pemodelan. Pada semua *DOY* nilai *postfit nrms* kurang dari 0,25. Hasilnya mempunyai kualitas yang baik dan kesalahan terdistribusi dengan merata. Nilai *postfit nrms* tersebut dapat dikatakan masuk ke dalam kriteria pengolahan GAMIT.

Nilai *ambiguitas fase* jenis *Wide Lane* (WL) yang baik adalah lebih dari 90%, bila kurang menandakan ada *noise* pada *pseudorange*. Nilai *ambiguitas fase* jenis *Narrow Line* (NL) yang baik adalah lebih 80%, bila kurang menandakan adanya kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer. Hasil pengolahan menunjukkan nilai WL semua *DOY* lebih dari 90% dan nilai NL semua *DOY* kurang dari 80%. Dilihat dari nilai WL menandakan bahwa pada pengolahan tidak terjadi adanya *noise* pada *pseudorange*. Dilihat dari nilai NL menandakan bahwa tidak ada kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori serta pada kondisi atmosfer (Herring, dkk., 2010).

Besaran lain untuk mengevaluasi hasil pengolahan GAMIT adalah nilai *fract* pada Q-*file* tidak boleh lebih dari 10. Nilai *fract* merupakan perbandingan antara nilai *adjust* dan *formal* dalam satuan meter.



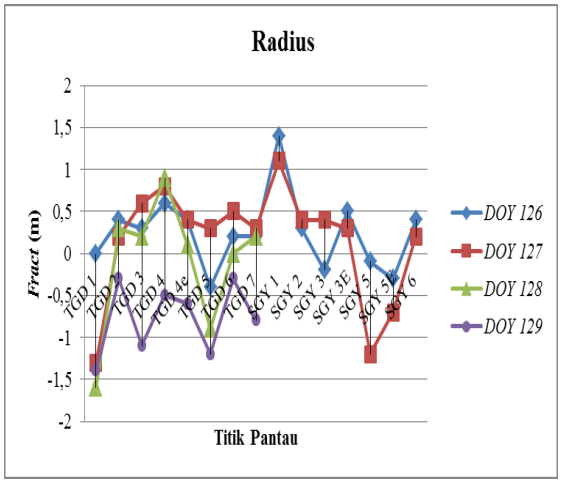
Gambar 7. Nilai *fract* untuk Bujur



Gambar 8. Nilai *fract* untuk Lintang

Apabila ditinjau dari nilai *fract* hasilnya dapat dilihat pada grafik Gambar 7, 8, dan 9 berturut-turut untuk komponen Bujur, Lintang dan Radius (jarak normal sepanjang elipsoid). Pada gambar tersebut nilai *fract* untuk titik SGY hanya ada pada *DOY* 126 dan 127 (pengukuran 2 hari), namun nilai *fract* titik TGD ada pada DOY 126, 127, 128 dan 129 (pengukuran 4 hari). Nilai *fract* untuk Bujur terbesar pada titik

TGD6 dengan nilai 1,7 pada *DOY* 128. Nilai *fract* untuk Lintang terbesar pada titik TGD5 dengan nilai 0,7 pada *DOY* 126. Nilai *fract* untuk Radius terbesar pada titik TGD1 dengan nilai 1,6 pada *DOY* 128.



Gambar 9. Nilai *fract* untuk Radius

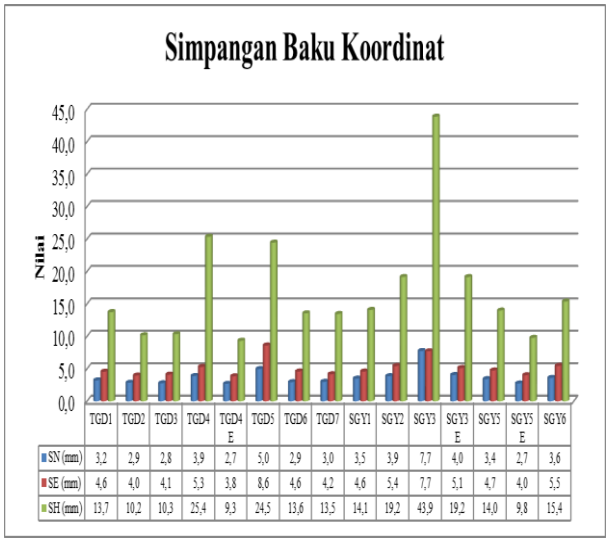
Berdasar Gambar 7, 8, dan 9 tersebut nilai *fract* lebih kecil dari 10. Nilai ini mengindikasikan tidak terdapat nilai *adjust* yang janggal, dan tidak perlu diberikan iterasi untuk mendapatkan nilai *adjust* yang bebas dari efek tidak linier. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa hasil pengolahan tersebut memenuhi standar kualitas pengolahan dengan GAMIT. Dengan demikian Q-*file* dapat digunakan untuk pengolahan lanjutan dengan GLOBK.

Hasil Pengolahan dengan GLOBK

Hasil pengolahan GLOBK berupa nilai koordinat dan simpangan bakunya. Pada paper ini disajikan koordinat dalam sistem proyeksi Universal Transverse Mercator (UTM), *North* (N), *East* (E) dan Tinggi Elipsoid (H). Nilai koordinat setiap titik obyek ditampilkan pada Tabel 2. Visualisasi nilai ketelitian yang ditunjukkan dengan nilai simpangan baku setiap titik pantau ditampilkan dengan grafik pada Gambar 10. Dalam grafik tersebut simbol SN, SE, dan SH berturut-turut menyatakan simpangan baku N, simpangan baku E, dan simpangan baku H.

Tabel 1. Koordinat titik pantau dalam sistem UTM

Titik Pantau	N (m)	E (m)	H (m)
TGD1	9141247,6034	443755,4656	255,1769
TGD2	9128738,3649	439579,9806	401,6180
TGD3	9143334,6351	430446,2308	179,8594
TGD4	9131751,7985	424152,1950	145,2030
TGD4E	9128894,1369	423716,0490	86,9134
TGD5	9144421,1744	411477,9951	151,4293
TGD6	9125290,9958	411420,7538	52,7305
TGD7	9123113,0550	426488,0417	48,6851
SGY1	9128755,9330	436520,0479	90,6595
SGY2	9126561,0077	434055,2468	141,4654
SGY3	9126313,1015	436603,2391	145,3862
SGY3E	9126267,2761	436497,1311	131,8559
SGY5	9131466,2885	439560,3947	283,4547
SGY5E	9132311,1053	440215,2860	188,5666



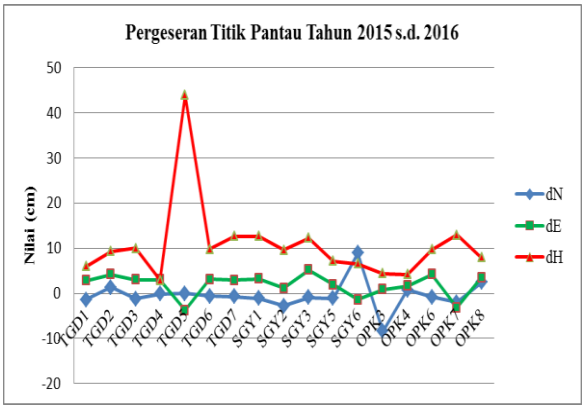
Gambar 10 Simpangan baku koordinat titik pantau

Nilai simpangan baku pada Gambar 10 dapat dilihat bahwa untuk komponen N dan E dapat mencapai fraksi milimeter. Nilai simpangan baku terbesar terdapat pada komponen E dengan nilai 8,8 mm. Secara keseluruhan untuk ketelitian koordinat pada komponen E dan N meningkat dibanding hasil ketelitian tahun 2015 (Widjajanti dan Parseno, 2015). Hal ini berti penambahan lama waktu pengukuran menjadi dua kali lama pengukuran tahun 2015 dapat meningkatkan ketelitian komponen N dan E. Namun demikian ketelitian komponen tinggi masih belum mencapai fraksi milimeter. Hal ini disebabkan karena faktor geometri satelit yang tidak memungkinkan pengamatan di bawah horizon, sehingga kekuatan ikatan jaring untuk komponen vertikal lebih lemah dibandingkan komponen horizontal.

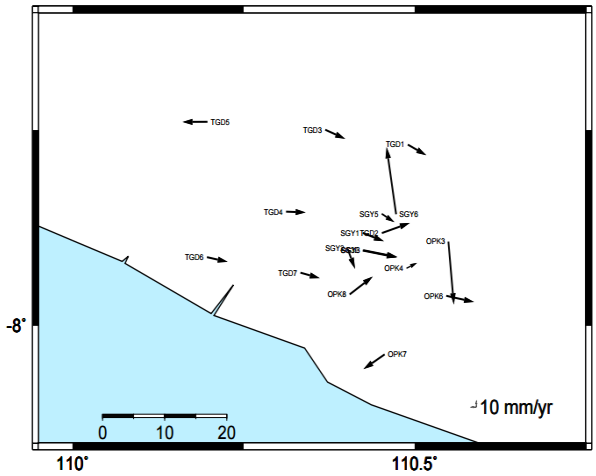
Hasil Hitungan Pergeseran

Visualisasi pergeseran komponen N, E dan H titik pantau Patahan Opak periode 2015 s.d. 2016 dapat dilihat pada Gambar 11. Pada Gambar tersebut dapat dilihat pergerakan komponen N relatif lebih kecil

dibanding komponen E dan H. Pergerakan terbesar terdapat pada komponen H. Namun demikian terdapat kondisi yang janggal pada titik TGD5 yaotu pergerakan komponen vertikal mendekati nilai 40 cm. Apabila dikaitkan dengan hasil cek kulitas data dengan TEQC, nilai *multipath* di titik tersebut paling besar. Hal ini diduga menjadi penyebab kondisi tersebut.



Gambar 11 Pergerakan titik pantau tahun 2015 s.d. 2016



Gambar 12. Arah pergeseran titik pantau

Pada Gambar 12 dapat dilihat sebagian besar pergerakan titik pantau menuju ke arah tenggara. Hasil kajian pada paper ini sesuai dengan hasil penelitian Bock, dkk (2003). Lempeng Pulau Jawa mengalami pergeseran ke arah tenggara disebabkan karena adanya interaksi Paparan Sunda dan lempeng Eurasia yang kuat terhadap lempeng Hindia-Australia [15].

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan hasil pengolahan data meliputi:

1. Hasil evaluasi dengan TEQC pada data pengukuran GNSS titik pantau Patahan Opak tahun 2016 menunjukkan bahwa terdapat beberapa titik pantau mempunyai nilai *multipath* maupun *Ionosphere Delay Observable* lebih besar dari toleransi.
2. Titik pantau Patahan Opak hasil pengukuran tahun 2016 menghasilkan nilai ketelitian koordinat komponen N dan E mencapai fraksi milimeter dan komponen H mencapai fraksi sentimeter
3. Pergerakan titik pantau Patahan Opak antara tahun 2015 s.d. 2016 nilainya mencapai fraksi sentimeter. Sebagian besar pergerakan titik pantau Patahan Opak periode 2015 s.d. 2016 menuju ke arah tenggara.

Saran yang dapat diberikan untuk kegiatan selanjutnya, yaitu mengingat sifat dinamisnya titik pantau Patahan Opak karena terletak pada lokasi yang sering terjadi gempa bumi, perlu ditentukan koordinatnya secara berkala dengan pengamatan GNSS. Kualitas dan kuantitas data pengukuran perlu ditingkatkan agar diperoleh hasil yang mempunyai ketelitian maksimum. Strategi pengolahan yang tepat perlu dikaji agar dapat dihasilkan ketelitian koordinat yang maksimum.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Kementrian Ristek DIKTI yang telah membiayai penelitian ini dan seluruh tim yang terlibat dalam pelaksanaan penelitian ini.

Daftar pustaka

Bock, Y., Prawirodirdjo, L., Genrich, J.F., Stevens, C.W., Mc. Caffrey, R., Subarya, C., Puntodewo, SSO., and Calais, E., 2003, ”Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements”, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 108, No. B8. 2367.

Estey, L. dan Stuart, W., 2014, *TEQC Tutorial: Basic of TEQC Use and TEQC Products*, UNAVCO Inc., Colorado, USA.

Herring, T.A., King, R.W., and Mc.Clusky, S.C., 2010, *GLOBK Reference Manual*; Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysus Program, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.

Soebowo, E., Tohari A., dan Sarah, D., 2007, ”Studi Potensi Likuifaksi di Daerah Zona Patahan Opak Patalan-Bantul, Yogyakarta”, *Prosiding Seminar Geoteknologi Kontribusi Ilmu Kebumian dalam Pembangunan Berkelanjutan*, Bandung, ISBN: 978-979-799-5.

Walter, T.R., dkk, 2008, ”The 26 May 2006 Magnitude 6.4 Yogyakarta Earthquake South of Mt. Merapi Volcano: Did Lahar Deposits Amplify Ground Shaking and thus Lead to the Disaster?”, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, Vol. 9, No. 5, Published by AGU and the Geochemical Society, An Electronic Journal of the Earth Science.

Widjajanti, N., Heliani, S.H., dan Parseno, 2013, *Optimalisasi Laboratorium Geodesi Jurusan*

Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM dalam Penelitian Studi Geodinamik untuk Keperluan Mitigasi Bencana Multi Hazard di Yogyakarta, Penelitian Unit Penyelenggara Riset UGM, Yogyakarta.

Widjajanti, N. dan Parseno, 2013, *Strategi dalam Desain Jaring Kontrol GPS untuk Studi Geodinamik di Patahan Opak*, Penelitian DPP Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

Widjajanti, N. dan Parseno, 2014, *Penentuan Koordinat Titik GPS untuk Studi Geodinamik di Patahan Opak*, Penelitian DPP Jurusan Teknik Geodesi FT UGM, Yogyakarta.

Widjajanti, N. dan Parseno, 2015, ”Penentuan Koordinat Titik Pantau untuk Studi Geodinamik di Patahan Opak”, *Annual Engineering Seminar*, Fakultas Teknik UGM.

Widjajanti, N., Palupi, F.S., Parseno, dan Djawahir, 2015, ”Evaluasi Ketelitian Koordinat pada Stasiun GNSS Pemantauan Sesar Opak”, *Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia*, Malang.

Widjajanti, N., Parseno, dan Ulinnuha, H., 2016, ”Analisis Gerakan Stasiun Pemantauan Patahan Opak”, *Annual Engineeriong Seminar*, Fakultas Teknik UGM.

Widjajanti, N., Heliani, S.H., Parseno dan Andaru, R., 2015, *Studi Geodinamik Patahan Opak untuk Keperluan Mitigasi Bencana*, Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi, Kementrian Ristek Dikti, Indonesia.

Kondisi Data Geospasial dalam Mendukung Pelayanan Pajak Bumi dan Bangunan

Purnama Budi Santosa, Subaryono, Diyono, Sidik Dwi Pamungkas

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jalan Grafika No 2 Bulaksumur Sleman Yogyakarta.
purnamabs@ugm.ac.id

ABSTRACT

Tax is one of important sources of nations' revenue that is essential for prosperity and welfare of the community. One type of taxes which is potential to be the source of revenue is Land and Building Tax (PBB). According to the Act No. 28 year 2009 on Regional Taxes and Levies (PDRD), as has been approved on 15th September 2009, the Land and Building Tax for Urban Rural Sector (PBB-P2) which was originally managed by central government was transferred to local taxes and are managed entirely in local governments. In response to this, some local governments have appointed DISPENDA dan DPPKAD to regulate and manage the PBB. However, it is found that some DISPENDA and DPPKAD are not ready to handle the PBB due to some reasons. One noticeable reason is the lack of availability and quality of geopastial data. With this condition, the local governments will not be able to manage the up-to-date tax value of the PBB precisely and accurately. Therefore this research was conducted to evaluate the quality of geospatial data at local governments. The Evaluation was conducted by comparing the PBB's block maps with the surveyed data by using GPS RTK-NTRIP. The evaluation is focused on the aspects of geometry and position. Furthermore, questionaires and interviews were also conducted to measure the local government afficers' perception about their condition, and to evaluate the existing codition. The results show that in term of geospatial data quality elements, 56,52% of the sample data show accurate position. Meanwhile, 49,9% of the sample data presents complete tax object attribute elements. However, in term of the SDI's geospatial data component, it is found that most the local governments do not have sufficient quality geospatial data.

Keywords *Land and Building Tax, IDS, Geospatial data, geospatial data quality*

Pendahuluan

Latar Belakang

Pajak merupakan sumber pendapatan Negara yang sangat penting bagi pelaksanaan dan peningkatan pembangunan nasional untuk mencapai kemakmuran dan kesejahteraan masyarakat. Agar pembangunan dapat berjalan dengan baik maka dibutuhkan pengelolaan pajak yang baik guna meningkatkan pendapatan Negara. Pendapatan hasil pengelolaan pajak digunakan Negara untuk menjalankan fungsi pemerintahan seperti pembayaran gaji aparatur negara, pembayaran subsidi serta pembiyaan lainnya.

Salah satu jenis pajak yang menjadi potensi sumber pendapatan Negara adalah Pajak Bumi dan Bangunan (PBB), yang mengatur segala urusan pajak berkenaan dengan hak-hak seseorang terhadap suatu bidang tanah atau properti. PBB adalah pajak yang dipungut atas tanah dan bangunan karena adanya keuntungan dan/atau kedudukan sosial ekonomi yang lebih baik bagi orang atau badan yang mempunyai suatu hak atas atau memperoleh manfaat dari padanya (Undang-Undang Nomor 12 Tahun 1994).

Pada tanggal 15 September 2009, telah disahkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah (PDRD) sebagai pengganti Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1997 dan Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2000 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah dan berlaku secara efektif pada tanggal 1 Januari 2010. Undang-Undang tersebut diantaranya mengamanahkan pengalihan Pajak Bumi dan Bangunan Sektor Pedesaan dan Perkotaan (PBB-P2) yang awalnya merupakan pajak pusat dialihkan menjadi pajak daerah yang pengelolaannya sepenuhnya berada di tangan pemerintah daerah paling lambat 1 Januari 2014.

Pemerintah daerah telah menunjuk dan membentuk instansi untuk mengelola serta memanajemen PBB yaitu Dinas Pendapatan Daerah (DISPENDA). DISPENDA berkepentingan untuk memproduksi dan

mengelola data geospasial untuk kepentingan PBB. Upaya untuk mendukung pengelolaan data geospasial PBB salah satunya adalah dengan mengembangkan Infrastruktur Data Spasial (IDS) untuk pengelolaan PBB.

IDS merupakan suatu inisiatif dalam pengelolaan data geospasial untuk menciptakan lingkungan dimana para pemangku kepentingan dapat bekerja sama, saling berinteraksi melalui teknologi untuk memfasilitasi ketersediaan dan akses data geospasial (GSDI 2004). Konsep IDS adalah untuk menghindari duplikasi produksi dan biaya, adanya pengembangan inovasi baru dan menghasilkan sumber daya manusia yang handal. Salah satu data geospasial yang dikelola DISPENDA berupa peta blok PBB. Peta blok PBB adalah peta yang menggambarkan sekelompok objek-objek pajak yang disertai dengan nomor obyek pajaknya yang dibatasi oleh suatu karakteristik fisik yang tidak berubah dalam jangka waktu yang lama, baik berupa batas alam atau batas buatan manusia, seperti: jalan, selokan, sungai dan sebagainya untuk kepentingan pengenaan PBB dalam suatu wilayah administrasi pemerintahan desa/kelurahan.

Penentuan besarnya nilai PBB suatu objek pajak sangat dipengaruhi oleh data geospasial. Berdasarkan hal tersebut maka data geospasial yang berkualitas sangatlah dibutuhkan agar penentuan besarnya nilai pajak sebanding dengan kondisi objek pajak itu sendiri. Data geospasial mempunyai komponen elemen kualitas data dan sub-elemen kualitas data sebagaimana didefinisikan pada SNI-ISO 19113:2011. Komponen elemen yang dimaksud yaitu terdapat kelengkapan, konsistensi logis, akurasi posisi, akurasi temporal, akurasi tematik dan sub-elemen yang dimaksud yaitu komisi, omisi, konsistensi konseptual, konsistensi domain, konsistensi format, konsistensi topologi, akurasi absolut, akurasi relatif, akurasi posisi data dalam grid, akurasi ukuran waktu, konsistensi temporal, validitas temporal, kebenaran klasifikasi, kebenaran atribut non-kuantitatif, akurasi atribut kuantitatif. Untuk mengetahui kondisi kualitas data geospasial maka diperlukkan evaluasi mengenai data geospasial tersebut.

Rumusan Masalah

Kualitas data geospasial merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam pekerjaan pengelolaan dan manajemen PBB. Data gesopasial menjadi salah satau bahan pertimbangan untuk pengambilan keputusan di kantor DISPENDA/DPPKAD. Salah satu fungsi data geospasial di kantor DISPENDA/DPPKAD digunakan sebagai bahan penilaian objek pajak. Oleh karena itu diperlukan kualitas data geospasial yang baik dalam pengelolaan dan manajemen PBB. Dengan mengembangkan IDS untuk pengelolaan PBB diharapkan dapat membantu pemerintah daerah dalam mengelola data geospasial PBB. Untuk mengetahui kualitas data geospasial yang digunakan dalam manajemen PBB serta kondisi dan kesiapan IDS untuk PBB komponen data geospasial di kantor DISPENDA dibutuhkan evaluasi kualitas data geospasial. Dengan evaluasi ini dapat diketahui kualitas dari data geospasial serta kesiapan dan kondisi IDS untuk PBB di kantor DISPENDA.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas data geospasial yang digunakan untuk manajemen dan pengelolaan PBB, serta untuk mengetahui kondisi dan kesiapan IDS untuk PBB di kantor DISPENDA/DPPKAD khususnya untuk komponen data geospasial.

Landasan Teori

Pajak Bumi dan Bangunan

Pajak Bumi dan Bangunan adalah pajak yang dikenakan atas bumi dan atau bangunan, berdasarkan Undang-undang Nomor 12 Tahun 1985 yang telah diatur kembali dengan Undang-undang Nomor 12 tahun 1994. Pasal 2 menyebutkan bahwa yang menjadi objek pajak adalah bumi dan atau bangunan. Bumi adalah permukaan bumi dan tubuh bumi yang ada di bawahnya sedangkan bangunan adalah kontruksi teknik yang ditanam atau dilekatkan. Yang menjadi subyek pajak adalah orang atau badan yang secara nyata mempunyai suatu hak atas bumi, dan atau memperoleh manfaat atas bangunan. Subyek pajak sebagaimana dimaksud di atas dikenakan kewajiban membayar pajak menjadi wajib pajak menurut undang undang ini.

Infrastruktur Data Spasial

IDS merupakan suatu inisiatif untuk menciptakan lingkungan dimana para pemangku kepentingan dapat bekerjasama, saling berinteraksi melalui teknologi, terdapat kebijakan dan aturan kelembagaan yang memfasilitas ketersediaan dan akses data geospasial untuk mencapai tujuan masing-masing pada tingkat politik/administrasi yang berbeda (GSDI, 2004; Rajabifard & Williamson, 1999). IDS dibangun untuk menghindari duplikasi produksi dan biaya untuk produksi data geospasial, memfasilitasi integrasi

dan mengembangkan inovasi baru, serta menghasilkan sumber daya manusia yang handal dan mengelola sum*ber pendapatan (Rajabifard, dkk.*, 2003).

Komponen IDS

Menurut Rajabifard dan Williamson (1999), IDS terdiri atas beberapa komponen: data geospasial, teknologi informasi, standar, keijakan, dan SDM.

Data geospasial merupakan data yang berhubungan dengan lokasi untuk menunjukkan posisi obyek di permukaan bumi yang berkaitan dengan fenomena, budaya, dan sumber daya manusia terdiri atas peta, citra satelit, dan foto udara. Terdapat dua alasan utama pemangku kepentingan memerlukan data geospasial, yaitu untuk membantu pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi melalui analisis spasial) dan mengelola jumlah data geospasial dalam jumlah besar melalui teknologi dan informasi. Melalui IDS, data geospasial dapat dikelola dengan baik dan dimanfaatkan secara maksimal. Hal tersebut berkaitan dengan kegunaan data geospasial sebagai data yang memerankan peranan penting dalam kemajuan dan pembangunan ekonomi dan pendapatan serta melindungi sumber daya alam.

Teknologi informasi merupakan salah satu komponen kunci dalam IDS karena digunakan untuk mendukung berbagi data. Terdapat beberapa komponen penting dalam jaringan akses, yaitu: 1) editor metadata dan layanan katalog, 2) penyimpanan isi data geospasial (basisdata spasial), 3) aplikasi pencarian untuk pengguna dan akses data geospasial, 4) layanan (middleware atau intermediate) yang digunakan untuk membantu pengguna menemukan dan melakukan transformasi data geospasial agar dapat digunakan pada aplikasi sisi klien

Kebijakan merupakan salah satu komponen yang mendukung penerapan IDS. Setiap lembaga atau institusi memiliki kebijakan untuk mencapai tujuan IDS. Kebijakan disusun guna mengatur dan mempengaruhi hubungan pemangku kepentingan. Kebijakan dapat berupa ketentuan kebebasan mengakses dan berbagi data, sumber keuangan, privasi data dan keamanan. Salah satu peran kebijakan dalam berbagi data adalah suatu instansi mengabaikan berbagai data jika tidak ada kebijakan yang mendukung karena menganggap tidak ada kepentingan terhadap instansi lain.

Dalam penerapan IDS, standar memiliki peran agar data dapat digunakan dan diakses secara luas tanpa terbatas pada perangkat lunak dan keras yang dimiliki oleh institusi. Standar dibuat untuk mewujudkan interoperabilitas. Dalam konteks spasial, interoperabilitas spasial merupakan kemampuan sistem spasial atau komponen sistem spasial untuk membawa informasi geospasial dan dapat bekerjasama dalam mengawasi proses kegiatan dalam aplikasi. Dengan demikian, data geospasial harus diproduksi dan disimpan sesuai dengan standar yang berlaku, seperti referensi geografis, isi data, resolusi, dan metadata.

Definisi lain dari interoperabilitas spasial adalah kemampuan untuk menghubungkan data geospasial, informasi, dan perangkat pemrosesan data antara aplikasi yang berbeda secara bersama, tanpa memandang perangkat lunak dan keras yang digunakan. Interoperabilitas dibangun dengan tujuan: a) mengurangi biaya pengeluaran yang diperlukan untuk akuisi, pemeliharaan, dan pengolahan data; b) menyediakan fasilitas akses data; c) mendorong kesadaran untuk berbagi pakai dan tukar guna data; dan d) menghemat waktu, uang, dan sumber daya yang dikeluarkan untuk memperoleh data, dan meningkatkan pengambilan keputusan.

Sumber daya manusia merupakan faktor kunci dalam pemrosesan data dan pengambilan keputusan. Setiap keputusan yang diambil memerlukan data, tetapi keterbatasan memperoleh data mempengaruhi hubungan antara sumber daya manusia dengan data. Oleh karena itu, IDS menjadi sarana sumber daya manusia dapat memperoleh data dengan mudah.

Metodologi

Data Penelitian dan peralatan

Dalam penelitian ini dilakukkan evaluasi untuk mengetahui kualitas data geospasial dengan cara mengevaluasi data geospasial dengan SNI-ISO 19113:2011 sebagai parameter elemen pengecekan. Elemen yang dimaksud yaitu terdapat kelengkapan dan akurasi posisi. Data berupa data geospasial peta blok PBB berformat **.shp* dan metadatanya yang diperoleh dari kantor DISPENDA, serta data bidang tanah obyek pajak PBB hasil pengukuran di lapangan. Selain evaluasi kualitas data geopasial, dianalisis juga hasil dari jawab kuesioner dan wawancara yang telah dilaksanakan di kantor DISPENDA untuk mengetahui kondisi dan kesiapan IDS PBB komponen data geospasial.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah GPS Viva Leica, Laptop *ArcGIS* 10,

Microsoft Excel 2013, *Microsoft Word* 2013

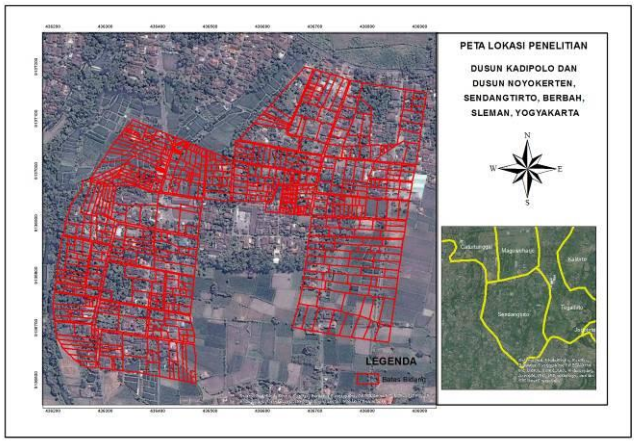
Tahapan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari empat tahapan yang meliputi tahap persiapan, tahap pengumpulan data, tahap pengolahan dan tahap analisis.

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, digunakan data geospasial blok PBB berformat **shp* , meta data blok PBB berupa data tabular berisikan Nomer Objek Pajak (NOP), alamat dan nama pemilik Objek Pajak, data hasil kuesioner, data hasil wawancara, data koordinat objek pajak dari pengukuran di lapangan dengan alat GPS Geodetik beserta diskripsi mengenai lokasi yang dipilih secara sampling.

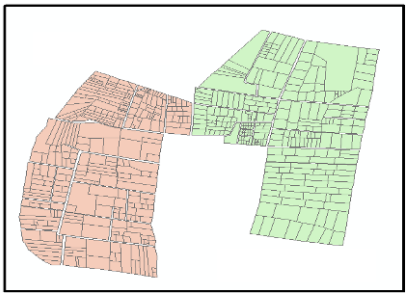
1). Data geospasial: Data gespasial berupa peta blok PBB berjumlah 2 buah blok sebagai salah satu bahan evaluasi dan peta pengukuran di lapangan berlokasi di Dusun Kadipolo dan Dusun Noyokerten. Peta lokasi penelitian tersaji pada Gambar 1.



Gambar 1 Lokasi pengkuran objek pajak

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Peta blok PBB diperoleh dari kantor DPPKAD Kabupaten Sleman dengan format .shp, yang meliputi Dusun Kadipolo dan Dusun Noyokerten yang kedua berlokasi bersebelahan, seperti tersaji pada Gambar 2.



Gambar 2 Peta blok PBB

2). Kuesioner: Kuesioner dikirim ke DISPENDA Kabupaten dan Kota yang ada di Indonesia. Jumlah kuesioner yang dikirim adalah 514 sesuai dengan jumlah Kabupaten dan Kota yang ada di Indonesia.

3). Wawancara: Kegiatan wawancara dilakukan dengan tujuan untuk validasi data dan memperdalam informasi yang diinginkan terkait dengan hasil kuesioner yang telah kembali. Kegiatan wawancara dilakukan pada DISPENDA yang terpilih yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Kulon Progo, Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, Kabupaten Batanghari, Kabupaten Banjarbaru.

Model Evaluasi

Dengan mengacu pada SNI-ISO 19113:2011, maka evaluasi kualitas data geospasial yang dilakukan adalah meliputi elemen kelengkapan dan elemen akurasi posisi. Sedangkan analisis kesiapan IDS pada aspek/komponen data geospasial dilakukan dengan melakukan pembobotan hasil kuesioner yang yang telash terisi berkumlah 152, didukung oleh fakta yang ditemui dari sesi wawancara yang telah dilaksanakan.

Tabel 1. Tabel klasifikasi A

NO	KELENGKAPAN				KATEGORI A
	Pemilik Objek Pajak	Alamat Dusun	RT	RW	
1	ada	ada	ada	ada	1
2	tidak ada	ada	ada	ada	2
3	ada	tidak ada	ada	ada	3
4	ada	ada	tidak ada	ada	4
5	ada	ada	ada	tidak ada	5
6	tidak ada	tidak ada	ada	ada	6
7	ada	tidak ada	tidak ada	ada	7
8	ada	ada	tidak ada	tidak ada	8
9	tidak ada	ada	ada	tidak ada	9
10	tidak ada	tidak ada	tidak ada	ada	10
11	tidak ada	tidak ada	ada	tidak ada	11
12	tidak ada	ada	tidak ada	tidak ada	12
13	ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	13
14	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	14

1). Kelengkapan. Dengan mengacu salah satu pedoman dalam mengevaluasi kualitas data

geospasial yaitu SNI-ISO 19113:2011, maka elemen kelengkapan merupakan aspek yang dievalusi. Komponen kelengkapan data menerangkan mengenai ada-tidaknya informasi atributif mengenai data geospasial, atau sering disebut sebagai metadata. Di dalam metadata tersebut terdapat informasi mengenai objek pajak berupa: NOP, nama pemilik, alamat dusun, RT dan RW dari objek pajak. Untuk memudahkan evaluasi maka dibuat 2 buah klasifikasi, yaitu klasifikasi A dan klasifikasi B, dimana klasifikasi A adalah klasifikasi kategori berdasarkan ada tidaknya data atribut mengenai objek pajak, untuk memudahkan keterangan maka dibuat tabel (Tabel 1)

Hasil dari klasifikasi A kemudian dilakukan proses klasifikasi lanjutan. Proses klasifikasi yang kedua bertujuan agar hasil dari klasifikasi menjadi lebih informatif. Hal ini dikarenakan klasifikasi ke dua mempunyai definisi kondisi kualitas data berdasarkan hasil dari klasifikasi A. Untuk memudahkan, klaisfikasi ini selanjutnya dinamakan klasifikasi B, ditunjukkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Klasifikasi B

NO	KATEGORI A	KATEGORI B
1	1	**Kualitas Tingka I**
2	2	**Kualitas Tingka II**
3	3	**Kualitas Tingka II**
4	4	**Kualitas Tingka II**
5	5	**Kualitas Tingka II**
6	6	**Kualitas Tingka III**
7	7	**Kualitas Tingka III**
8	8	**Kualitas Tingka III**
9	9	**Kualitas Tingka III**
10	10	**Kualitas Tingka IV**
11	11	**Kualitas Tingka IV**
12	12	**Kualitas Tingka IV**
13	13	**Kualitas Tingka IV**
14	14	**Kualitas Tingka V**

2). Akurasi Posisi: Setelah dilakukan pengukuran sampel objek pajak, kemudian adalah melakukkan analisis akurasi data geospasial menggunakan tiga metode, yaitu *Near Distance*, *Polygon Area* dan *Circularity Ratio.*

Metode evaluasi *circularity ratio* adalah metode menghitung kompleksitas *boundary* dari suatu *polygon*. Metode ini biasanya digunakan untuk membandingkan suatu bentuk. Semakin komplek suatu *boundary*, maka niai *circularity ratio*-nya mendekati nol (Rumor dkk, 1996). *Circuarity ratio* (persamaan *Euclidean Circularity*) adalah fungsi persamaan dari luas dan keliling poligon.Nilai *circularity ratio* berada diantara rentang $0 \leq CR \leq 1$ (Ying dkk, 2010). Poligon dengan nilai *CR* mendekati 0 maka poligon tersebut dikatakan semakin kompleks. Hal ini berkaitan dengan hubungan antara jumlah *nodes* yang membentuk poligon dengan bentuk dari suatu fitur. Suatu poligon dengan jumlah *nodes* lebih banyak maka poligon itu mempunyai nilai *CR* mendekati 0 (Roussilon, 2007). Sebagai contoh bentuk poligon dengan nilai *CR* 0.7 akan lebih mendekati lingkaran daripada suatu poligon dengan nilai *CR* 0.02.

Metode evaluasi *Polygon Near Distance* merupakan metode evaluasi dengan cara menghitung perbedaan jarak *centriod* dari kedua fitur poligon. Pendekatan *centroid* didefinisikan sebagai pusat massa dan titik pusat dari suatu poligon (Gregory dan Ell, 2007). Pendekatan ini digunakan untuk mendapatkan suatu nilai perbedaan dari dua atau lebih fitur poligon secara sederhana. Semakin dekat jarak antara dua *centroids* berarti semakin tinggi akurasi dari data yang dievaluasi.

Metode lainnya yang digunakan untuk membandingkan suatu fitur poligon adalah menggunakan metode evaluasi *Polygon Area*. Metode ini adalah membandingan luas suatu fitur yang dievaluasi dengan luas fitur poligon referensi yang digunakan. Apabila nilai perbedaan semakin kecil maka dapat dikatakan fitur poligon yang dievaluasi semakin tinggi akurasinya (Rumor dkk., 1996)

3). Kueisoner: Kuesioner yang digunakan adalah kuesioner yang kembali dari seluruh DISPENDA seluruh Indonesia berjumlah 152. Pembobotan kuesioner pada penelitian ini adalah setiap jawaban "ya" atau "ada" diberi bobot 1 dan jawaban kuesioner tidak ada atau tidak tahu akan diberi bobot 0, hasil dari pembobotan akan dievaluasi analisis kondisi dan kesiapan IDS komponen data geospasial.

4). Wawancara: Hasil wawancara dianalisis untuk validasi hasil jawaban kuesioner, hasil wawancara digunakan untuk informasi tambahan data pendukung hasil dari evaluasi.

Hasil dan Pembahasan

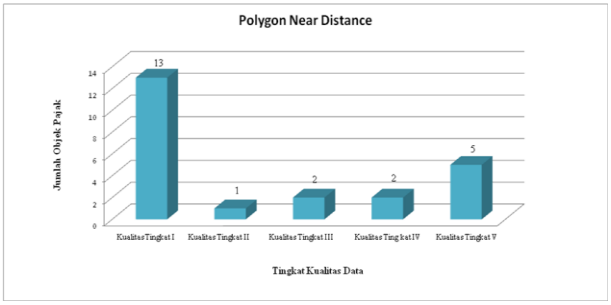
1. Hasil evaluasi data geospasial elemen Kelengkapan

Dari hasil evaluasi kelengkapan sebanyak 573 objek pajak, didapatkan hasil Kualitas Tingkat I sebesar 49,9 % , kategori Kualitas Tingkat II sebesar 0 % , kategori Kualitas Tingkat III sebesar 50,1 %, Kualitas Tingkat IV

sebesar 0 % dan kategori Kualitas Tingkat V sebesar 0 %. Hanya terdapat 2 kategori dalam hasil penilaian kelengkapan,dikarenakan meta data peta blok PBB semua objek pajak sudah terisikan nama wajib pajak dangan NOP masing-masing bidang, untuk alamat juga sudah terisikan. Data yang kosong yaitu informasi RT dan RW. Kekosongan ini terjadi mungkin karena pada saat perekaman data di lapangan petugas ukur lupa atau tidak menanyakan RT dan RW dari lokasi objek pajak.

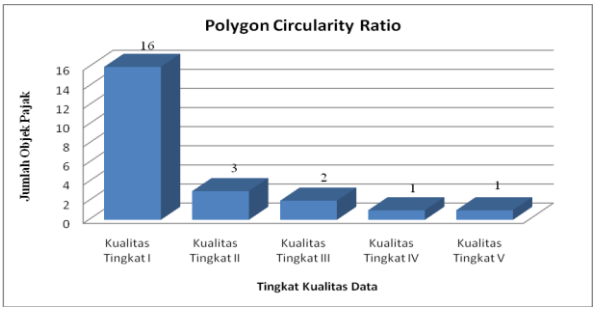
2. Hasil Evaluasi Data Geospasial Elemen Akurasi Posisi

Evaluasi elemen akurasi posisi menggunakan sampel uji sebanyak 23 bidang objek pajak. Evaluasi dilakukan dengan cara membandingkan ukuran objek pajak pada PBB dengan ukuran objek pajak hasil pengukuran di lapangan. Objek pajak yang ada di peta blok PBB disebut objek referensi, sedangkan objek pajak hasil pengukuran di lapangan disebut objek uji. Evaluasi elemen akurasi posisi menggunakan tiga metode, yaitu *Polygon Near-distance*, *Polygon Area* dan *Polygon Circularity ratio*. Untuk masing masing hasil pengujian menggunakan ke-3 metode didapatkan hasil seperti berikut: (1) evaluasi metode *Polygon Near-distance* menghasilkan informasi seperti tersaji pada Gambar 3, yang menunjukan hasil dari 23 sampel uji. Dari evaluasi diperoleh hasil sebanyak 13 objek pajak mempunyai Kualitas Tingkat 1, atau sekitar 56,5 %. Disusul oleh Kualitas Tingkat 5 sebanyak 5 bidang atau sekitar 21,7 %.



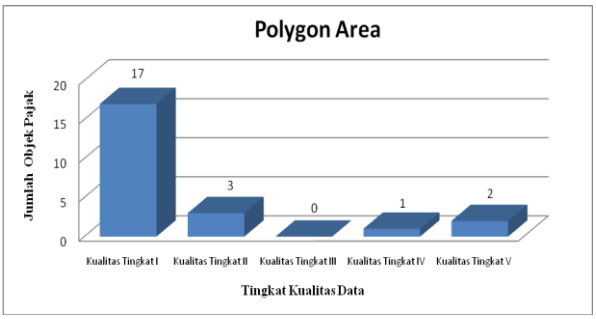
Gambar 3 Hasil evaluasi metode *Polygon Near-distance*

(2) evaluasi metode *Polygon Area* memberikan hasil bahwa sebanyak 17 obyek pajak (sekitar 74%) memiliki Kualitas Tingkat 1, seperti tersaji pada Gambar 4.



Gambar 4 Hasil evaluasi metode *Polygon Area*

(3) evaluasi menggunakan metode *Polygon Circularity ratio* memberikan hasil seperti terlihat pada Gambar 5, yang menunjukan hasil dari 23 sampel uji didapat 16 objek pajak mempunyai Kualitas Tingkat 1, atau sekitar 69,5%.



Gambar 5 Hasil evaluasi metode *Polygon Circularity ratio*

Untuk menampilkan kualitas data geospasial elemen akurasi posisi maka dilakukkan pembobotan dari hasil ke-3 metode evaluasi akurasi posisi, yang selanjutnya disebut pembobotan akhir. Hasil dari pembobotan kemudian diklasifikasi untuk menampilkan hasil yang lebih informatif, seperti tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pembobotan akhir

Klasifikasi	Jumlah Bidang
Kualitas Tingkat I	13
Kualitas Tingkat II	4
Kualitas Tingkat III	5
Kualitas Tingkat IV	0
Kualitas Tingkat V	1
Jumlah Data	23

Dari hasil evaluasi kualitas data geospasial elemen akurasi posisi data geospasial menunjukkan dari jumlah sampel uji sebanyak 23 sampel, diperoleh fakta bahwa Kualitas Tingkat I ada sebanyak 56,52%, Kualitas Tingkat II sebanyak 17,39%, Kualitas Tingkat III sebanyak 21,73%, Kualitas Tingkat IV sebanyak 0%, dan Kualitas Tingkat V sekitar 4,34%.

Ada beberapa faktor yang menyebabkan kualitas data geospasial mempunyai berbagai kesalahan sehingga hasil kualitas yang didapat tidak mempunyai kualitas bagus. Salah satu faktor penyebab utama adalah metode pemetaan peta blok PBB yang belum sepenuhnya memenuhi standar pemetaan bidang tanah. Dari hasil wawancara dijumpai fakta bahwa ada daerah yang melakukan pengukuran bidang tanah menggunakan pita ukur dan peralatan survey yang lain, namun ada juga beberapa wilayah yang hanya dibuat memalui proses penggambaran sketsa, yang dilakukan oleh person yang tidak memiliki pengetahuan survei dan pemetaan yang cukup. Belum lagi, beberapa metode pemetaan tersebut tidak mengacu pada sistem referensi standar.

Dari hasil wawancara ditemukan fakta bahwa, peta blok PBB yang dijadikan sebagai bahan penelitian merupakan limpahan/hibah dari Ditjen Pajak, di mana proses pengadaannya menggunakan alat ukur berupa *roll meter* dan *GPS handheld. Roll meter* digunakan untuk pengukuran panjang sisi-sisi bidang objek pajak, sedangkan pisisi titik tengah obyek pajak ditentukan menggunakan *GPS handheld*.

3. Kondisi dan Kesiapan IDS Untuk PBB Komponen Data Geospasial.

Hasil analisis dari kuesioner menunjukkan bahwa dari 152 responden, ada sekitar 97 pemakab/pemkot berada pada tingkat kesiapan IDS untuk komponen data geospasial di bawah 50%, yang dapat dikatakan belum siap. Sementara ada sekitar 55 pemkab/pemkot 55 memiliki tingkat kesiapan antara 50% - 100%.

Banyak faktor yang menyebabkan sebagian besar pemkab/pemkot memiliki kondisi data geospasial yang buruk, diantaranya adalah: (1) SDM: SDM yang menangani data geospasial bisa dikatakan masih sangat kurang, sulitnya mencari SDM yang ahli dalam bidangnya menjadi faktor yang utama. (2) Kualitas Data Geospasial: Kualitas data geospasial contohnya peta blok PBB yang dimiliki DISPENDA masih banyak yang belum berkualitas, banyak peta blok PBB yang tidak mencerminkan kondisi faktual seperti di lapangan, akurasi yang buruk dan letak bidang objek pajak dianggap masih kurang untuk digunakan sebagai manajemen dan pengelolaan PBB. (3) Kebijakan Pemerintah: Kebijakan pemerintah tentu sangat berperan penting dalam upaya peningkatan kesiapan IDS di DISPENDA, dengan diadaknnya pelatihan dan pendidikan untuk pegawai DISPENDA yang mengani data geospasial dianggap sangat penting demi upaya peningkapan kesiapan IDS.

Kesimpulan

Beberapa catatan dapat diambil dari penelitian ini. Secara umum, berdasarkan kuesioner, wawancara, dan hasil uji kualitas data geospasial PBB, diperoleh fakta bahwa data geospasial yang digunakan dalam pengelolaan PBB di daerah dan kota di Indonesia memiliki kondisi yang beragam, mulai dari ada data dengan kualitas baik, ada data dengan kualitas buruk, dan tidak ada data. Sebagian besar pemkab/pemkot memiliki data dalam kualitas yang kurang baik.

Dari uji kualitas data, berdasarkan sampel yang diuji di wilayah Sleman Yogyakarta, ditemui fakta bahwa kualitas data geospasial yang digunakan memiliki kualitas yang perlu ditingkatkan.

Kesiapan IDS untuk pengelolaan PBB komponen data geospasial diperoleh bahwa sebagian besar DISPENDA memiliki tingkat kesiapan tidak siap, dengan ditunjukkan dari 152 DISPENDA, 97 DISPENDA dalam tingkat tidak siap, dan 55 lainnya berada dalam tingkat siap.

Kendala yang dihadapi dalam pengembangan IDS pada umumnya adalah tidak adanya sumber daya manusia yang berkompeten dalam bidang pengelolaan data geospasial dan kualitas data geospasial yang kurang baik.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Kantor DISPENDA/DPPKAD yang telah berkontribusi dalam mengrirmkan isian kuesioner, dan DPPKAD Kab Sleman yang telah memberikan data penelitian.

Daftar Pustaka

Gregory, I. N., dan Ell, P. S., 2007, *Historical GIS: Technologies, Methodologies, and Scholarship*, Cambride University Press, Inggris

GSDI, 2004, Developing Spatial Data Infrastructure: The SDI Cookbook (Vol Version 2.0)

Rajabifard, A., & Williamson, I. (1999). Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions. Proceeding of AURISA 97

Rajabifard, A., Feeney, M. F., & Williamson, I., 2003. *Spatial Data Infrastructure: Concept, nature and SDI hierarchy*. In I. Williamson, A. Rajabifard & M. F. Feeney (Eds.), *Developing Spatial Data Infrastructures: From Concept to Reality* (pp. 17-40): CRC Press

Roussillon, T., Tougne, L., dan Sivigno., 2007, *Discrete Circularity Measure*, LIRIS, France

Rumor, M., McMillan, R., Ottens., H. F. L., 1996, *Geographical Information: From Research to Application through Cooperation*, IOS Press, Amsterdam

Ying, F., Money, P., Cocoran, P., dan Winstanley, A.C., 2010, *Using Shape Complexity to Guide Simplification of Geospatial Data Use in Location-Based Services*, National University of Ireland Maynooth (NUIM), Irlandia

Evaluasi Kesiapan SDM dan Teknologi Informasi Pada Pelayanan Pajak Bumi Dan Bangunan

Purnama Budi Santosa, Subaryono, Diyono, Ridho Furqan

Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
purnamabs@ugm.ac.id

ABSTRACT

With the passage of act No. 28 year 2009, local governments have been given full authority to manage the land and building tax (PBB). The act mandates the transitional of land and bulding tax management authority from central government to local governments not later than December 31, 2013. However, it is found that there are still many problems faced by local governments to take over the authority. Considering the facts, this research tries to investigate the problem that hamper the local governments to manage land and building tax, specifically on the human resources and IT components, by determining the level of readiness of SDI for land and building tax according to human resources and geospatial information technology aspect. This research also aimed at identifying the constraint faced by the local government in developing SDI to manage land and building tax. Research data was obtained using questionnaires, interviews, and on site visits. Five hundred fourteen questionnaires were sent to local governments in Indonesia, and one hundred fifty two questionnaires were returned to the researchers. The questionaires, together with interviews and on site visit notes, were evaluated to see the existing condition of local governments's infrastructure and to determine their readiness on land and building tax management. The results show that the human resources in most of the local governments are categorized as "not ready" to manage land and building tax, especially in term of sufficiency number of skillful staffs in each local government. In the other hand, in term of IT condition, most of the local governments are regarded as "ready" since they adopt the IT systems from Tax General Directorate Ministry of Finance Affairs. However, it is found that in general, local governments still find some problem such as the lack of human resources who are competent in geospatial data management, as well as the insufficient of PBB data as most of the data was granted by Tax General Directorate.

Keywords *sdi, readiness, land and bulding tax*

Pendahuluan

Latar Belakang

Pada tanggal 15 September 2009, telah disahkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2009 sebagai pengganti Undang-Undang Nomor 18 Tahun 1997 dan Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2000 tentang Pajak Daerah dan Retribusi Daerah dan berlaku secara efektif pada tanggal 1 Januari 2010. UU No. 28 Tahun 2009 tersebut mengatur mengenai pengalihan PBB dari pajak pusat menjadi pajak daerah. Dengan disahkannya UU tersebut maka daerah otonom diberikan kewenangan penuh untuk mengelola PBB. UU tersebut mengamanatkan Peralihan kewenangan pengelolaan PBB dari Pemerintah Pusat ke Pemerintah Daerah selambat-lambatnya per 31 Desember 2013. Dengan kebijakan ini diharapkan dapat meningkatkan Pendapatan Asli Daerah (PAD) dan pelayanan kepada masyarakat daerah yang bersangkutan. Akan tetapi hingga saat ini diperkirakan masih banyak persoalan yang dihadapi Pemerintah Daerah dalam mengelola PBB. Salah satu persoalan yang dihadapi adalah terkait dengan pengelolaan data geospasial untuk PBB.

Upaya untuk mendukung pengelolaan data geospasial untuk PBB salah satunya adalah dengan mengembangkan Infrastruktur Data Spasial (IDS) untuk pengelolaan PBB. IDS merupakan suatu inisiatif dalam pengelolaan data geospasial untuk menciptakan lingkungan dimana para pemangku kepentingan dapat bekerjasama, saling berinteraksi melalui teknologi untuk memfasilitasi ketersediaan dan akses data geospasial (GSDI, 2004). Konsep IDS sendiri adalah untuk menghindari duplikasi produksi dan biaya untuk produksi data geospasial, mengembangkan inovasi baru dan menghasilkan sumber daya manusia yang handal dalam mengelola sumber pendapatan (Rajabifard, dkk, 2003).

Dalam hal ini Pemerintah Daerah yang mengelola PBB yaitu Dinas Pendapatan Daerah (DISPENDA)

atau Dinas Pendapatan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah (DPPKAD) berlaku sebagai pelaku kepentingan yang memproduksi dan mengelola data geospasial untuk kepentingan PBB. Dengan mengembangkan IDS untuk PBB, diharapkan dapat membantu DISPENDA/DPPKAD dalam mengelola data geopasial untuk kepentingan PBB sehingga dapat meningkatkan pelayanan PBB di daerah. Dalam mengembangkan IDS untuk PBB diperlukan informasi terkait kesiapan dari IDS untuk PBB dan kendala yang dihadapi dalam mengembangkan IDS untuk PBB.

Kesiapan IDS dipengaruhi oleh beberapa aspek, diantaranya kelembagaan dan kebijakan, data geospasial, teknologi dan sumber daya manusia (SDM). Penelitian ini berfokus kepada kesiapan IDS untuk pengelolaan PBB menurut aspek SDM dan teknologi informasi geospasial. Evaluasi dilakukan dengan cara menyebarkan kuesioner ke seluruh Pemerintah dan Kota di Indonesia dan melakukan wawancara ke Pemerintah Daerah terpilih sehingga dapat diperoleh informasi kesiapan dan kendala yang dihadapi dalam mengembangkan IDS untuk pengelolaan PBB.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kesiapan IDS untuk pengelolaan PBB di setiap Pemerintah Daerah dan Kota menurut aspek SDM dan teknologi informasi geospasial dan permasalahan yang dihadapi dalam mengelola PBB.

Tinjauan Pustaka

Pajak Bumi dan Bangunan

Pajak bumi dan bangunan (PBB) adalah pajak yang dipungut atas tanah dan bangunan karena adanya keuntungan dan/atau kedudukan sosial ekonomi yang lebih baik bagi orang atau badan yang mempunyai suatu hak atasnya atau memperoleh manfaat dari padanya (Mardiasmo, 2011). Dasar pengenaan pajak dalam PBB adalah Nilai Jual Objek Pajak (NJOP). NJOP ditentukan berdasarkan harga pasar per wilayah dan ditetapkan setiap tahun oleh menteri keuangan (Direktorat Jenderal Pajak 2008). Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) adalah merupakan iuran masyarakat kepada negara yang dipungut oleh pemerintah, yang dipungut berdasarkan undang-undang (Undang-undang no 12 tahun 1985) atau dapat dipaksakan (Suandy, 2002).

Infrastruktur Data Spasial

IDS merupakan suatu inisiatif untuk menciptakan lingkungan dimana para pemangku kepentingan dapat bekerjasama, saling berinteraksi melalui teknologi, terdapat kebijakan dan aturan kelembagaan yang memfasilitas ketersediaan dan akses data geospasial untuk mencapai tujuan masing-masing pada tingkat politik/administrasi yang berbeda (GSDI, 2004; Rajabifard& Williamson, 1999). IDS dibangun untuk menghindari duplikasi produksi dan biaya untuk produksi data geospasial, memfasilitasi integrasi dan mengembangkan inovasi baru, serta menghasilkan sumber daya manusia yang handal dan mengelola sum*ber pendapatan (Rajabifard, dkk.*, 2003).

IDS terdiri atas beberapa komponen (*Rajabifard, dkk.*, 2003). Data geospasial merupakan data yang berhubungan dengan lokasi untuk menunjukkan posisi obyek di permukaan bumi yang berkaitan dengan fenomena, budaya, dan sumber daya manusia terdiri atas peta, citra satelit, dan foto udara. Terdapat dua alasan utama pemangku kepentingan memerlukan data geospasial, yaitu untuk membantu pengambilan keputusan dan meningkatkan efisiensi melalui analisis spasial dan mengelola jumlah data geospasial dalam jumlah besar melalui teknologi dan informasi. Melalui IDS, data geospasial dapat dikelola dengan baik dan dimanfaatkan secara maksimal. Hal tersebut berkaitan dengan kegunaan data geospasial sebagai data yang memerankan peranan penting dalam kemajuan dan pembangunan ekonomi dan pendapatan serta melindungi sumber daya alam.

Komponen kedua adalah jaringan akses. Jaringan akses merupakan salah satu komponen kunci dalam IDS karena digunakan untuk mendukung berbagi data. Terdapat beberapa komponen penting dalam jaringan akses, yaitu: 1) editor metadata dan layanan katalog, 2) penyimpanan isi data geospasial (basisdata spasial), 3) aplikasi pencarian untuk pengguna dan akses data geospasial, 4) layanan (*middleware* atau *intermediate*) yang digunakan untuk membantu pengguna menemukan dan melakukan transformasi data geospasial agar dapat digunakan pada aplikasi sisi klien (Rajabifard& Williamson, 1999).

Komponen ketiga adalah kebijakan (Rajabifard& Williamson, 1999). Kebijakan merupakan salah satu komponen yang mendukung penerapan IDS. Setiap lembaga atau institusi memiliki kebijakan untuk mencapai tujuan IDS. Kebijakan disusun guna mengatur dan mempengaruhi hubungan pemangku kepentingan. Kebijakan dapat berupa ketentuan kebebasan mengakses dan berbagi data, sumber keuangan, privasi data dan keamanan. Salah satu peran kebijakan dalam berbagi data adalah suatu instansi mengabaikan berbagai data jika tidak ada kebijakan yang mendukung karena menganggap tidak ada kepentingan terhadap instansi lain.

Komponen keempat adalah standar. Dalam penerapan IDS, standar memiliki peran agar data dapat digunakan dan diakses secara luas tanpa terbatas pada perangkat lunak dan keras yang dimiliki oleh institusi.

Standar dibuat untuk mewujudkan interoperabilitas. Dalam konteks spasial, interoperabilitas spasial merupakan kemampuan sistem spasial atau komponen sistem spasial untuk membawa informasi geospasial dan dapat bekerjasama dalam mengawasi pro*ses kegiatan dalam aplikasi*. Dengan demikian, data geospasial harus diproduksi dan disimpan sesuai dengan standar yang berlaku, seperti referensi geografis, isi data, resolusi, dan metadata.

Komponen kelima adalah *s*umber daya manusia. Sumber daya manusia sebagai merupakan faktor kunci dalam pemrosesan data dan pengambilan keputusan. Setiap keputusan yang diambil memerlukan data, tetapi keterbatasan memperoleh data mempengaruhi hubungan antara sumber daya manusia dengan data. Oleh karena itu, IDS menjadi sarana sumber daya manusia dapat memperoleh data dengan mudah.

Metodologi

Data dan Peralatan Penelitian

Data penelitian adalah berupa persepsi pememrintah daerah/kota mengenai kondisi eksisting IDS-PBB di kantor masing-masing, yang diperoleh menggunakan kuesioner dan wawancara. Setelah data terkumpul maka dilakukan rekapitulasi data hasil kuesioner dan dilakukan analisis terkait hasil rekapitulasi dan data hasil wawancara.

Perangkat penelitian utama adalah kuesioner yang digunakan untuk mengumpulkan data persepsi responden. Selain itu juga digunakan beberapa perangkat keras dan lunak, yang meliputi *notebook*, printer, *ArcGIS* 10, *Microsoft Excel* 2013, *Microsoft Word* 2013.

Tahapan Penelitian

Persiapan

Terdapat beberapa kegiatan yang perlu dilakukan dalam tahap persiapan antara lain: 1) Studi pustaka untuk mendukung pelaksanaan penelitian, 2) Pembuatan surat ijin penelitian ke dinas yang menangani perijinan penelitian di Kabupaten dan Kota terpilih yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Gunungkidul, Kabupaten Kulon Progo, Kabupaten Sleman, dan Kota Yogyakarta. Surat ijin penelitian digunakan untuk melakukan wawancara, 3) Melakukan pencarian alamat Dinas Pendapatan Daerah (DISPENDA)/Dinas Pendapatan Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah (DPPKAD) di Indonesia menggunakan internet. Alamat ini digunakan sebagai alamat tujuan pengiriman kuesioner.

Pengumpulan Data

Pada penelitian ini, pengambilan data dilakukan dengan mengirimkan kuesioner ke DISPENDA/DPPKAD di Indonesia berjumlah 514 dan kegiatan wawancara untuk DISPENDA/ DPPKAD yang terpilih.

Kegiatan wawancara dilakukan dengan tujuan untuk validasi data dan memperdalam informasi yang diinginkan terkait dengan infrastruktur data spasial untuk pengelolaan PBB. Kegiatan wawancara dilakukan pada DISPENDA/DPPKAD yang terpilih yaitu Kabupaten Bantul, Kabupaten Gunungkidul, Kabupaten Kulon Progo, Kabupaten Sleman, Kota Yogyakarta, Kabupaten Batanghari, dan Kabupaten Banjar Baru.

Editing

Editing adalah pengecekan atau pengoreksian data yang telah dikumpulkan, karena kemungkinan data yang masuk (data mentah) atau data terkumpul yang tidak logis dan meragukan. Tujuan editing adalah untuk menghilangkan kesalahan-kesalahan yang terdapat dalam data. Pada kesempatan ini, kekurangan data atau kesalahan data dapat dilengkapi atau diperbaiki baik dengan pengumpulan data ulang atau pun dengan interpolasi (penyisipan).

Rekapitulasi Kuesioner

Rekapitulasi kuesioner merupakan salah satu tahapan pengolahan data. Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif yang datanya diperoleh dari hasil kuesioner. Pertanyaan kuesioner 59 pertanyaan dengan jenis kuesioner tertutup dan terbuka yang dikelompokkan menurut aspek kesiapan IDS untuk PBB. Pertanyaan tertutup digunakan sebagai indikator untuk melakukan pembobotan untuk menilai kesiapan dari IDS untuk PBB. Jawaban kuesioner ya atau ada diberi bobot 1 dan jawaban kuesioner tidak ada atau tidak tahu diberi bobot 0. Sedangkan pertanyaan terbuka digunakan untuk mendapatkan informasi yang lebih mendalam seperti kendala yang dihadapi.

Penyajian Hasil

Hasil pengolahan data disajikan dalam bentuk tabel dan grafik yang menampilkan infromasi hasil kuesioner menurut aspek SDM dan Teknologi Informasi Geospasial di setiap Kabupaten dan Kota di Indonesia. Hasil yang ditampilkan berupa kondisi IDS dan kendala yang dihadapi dalam mengembangkan IDS untuk pengelolaan PBB dalam bentuk grafik.

Data yang telah diolah kemudian dipilih untuk digabungkan dengan data spasial sehingga menghasilkan sebuah peta tematik. Visualisasi peta dilakukan dengan perangkat lunak ArcGIS dan disesuaikan dengan kaidah kartografi. Peta tematik ini adalah Peta tingkat kesiapan komponen SDM dan teknologi informasi geospasial IDS untuk PBB. Dalam peta tematik tersebut selain menampilkan

informasi kesiapan juga menampilkan informasi persebaran kualifikasi SDM yang menangani data geospasial PBB dan juga menampilkan informasi jumlah komputer khusus yang digunakan untuk mengelola data geospasial PBB.

Analisis Data

Proses analisis data bertujuan untuk mengetahui kendala terbesar pemerintah daerah dalam mengembangkan IDS untuk PBB menurut komponen SDM dan teknologi informasi geospasial. Dari hasil kuesioner maka akan diketahui kendala yang dihadapi, dilihat dari indikator-indikator pertanyaan kuesioner dan hasil dari wawancara beberapa pemerintah daerah.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil rekapitulasi 152 kuesioner yang telah kembali, dapat dilihat di tabel 1 terdapat 23 DISPENDA/DPPKAD yang memiliki unit atau seksi khusus untuk pengelolaan data geospasial PBB. Terdapat 79 DISPENDA/DPPKAD memiliki sumber daya manusia yang mampu mengelola data geospasial PBB. Dari jumlah itu, 45 DISPENDA/DPPKAD memiliki sumber daya manusia yang mempunyai sertifikat pelatihan SIG. Dari 79 DISPENDA/DPPKAD yang memiliki sumber daya manusia untuk pengelolaan data geospasial hanya 13 DISPENDA/DPPKAD yang memiliki sumber daya manusia dengan kualifikasi dari latar pendidikan Geodesi/Geomatika/Geografi. Nilai maksimal Pemerintah Daerah yang menajalankan semua indikator adalah 6. Tingkat kesiapan komponen sumber daya manusia Pemerintah Daerah Kabupaten dan Kota disajikan dalam presentase maksimal 100%.

Tabel 1. Indikator SDM

Indikator Komponen SDM	Banyaknya Pemerintah Daerah
Tersedia unit/seksi pengelolaan data geospasial	23
Tersedia SDM yang mengelola data geospasial	79
SDM yang memiliki sertifikat keahlian SIG	45
SDM yang berlatar belakang pendidikan dari Geodesi/Geomatika/Geografi	13
Terdapat rencana program dalam meningkatkan kompetensi SDM dalam mengelola data geospasial	37
Terealisasinya rencana program	33

Berdasarkan hasil rekapitulasi 152 kuesioner yang telah kembali, dilihat dari tabel 2, terdapat 135 DISPENDA/DPPKAD yang mengadopsi sistem pengelolaan PBB SISMIOP yang merupakan limpahan dari Direktorat Jenderal Pajak. Selanjutnya 97 DISPENDA/DPPKAD juga mengadopsi SIG-PBB sebagai sistem pengelolaan data geospasial PBB yang juga merupakan limpahan dari Direktorat Jenderal Pajak. Terdapat 89 DISPENDA/DPPKAD memiliki perangkat lunak SIG untuk mengelola data geospasial PBB. Dari jumlah itu terdapat hanya 74 DISPENDA/DPPKAD yang memiliki komputer khusus untuk mengelola data geospasial. Sebanyak 150 DISPENDA/DPPKAD memiliki server yang ditempatkan di ruang khusus server. Nilai maksimal Pemerintah Daerah yang menajalankan semua indikator adalah 7. Tingkat kesiapan komponen sumber daya manusia Pemerintah Daerah Kabupaten dan Kota disajikan dalam presentase maksimal 100%

Tabel 2. Indikator IDS menurut teknologi

Indikator Komponen teknologi	Banyaknya Pemerintah Daerah
Mengadopsi sistem pengelolaan PBB SISMIOP	135
Mengadopsi sistem pengelolaan data geospasial PBB SIG-PBB	97
Tersedia komputer untuk pengelolaan data geospasial	74
Menggunakan perangkat lunak SIG	89
Tersedia server	150
Tersedia ruang khusus server	144
Tersedia Internet untuk mengelola data geospasial	106

Tingkat Kesiapan IDS menurut SDM dan Teknologi

Dari hasil Tabel 3, dapat diperoleh bahwa kesiapan IDS menurut SDM sebagian besar pemerintah daerah memiliki tingkat keiapan belum siap. Sebanyak 112 pemerintah daerah belum siap, 36 pemerintah daerah cukup siap dan 6 pemerintah daerah memiliki tingkat kesiapan siap

Tabel 3. Kesiapan IDS menurut SDM

Interval Persentase	Tingkat Kesiapan	Jumlah Pemerintah Daerah
0% - 35%	Belum Siap	112
36% - 70%	Cukup Siap	36
71% - 100%	Siap	6

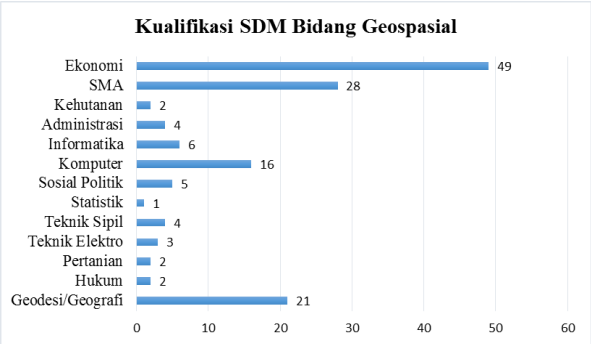
Dari hasil Tabel 4, dapat diperoleh bahwa kesiapan IDS menurut teknologi sebagian besar pemerintah daerah memiliki tingkat keiapan siap. Sebanyak 102 pemerintah daerah siap, 44 pemerintah daerah cukup siap dan 6 pemerintah daerah memiliki tingkat kesiapan belum siap. Peta kesiapan SDM dan teknologi dapat dilihat pada lembar lampiran.

Tabel 4. Kesiapan IDS menurut teknologi

Interval Persentase	Tingkat Kesiapan	Jumlah Pemerintah Daerah
0% - 35%	Belum Siap	6
36% - 70%	Cukup Siap	44
71% - 100%	Siap	102

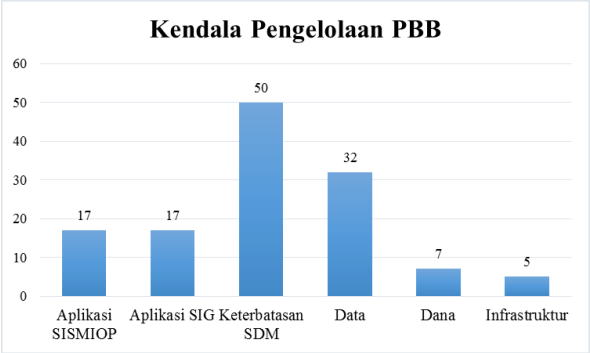
Kualifikasi SDM Yang Mengelola Data Geospasial

Berdasarkan hasil kuesioner, latar belakang displin ilmu yang mengelola data geospasial antara lain berasal dari jurusan Geodesi/Geografi, Ekonomi, Komputer, Informatika, Kehutanan, Administrasi, Sosial Politik, Statistik, Teknik Sipil, Teknik Elektro, Pertanian, Hukum dan lulusan SMA. Dilihat dari Gambar 1, Kualifikasi sumber daya manusia yang paling banyak dalam mengelola data geospasial berasal dari jurusan Ekomomi sebesar 49 orang dari keseluruhan 143 orang yang mengelola data geospasial. Untuk kualifikasi terbanyak setelah jurusan ekonomi adalah lulusan SMA sebanyak 28 orang. Sedangkan untuk jurusan Geodesi/Geografi yang mengelola data geospasial hanya terdapat 21 orang



Gambar 1. Kualifikasi SDM

Kendala Pemerintah Daerah Dalam Mengelola PBB
Dari hasil 152 kuesioner yang kembali, Kendala yang paling banyak dihadapi adalah terkait dengan sumber daya manusia dalam mengelola PBB. Dilihat dari Gambar 2, sebanyak 50 DISPENDA/DPPKAD mempunyai kendala dengan sumber daya manusia yang mengelola PBB. Pada umumnya DISPENDA/DPPKAD tidak memiliki sumber daya manusia yang berkompeten dalam mengelola data geospasial PBB. Kendala yang juga banyak dihadapi adalah terkait dengan data dari PBB. Sebanyak 32 DISPENDA/DPPKAD mempunyai kendala dengan data PBB. Kendala data yang secara umum dihadapi adalah data PBB baik itu data subjek pajak dan objek pajak tidak valid dan tidak lengkap serta data yang dilimpahkan dari Direktorat Jenderal Pajak tersebut juga tidak terupdate. Selain itu sebanyak 17 DISPENDA/DPPKAD menghadapi kendala terkait dengan aplikasi SISMIOP dan aplikasi SIG yang dilimpahkan oleh Direktorat Jenderal Pajak. Terdapat juga 7 DISPENDA/DPPKAD yang terkendala keterbatasan dana untuk mengelola PBB. Selain itu 5 DISPENDA/DPPKAD mempunyai kendala infrastruktur yang tersedia untuk mengelola PBB.



Gambar 2. Kendala dalam PBB

Berikut rincian kendala-kendala yang dihadapi Pemerintah Daerah dalam mengelola PBB.

12. Tidak adanya SDM yang berkompeten dalam menggunakan aplikasi SISMIOP dan mengelola data geospasial PBB.
13. Kurangnya SDM dalam mengelola PBB.
14. Aplikasi SISMIOP sukar dilakukan pengembangan.
15. Aplikasi SISMIOP tidak utuh sehingga keterbatasan dalam mengakses fitur-fitur yang ada.
16. Data SISMIOP yang dilimpahkan oleh Direktorat Jenderal Pajak banyak yang tidak valid.
17. Data SIG-PBB yang dilimpahkan oleh Direktorat Jenderal Pajak tidak akurat dan masih banyak data yang tidak lengkap.
18. Data SIG-PBB tidak memiliki sistem referensi koordinat.
19. Data SIG-PBB yang dilimpahkan Direktorat Jenderal Pajak tidak uptodate.
20. Keterbatasan dana dalam mengelola PBB.

Strategi Pengembangan IDS PBB

Melakukan pelatihan dengan pihak yang berkompeten dalam bidang geospasial.

Pelatihan merupakan langkah yang paling mudah dan cepat. Mudah karena dana yang dibutuhkan tidak banyak dan cepat karena pelatihan dilakukan pada umumnya hanya beberapa minggu saja. Pelatihan bertujuan untuk mengembangkan sumber daya manusia dalam bentuk peningkatan ketrampilan dan

pengetahuan terkait dengan bidang geospasial. Pelatihan dapat dilakukan dengan menggunakan jasa dari pihak yang ahli dalam bidang geospasial. Pihak tersebut bisa melalui jasa konsultasi, perusahaan yang bergerak dalam bidang geospasial, dan atau pelatihan dilakukan oleh perguruan tinggi yang memiliki kompetensi dalam bidang geopasial.

Mengirim staf terpilih untuk melanjutkan pendidikan yang berhubungan dengan geospasial.

Pengembangan sumber daya manusia melalui jenjang pendidkan yang lebih tinggi bertujuan untuk meningkatkan kemampuan, pengetahuan dan ketrampilan yang lebih mendalam. Dengan melanjutkan pendidikan lanjut diharapkan akan membantu dalam menangani masalah yang dihadapi.

Merekrut sumber daya manusia yang berkompeten dalam pengelolaan data geospasial.

Kendala terbesar dalam pengelolaan data geospasial pajak bumi bangunan adalah tidak adanya sumber daya manusia yang mengelola data geospasial. Salah satu langkah yang paling tepat adalah melakukan perekrutan sumber daya manusia yang berkompeten dalam bidang geospasial. Dengan merekrut sumber daya manusia baru yang memiliki pengetahuan dalam bidang geospasial akan sangat membantu pemerintah daerah untuk mengatasi kendala yang dihadapi dalam mengelola data geospasial pajak bumi dan bangunan.

Melakukan kerjasama dengan pihak ketiga untuk memenuhi sumber daya manusia yang berkompeten dalam pengelolaan data geospasial.

Untuk memenuhi kebutuhan sumber daya manusia yang berkompeten dalam mengelola data geospasial selain melakukan rekrutmen juga dapat bekerja sama dengan pihak yang mempunyai kompetensi bidang geospasial. Kerja sama tersebut dapat berbentuk pengadaan jasa untuk melakukan pengelolaan data geospasial PBB. Dengan melakukan kerja sama maka pekerjaan yang berkaitan dengan data akan diserahkan kepada pihak yang bersangkutan sehingga pemerintah daerah akan terbantu dalam mengelola pajak bumi dan bangunan.

Menggunakan perangkat lunak selain yang dihibahkan oleh Direktorat Jendral Pajak.

Aplikasi dalam SISMIOP dan SIG PBB memiliki beberapa kekurangan untuk memenuhi pengelolaan pajak bumi bangunan. Misalnya aplikasi Mapinfo yang tidak ada pembaharuan lagi oleh pengembangnya. Untuk mengatasi hal tersebut maka dapat menggunakan perangkat lunak yang lain. Dapat menggunakan perangkat lunak yang bersifat *opensource* ataupun perangkat lunak berbayar jika terdapat anggaran pengadaan perangkat lunak untuk pengelolaan data geospasial pajak bumi dan bangunan.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil pembahasan, maka dalam penelitian ini dapat diperoleh beberapa kesimpulan. Kesiapan IDS untuk pengelolaan PBB menurut aspek sumber daya manusia diperoleh bahwa sebagian besar DISPENDA/DPPKAD memiliki tingkat kesiapan tidak siap, hanya ada enam DISPENDA/DPPKAD yang memiliki tingkat kesiapan yang siap dan 34 DISPENDA/DPPKAD memiliki tingkat kesiapan cukup siap. Sedangkan kesiapan IDS untuk pengelolaan PBB menurut aspek teknologi informasi geospasial diperoleh bahwa sebagian besar DISPENDA/DPPKAD memiliki tingkat kesiapan yang siap, hanya ada 3 DISPENDA/DPPKAD yang memiliki tingkat kesiapan tidak siap. Kendala yang dihadapi dalam pengembangan IDS pada umumnya adalah tidak adanya sumber daya manusia yang berkompeten dalam bidang pengelolaan data geospasial dan data SISMIOP dan SIG-PBB yang diberikan oleh Direktorat Jenderal Pajak tidak valid dan tidak lengkap.

Ucapan terima kasih

Terima kasih kami sampaikan kepada Kantor DISPENDA/DPPKAD yang telah berkontribusi dalam mengrirmkan isian kuesioner, dan DPPKAD Kab Sleman yang telah memberikan data penelitian.

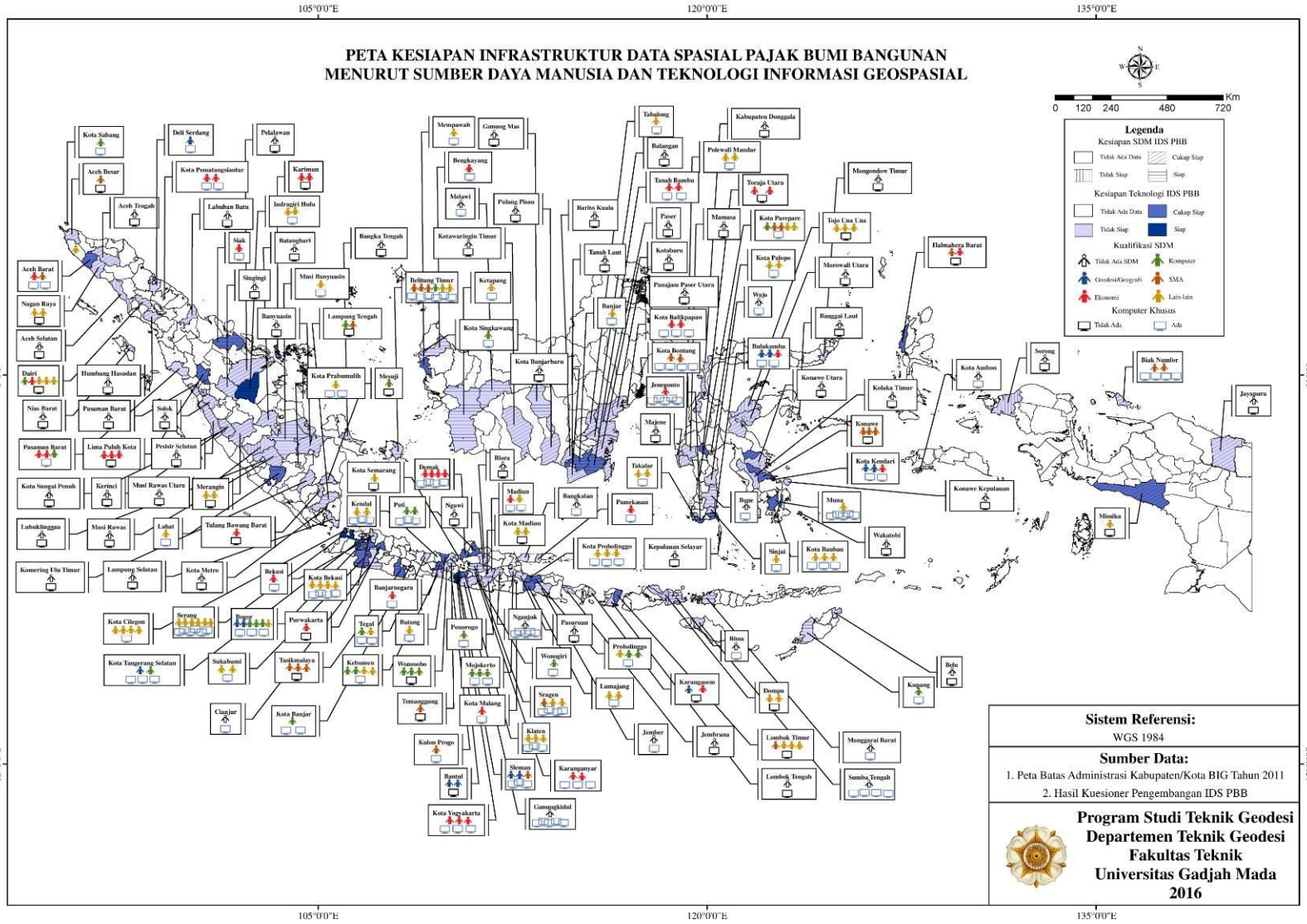
Daftar Pustaka

Mardiasmo, 2011, *Perpajakan Edisi Revisi*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Rajabifard, A., and Williamson, I. (1999). *Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy and Future Directions*. Proceeding of AURISA 97.

Suandy, E. 2011. *Hukum Pajak*, Edisi 5, Jakarta: Salemba Empat.

Sutanta, H., Aditya, T., Purnama, B., Diyono, Laksono, D., dan Farida, A (2014). *I-SRI, an SDI Readiness Index For Local Government in Indonesia*. FIG, Kuala Lumpur, Malaysia.


PETA KESIAPAN INFRASTRUKTUR DATA SPASIAL PAJAK BUMI BANGUNAN
MENURUT SUMBER DAYA MANUSIA DAN TEKNOLOGI INFORMASI GEOSPASIAL
105°0'0"E
120°0'0"E
135°0'0"E
0°0'0"
15°0'0"S
N
W
E
S
0 120 240 480 720 Km
Legenda
Kesiapan SDM IDS PBB
Tidak Ada Data
Cukup Siap
Tidak Siap
Siap
Kesiapan Teknologi IDS PBB
Tidak Ada Data
Cukup Siap
Tidak Siap
Siap
Kualifikasi SDM
Tidak Ada SDM
Komputer
Geodesi/Geografi
SMA
Ekonomi
Lain-lain
Komputer Khusus
Tidak Ada
Ada
Sistem Referensi:
WGS 1984
Sumber Data:
1. Peta Batas Administrasi Kabupaten/Kota BIG Tahun 2011
2. Hasil Kuesioner Pengembangan IDS PBB
Program Studi Teknik Geodesi
Departemen Teknik Geodesi
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
2016

Model Prototype 3D Bangunan Heritage Berbasis Geospasial Untuk Mendukung Keistimewaan Yogyakarta

Ruli Andaru[a], Istarno[b], Gondang Riyadi[c], Untung Rahardjo[d]

[a,] Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM (ruliandaru@ugm.ac.id)
[b,] Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM (istarno@ugm.ac.id)
[c,] Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM (gondangr@ugm.ac.id)
[d,] Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM (untungrahardjo@ugm.ac.id)

ABSTRAK

Keistimewaan Yogyakarta diakui secara resmi melalui UU Nomor 13 Tahun 2012. Ada 5 pilar yang dianggap menjadi ciri keistimewaan Yogyakarta yaitu pemilihan kepala daerah, pertanahan, tata ruang, kelembagaaan, dan kebudayaan. Pemanfaatan ilmu dan teknologi untuk menjaga keistimewaan Yogyakarta menjadi penting dilakukan. Penggunaan teknologi yang tepat guna dan tepat sasaran akan membuat usaha menjaga keistimewaan Yogyakarta ini menjadi lebih mudah dan efisien. Dari berbagai pilihan yang tersedia, teknologi geospasial merupakan salah satu pilihan yang terbaik. Teknologi geospasial terkait dengan dokumentasi keruangan, dalam hal ini adalah pemetaan secara 3D. Hasil dari pemetaan ini adalah sebuah prototype 3D bangunan heritage secara detail, akurat dan teliti. Salah satu metode pemetaan geospasial adalah dengan menggunakan Laser Scanning. Dengan laser scanning, obyek heritage dapat dipetakan dengan tingkat kedetailan dan akurasi yang tinggi. Penelitian ini mengambil obyek bangunan heritage di kawasan titik nol kilometer Yogyakarta dan bangunan Tugu Yogyakarta. Model prototype yang dihasilkan adalah model 3D bangunan benteng Vredeburg dalam bentuk primitif model, model 3D mesh/surface bangunan tugu jogja dan tapak 2D kawasan titik nol kilometer. Model prototype ini sebagai data dokumentasi digital yang realistik dan akurat sehingga bisa digunakan oleh pihak pengambil keputusan dan pembuat kebijakan untuk merencanakan dan melestarikan bangunan heritage dengan lebih cepat dan komprehensif.

Kata kunci Laser scanner, keistimewaan yogyakarta, geospasial

ABSTRACT

Privileges Yogyakarta officially recognized by Law. There are five pillars that are considered to characterize the privilege of Yogyakarta, namely the local elections, land management, spatial management, institutional, and cultural. The utilization of science and technology to maintain the privilege of Yogyakarta become important. The use of appropriate technology and appropriate will make efforts to maintain the privilege of Yogyakarta has become easier and more efficient. Of the various options available, geospatial technology is one of the best choices. Geospatial technology related to spatial documentation, in this case is to create 3D model. The results of this mapping is a 3D prototype heritage building. One of the methods that can be used is a laser scanning technology. With laser scanning, heritage objects can be mapped with high accuracy. This object study is heritage buildings "titik nol kilometer Yogyakarta", Benteng Vredeburg and Tugu Jogja. Prototype model generated from this research are 3D primitif models of buildings Benteng Vredeburg, 3D mesh/surface building Tugu Jogja and 2D footprint area "titik nol kilometer Yogyakarta". This prototype model as digital documentation data with realistic and accurate so it can be used by the decision makers and policy makers to plan and preserve heritage buildings more quickly and comprehensively.

Keywords Laser scanner, geospatial, cultural heritage

Pendahuluan

Keistimewaan Yogyakarta diakui secara resmi melalui Undang undang Nomor 13 Tahun 2012. Ada lima pilar yang dianggap menjadi ciri keistimewaan Yogyakarta yaitu pemilihan kepala daerah, pertanahan, tata ruang, kelembagaaan, dan kebudayaan. Dari lima pilar keistimewaan Yogyakarta, keistimewaan

fisik adalah yang paling mudah diamati yaitu pertanahan, tata ruang dan kebudayaan. Dalam hal kebudayaan, keistimewaan Yogyakarta dicirikan, salah satunya dengan berbagai bangunan lama yang memuat sejarah yang penting dan panjang. Perlindungan dan pemahaman terhadap bangunan bersejarah penciri keistimewaan sangat penting dilakukan. Menjaga keistimewaan Yogyakarta berarti juga menjaga keberadaan bangunan yang menjadi bagian dari kebudayaannya. Seperti halnya peradaban lain, peradaban keistimewaan Yogyakarta mengalami ancaman akan penurunan bahkan kepunahan.

Perubahan tata ruang, alih fungsi lahan yang tidak terkendali dan terkikisnya bangunan bersejarah bisa menjadi awal degradasi keistimewaan. Di sisi lain, jika terus digali, dipertahankan dan dijaga, keistimewaan itu tidak saja bertahan tetapi bisa menjadi semakin tinggi nilainya. Penyingkapan situs situs bersejarah yang menjadi penciri keistimewaan, revitasliasi tata ruang dan pengaturan pemanfaatan lahan, adalah beberapa hal yang bisa menguatkan keistimewaan Yogyakarta.

Seiring perkembangan ilmu dan teknologi, keistimewaan Yogyakarta harus dilihat dari perspektif baru. Pemanfaatan ilmu dan teknologi tinggi untuk menjaga keistimewaan Yogyakarta menjadi penting dilakukan. Penggunaan teknologi yang tepat guna dan tepat sasaran akan membuat usaha menjaga keistimewaan Yogyakarta ini menjadi lebih mudah dan lebih efisien. Dari berbagai pilihan yang tersedia, teknologi geospasial merupakan salah satu pilihan yang baik. Teknologi geospasial terkait dengan dokumentasi keruangan, dalam hal ini pemetaan secara tiga dimensi. Dengan pemetaan tiga dimensi menggunakan teknologi geospasial, akan dihasilkan sebuah replika bangunan Heritage secara akurat dan teliti. Salah satu metode pemetaan geospasial yang akurat, detail dan efisien adalah dengan menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanning* (TLS). Dengan melakukan perekaman menggunakan TLS maka bangunan-bangunan kuno bisa direkam dengan baik dan akurat dalam waktu yang relatif singkat. Data ini merekam semua bangian tanpa kecuali.

Obyek penelitian ini adalah Tugu putih yang merupakan sebuah monumen yang menjadi simbol dari Kota Yogyakarta, berada tepat di tengah perempatan Jalan Pengeran Mangkubumi, Jalan Jendral Sudirman, Jalan A.M Sangaji dan Jalan Diponegoro serta Kawasan titik nol km yang merupakan kawasan gedung herritage di Yogyakarta. Proses pendataan digital tiga dimensi harus benar-benar sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya, karena hasil dari pengukuran tersebut selain untuk mengetahui konstruksi dan bentuk dari bangunan juga digunakan untuk keperluan rekonstruksi atau pemugaran agar selalu terjaga keasliannya sebagaimana telah diatur dalam Undang-Undang no.5 Tahun 1992 tentang cagar Budaya

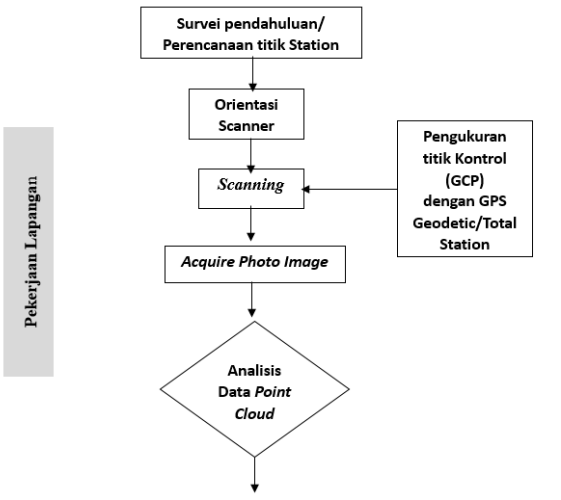
Metodologi

Penelitian ini secara umum terdiri dari dua kegiatan besar, yaitu akuisisi/*scanning* obyek dengan TLS dan pembuatan model 3D dari data *pointclouds* hasil pengukuran TLS. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. TLS *Faro focus 3D X330*, merupakan peralatan utama dalam akuisisi data di lapangan untuk menghasilkan model *point cloud*s 3D Kawasan Km nol dan area Museum Vredeburg
b. TLS Maptek I-site 8820, digunakan untuk akuisisi data tugu jogja.
c. Total station dan GPS untuk pengukuran titik kontrol,
d. Komputer dengan perangkat lunak *Faro scene 5.3.3* dan *Leica cyclone 6.1* untuk mengolah data *pointclouds*.

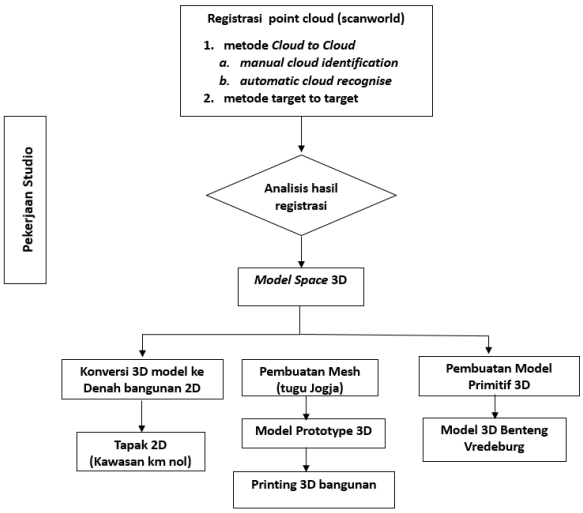
Jalannya Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah 1) pengukuran titik control tanah dengan menggunakan teknologi GPS/GNSS dan Total Station, 2) Akuisisi data dengan TLS, 3) Registrasi data Point clouds 4) Pembuatan tapak 2D, mesh dan model primitif 3D. Alur penelitian dijelaskan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan lapangan

Tahapan 1 dan 2 merupakan tahapan pekerjaan lapangan, sedangkan tahapan 3 dan 4 yaitu Registrasi data Point clouds dan Pembuatan tapak 2D adalah pekerjaan studio. Alur tahapan studio disajikan pada gambar 2.



Gambar 2. Tahapan Studio

1) Pengukuran titik kontrol tanah

Sebaran lokasi titik control tanah dibuat berdasarkan area of interest (AOI) dari area *scanning* yang akan dilakukan. Titik ini digunakan untuk proses georeferensi data hasil scanning dengan TLS. Sebaran lokasi titik control tanah dapat dilihat pada Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Sebaran titik control tanah

Pengukuran titik kontrol tanah dipilih menggunakan teknologi GPS/GNSS kombinasi dengan Total Station. Gambar 3 dan 4 menunjukkan proses pengukuran menggunakan GPS/GNSS dan Total Station.



Gambar 4. Pengukuran dengan GPS/GNSS



Gambar 5. Pengukuran titik control tanah dengan Total Station

2) Akuisisi data dengan TLS

Proses akuisisi data kawasan Tugu Jogja menggunakan alat Terrestrial laser scanner merk Maptek I-site 8820. Pengukuran dilakukan dengan metode registrasi traverse, yaitu pengukuran dilakukan saat alat sudah tereferensi pada sistem koordinat tanah, sehingga data pointclouds yang didapatkan juga sudah teregistrasi dan tereferensi dalam sistem koordinat tanah. Alat berdiri di 5 titik kontrol yang telah diukur sebelumnya. Persebaran titik kontrol yang baik membuat seluruh bagian dari Tugu Jogja dapat terpindai oleh alat TLS dari lima kali berdiri alat



Gambar 6. Scanning Kawasan Tugu Jogja

Proses akuisisi data kawasan km nol menggunakan peralatan TLS Faro focus 3D X330. Data yang dihasilkan dari proses ini berupa *scan world* pada setiap lokasi berdiri alat. Akuisisi data ini menggunakan metode *target based* dengan menggunakan target berupa sphere. Posisi target sphere diletakkan maksimal sejauh 15 m dari lokasi berdiri alat, hal ini dikarenakan scanning dilakukan dengan menggunakan *resolution scan* 1/8 dan quality scan 4x. Untuk melakukan scanning seluruh kawasan km nol dan area Benteng Vredeburg diperlukan 150 titik station dengan prosesntase pertampalan antar station adalah 30%. Gambar 7 adalah kegiatan scanning di kawasan km nol dan Benteng Vredeburg.



Gambar 5. Scanning kawasan km nol

3) Registrasi data Point clouds

Proses registrasi bertujuan untuk menggabungkan semua data hasil pemindaian berupa scan world menjadi satu sistem koordinat tunggal. Proses registrasi ini menggunakan metode dua tahap yaitu registrasi target to target dan cloud to cloud. Registrasi target to target disini menggunakan target berupa bola (sphere) untuk disamakan antara satu scan world dengan scan world berikutnya. Registrasi mengunakan target masih banyak menghasilkan kesalahan yang biasanya dalam bentuk gap (selisih antar scan world satu dengan yang lain). Penyempurnaan dilakukan registrasi cloud to cloud, yaitu registrasi dengan mendekatkan point clouds yang sama dari suatu objek yang terekam antar scan world yang berbeda. Data hasil registrasi kemudian dikonversi dalam format .txt, sehingga dapat dibuka dalam perangkat lunak leica cyclone

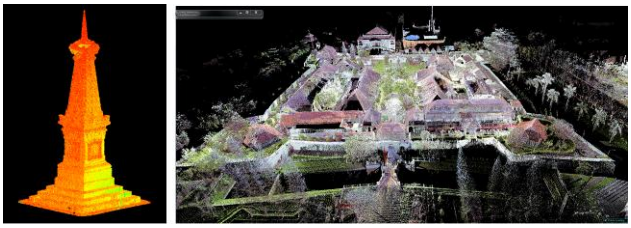
4) Pembuatan tapak 2D, mesh dan model primitif 3D

Proses selanjutnya adalah pembuatan model solid monumen Tugu Jogja hasil pengukuran TLS pada perangkat lunak geomagic designX. Prinsip pembuatan model solid pada perangkat lunak geomagic designX adalah dengan metode meshing. Metode meshing adalah pembentukan bidang dari poincloud dengan jaring poligon, sehingga dapat membentuk permukaan dari suatu objek. Untuk obyek Benteng Vreedeburg, pembuatan model 3D menggunakan fitur insert object pada perangkat lunak Leica Cyclone. Objek yang dominan digunakan adalah objek box dalam pembuatan struktur gedung tersebut. Pemberian warna juga dilakukan untuk membedakan setiap bagian dari bagunan tersebut. Pemberian warna dilakukan dengan menggunakan fitur edit color/material pada perangkat lunak Leica cyclone. Untuk pembuatan tapak 2D dilakukan dengan perangkat lunak Autodesk Inventor. Tahap digitasi merupakan tahap utama dari proses pembuatan peta dari point clouds 3D Terrestrial Laser Scanner. Proses digitasi di awali dengan mengaktifkan reference plane pada setiap lantai gedung bertingkat. Tampilan display Autodesk Inventor akan berubah menjadi 2D dengan mengaktifkan fitur start 2D sketch. Perubahan display perangkat lunak Autodesk Inventor dari 3D ke 2D ditandai dengan adanya dua garis yang berpotongan di pusat reference plane. Tahapan digitasi dapat dimulai setelah display perangkat lunak ini berubah menjadi 2 dimensi.

Hasil dan Pembahasan

Hasil *Pointclouds* pengukuran TLS

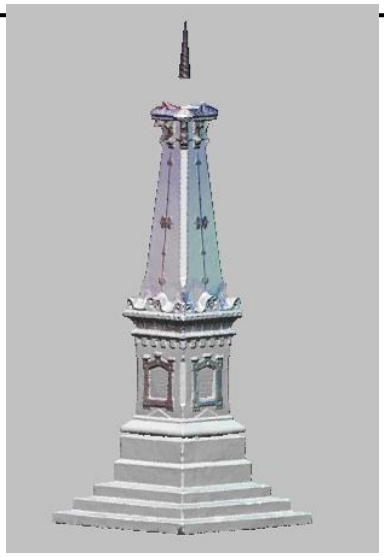
Pointcouds TLS setelah dilakukan proses registrasi kemudian dilakukan filtering yaitu proses untuk menghapus data pointclouds yang tidak dibutuhkan. Setelah data pointclouds sudah bersih kemudian dilakukan proses georeference. Hasil pointcloud setelah akhir disajikan pada gambar 6.



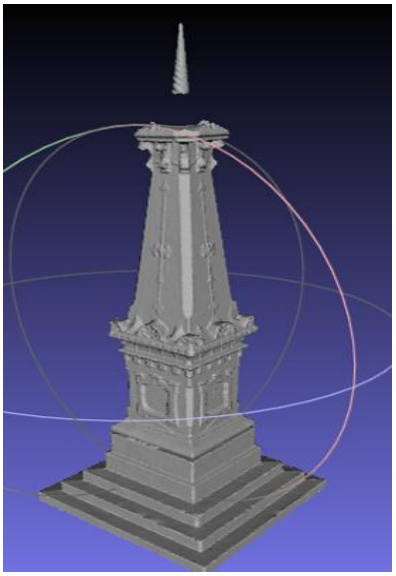
Gambar 6. Pointlouds Tugu Jogja dan kawasan km nol

Hasil *Mesh* Tugu Jogja

Jumlah titik yang terdapat pada pointcloud hasil pengukuran TLS adalah sejumlah 1.254.701 titik. Pointcloud Tugu Yogyakarta dari TLS kemudian diproses dalam perangkat lunak geomagic designX sehingga terbentuk model solidnya. Tingkat kehalusan permukaan model solid Tugu Yogyakarta yang dihasilkan dari pengukuran TLS adalah sangat baik.



Gambar 7. Model solid Tugu Yogyakarta dari pointcloud hasil pengukuran TLS

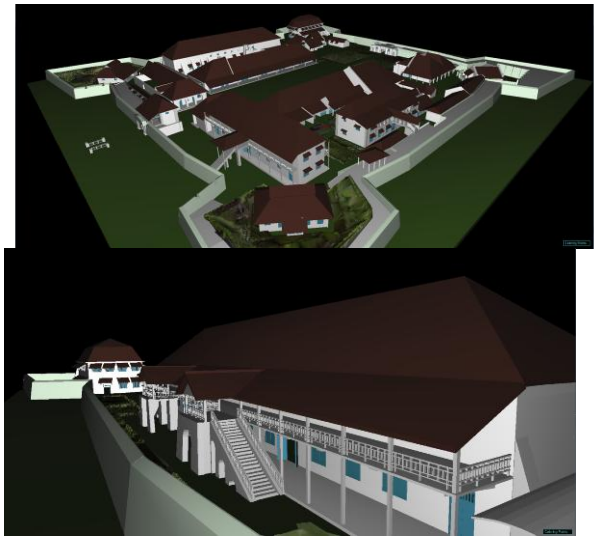


Gambar 8. Model solid Tugu Yogyakarta tanpa warna (geomagic)

Hasil Model Primitif 3D Benteng Vredeburg

Point clouds 3D dari kawasan km nol dan benteng Vredeburg dilakukan pemodelan 3D dengan menggunakan bentuk primitif solid, surface ataupun mesh. Pembuatan model 3D dikhususkan di kawasan Benteng Vredeburg.

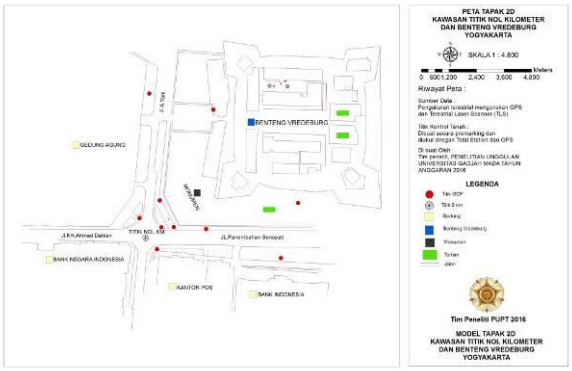




Gambar 9. Model solid primitif 3D Benteng Vredeburg

Hasil Tapak 2D Kawasan Km nol

Point clouds 3D dari kawasan km nol hasil registrasi dan georeferensi dapat dibentuk model 2D (tapak 2D) dengan melakukan digitasi bentuk-bentuk obyek yang terrekam pada data TLS. Hasil dari digitasi ini adalah data vektor yang merepresentasikan ukuran dan bentuk obyek dalam kawasan tersebut secara 2D.



Gambar 10. Peta Tapak 2D Kawasan Km nol

Kesimpulan

1. Model Prototype 3D yang diperoleh dengan metode laser scanning mampu menghasilkan model 3D yang akurat, realistik dan detail.
2. Teknologi Laser Scanner mampu menyajikan informasi spasial 3 Dimensi maupun peta tampak 2 dimensi dengan tingkat kehalusan permukaan

yang baik mendekati kondisi riil di lapangan dengan geometri yang akurat.

3. Dengan data digital 3D ini maka pengambil keputusan dan pembuat kebijakan akan terbantu karena bisa merencanakan segala sesuatu dengan lebih cepat dan dengan data yang komprehensif

Saran

1. Perlu dilakukan uji akurasi hasil prototype 3D agar memberikan gambaran tingkat akurasinya, baik dalam aspek horizontal maupun vertikal.
2. Perlu ditambahkan data atribut supaya informasi obyek dalam model lebih informatif

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih penulis sampaikan kepada LPPM UGM atas hibah dana sehingga penelitian ini bisa terlaksana. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga kepada Kepala Musem Vredeburg atas ijin yang diberikan.

Daftar Pustaka

Abbas, M. A., Luh, L. C., Setan, H., Majid, Z., Chong, A. K., Aspuri, A., and Ariff, M. F. M. 2014. Terrestrial laser scanners pre-processing: registration and georeferencing. Jurnal Teknologi, 71(4)

Fleming, B. 3D Modeling and Surfacing. Morgan Kaufmann Publishers Inc. 1999
Geosystems, L. 2012. Technical Reference Manual: Viva Series. Leica Geosystems, Inc.: San Ramon, CA.

Kadobayashi, R.. Kochi, N. Otani, H. and Furukawa, R. 2004. Comparison and evaluation of laser scanning and photogrammetry and their combined use for digital recording of cultural heritage. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 35(5), 401-406.

Lichti, D. D., Gordon, S. J., Stewart, M. P., Franke, J., & Tsakiri, M. 2002. Comparison of digital photogrammetry and laser scanning. InProc. International Society for Photogrammetr and Remote Sensing (pp. 39-44).

Maptek. 2016. Introducing the Maptek I-Site 8820 laser scanner. Adelaide. Maptek Ply Ltd.

Reshetyuk, Y. 2009, Terrestrial Laser Scanning, Error Sources, Self-Calibration and Direct Georeferencing, Berlin.

Yastikli, N. 2007. Documentation of cultural heritage using digital photogrammetry and laser scanning. Journal of Cultural Heritage, 8(4), 423-427.

Pembuatan Atlas Daring Sejarah Babad Tanah Jawi Berbasis Metode Penuturan Cerita (Periode Kerajaan Mataram Islam)

Sheila Amalia Burhanudin [1,*], Trias Aditya K.M.[2]

[1,*]Alumni Departemen Teknik Geodesi & Geomatika FT-UGM (sheilaamalia85@gmail.com)
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: geodesi@ugm.ac.id
[2]Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika FT-UGM

ABSTRACT

Indonesia's history literature is one of the fundamental source for exploring and understanding the civilization of Indonesian. One of the well-known historical literatures is Babad Tanah Jawi. Babad Tanah Jawi tells a historical story of important events took place during Islamic Mataram Kingdom in Java Island as a whole. However, the story plot in Babad Tanah Jawi is quite complex because of its comprehensive temporal aspect (time) and spatial aspect. Therefore, visualization of spatio-temporal aspects needs to be done in order to reconstruct the history so that people can easily understand the the timeline and the location of each event in the history of Babad Tanah Jawi. The main content of this interactive Babad Tanah Jawi atlas is explanation of historical events integrated with spatial data. The historical events are written in a narrative and structured way using the concept of storytelling and the periodization of time. In addition, the atlas is also equipped with additional media such as illustrations, pictures, and videos to support the history explanation. The spatial data includes the location of the historical events, the coverage area, and the journey routes. These data are visualized on the map as spatial features. Based on users evaluation, this online atlas facilitates users in understanding the history location of based on the historical events happened in the past Islamic Mataram Kingdom.
Kywords: *Online atlas, Historical atlas, Web cartography, Interactive map.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Literatur sejarah Indonesia merupakan salah satu sumber yang paling berperan dalam menelusuri dan mempelajari peradaban Indonesia. Salah satu literatur sejarah yang terkenal adalah Babad. Arti kata babad dalam Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) adalah kisahan berbahasa Jawa, Sunda, Bali, Sasak dan Madura yang berisi peristiwa sejarah; cerita sejarah; riwayat; sejarah; tambo; hikayat Tanah Jawa. Babad juga dianggap sebagai karya sastra sejarah karena disajikan dalam bentuk tembang jawa dengan gaya bahasa puitis yang isinya terdiri dari legenda, mitos dan ramalan. Berbagai macam babad yang dapat ditemukan seperti, Babad Pacitan, Babad Kandha, Babad Pasuruan, Babad Cirebon dan lainnya yang digolongkan berdasarkan peristiwa, lokasi ataupun periode waktunya. Salah satu babad yang cukup populer adalah Babad Tanah Jawi. Babad ini menjadi salah satu buku induk yang wajib dibaca apabila ingin mengetahui sejarah Jawa secara keseluruhan. Naskah Babad Tanah Jawi ini pun telah diterbitkan dalam berbagai versi. Salah satu sumber tertulis Babad Tanah Jawi ditulis oleh Olthof (2010) berisi silsilah raja di tanah Jawa, bahkan diceritakan mulai dari zaman nabi-nabi (dimulai dari Nabi Adam) hingga masa Kerajaan Kartasura tahun 1647. Alur cerita sejarah dalam Babad Tanah Jawi terbilang cukup kompleks untuk dipahami karena mempunyai aspek temporal (waktu) dan aspek spasial yang luas. Usaha yang dapat dilakukan untuk menyusun aspek temporalnya agar lebih terstruktur adalah dengan melakukan periodisasi berdasarkan zaman.

Atlas merupakan salah satu produk kartografi yang telah dikenal luas oleh masyarakat sebagai sarana untuk menyajikan peta, narasi, foto, dan grafik secara terpadu dan terstruktur. Atlas berisi kumpulan dan kombinasi peta-peta atau set data yang saling terkait satu sama lain yang disusun dengan tema tertentu. Selain memiliki tema, peta pada atlas memiliki aspek spasial-temporal dan setiap petanya dapat dibandingkan antara satu dengan yang lainnya (Kraak & Ormeling 2010). Atlas memiliki banyak jenis dan beberapa jenis atlas

dibuat dengan tema dan tujuan tertentu misalnya, atlas wisata, atlas referensi, atlas sejarah dan lain-lain.

Handayaningsih (2013), dalam skripsinya telah menghasilkan atlas sejarah yaitu Atlas Babad Tanah Jawi yang dicetak dengan kertas dan bersifat statis non interaktif (tampilan saja). Produk atlas tersebut sangat membantu dalam memahami aspek spasial yang terdapat pada kisah sejarah Babad Tanah Jawi. Namun, pada atlas tersebut terdapat beberapa kekurangan, diantaranya kurangnya informasi tambahan yang ditampilkan dan keterbatasan visualisasi yang dapat ditampilkan pada peta. Untuk itu, kegiatan aplikatif ini dilakukan sebagai pengembangan produk atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013) yang telah dibuat sebelumnya. Pengembangan atlas Babad Tanah Jawi pada skripsi ini dibuat dengan menggunakan media *web* dan bersifat interaktif. Atlas ini berisikan informasi spasial yang akan divisualkan dengan metode penuturan cerita (*storytelling*). Metode penuturan cerita yang ingin ditekankan pada kegiatan aplikatif ini adalah lebih berfokus pada visualisasi aspek spasial berdasarkan alur plot narasi sehingga cerita menjadi lebih terstruktur dan mudah untuk dipahami. Dengan dibuatnya atlas interaktif ini diharapkan nantinya visualisasi sejarah Babad Tanah Jawi akan bersifat interaktif dan infomatif sehingga sejarah Babad Tanah Jawi ini dapat dipelajari oleh masyarakat luas dengan mudah.

Cakupan Kegiatan

Cakupan kegiatan aplikatif pembuatan atlas daring Babad Tanah Jawi berbasis metode penuturan cerita adalah sebagai berikut:

1. Visualisasi peta yang akan ditampilkan pada Atlas Interaktif Babad Tanah Jawi ini hanya mencakup Pulau Jawa saja. Hal ini mencakup lokasi sejarah, rute perjalanan, dan cakupan daerah kekuasaan yang berfokus di Pulau Jawa.
2. Atlas interaktif Babad Tanah Jawi menceritakan peristiwa sejarah periode awal berdirinya Kerajaan Mataram Islam sampai dengan masa perpecahannya (tahun 1586 – 1755 M).
3. Desain tampilan dan isi atlas Babad Tanah Jawi ini menyesuaikan lebar tampilan layar komputer saja dan isi konten seluruhnya menggunakan bahasa Indonesia.

Tujuan Kegiatan

Kegiatan ini bertujuan untuk membuat atlas sejarah daring (*online*) tentang Babad Tanah Jawi yang menceritakan periode Kerajaan Mataram Islam. Atlas ini juga bertujuan untuk mendigitalkan atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013) sebelumnya yang berbentuk analog menjadi atlas yang bersifat interaktif dan menggunakan media *web* sehingga mudah diakses oleh mahasiswa.

Metodologi

Data

Data Spasial

Data spasial yang digunakan untuk membuat atlas daring Babad Tanah Jawi adalah data koordinat lokasi peristiwa sejarah yang diperoleh dari *Google Earth* berdasarkan Atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013) dan data peta pulau Jawa dalam format *shapefile* yang diunduh pada http://www.info-geospasial.com/. Selain itu, peta latar bersumber dari *OpenStreetMap*© (www.openstreetmap.org) dan diakses melalui Mapbox© (www.mapbox.com).

Data Atribut

Data atribut meliputi narasi dan lokasi sejarah berdasarkan sumber literatur Babad Tanah Jawi berkisar pada periode Kerajaan Mataram Islam serta tambahan data multimedia meliputi ilustrasi, foto, dan video yang berkaitan dengan sejarah.

Peralatan

Perangkat Keras

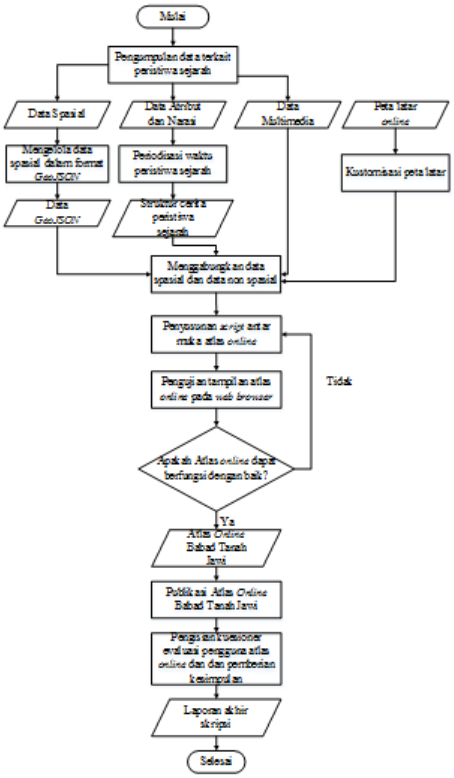
Perangkat keras yang digunakan pada kegiatan ini meliputi satu unit laptop, modem, USB dan *printer*.

Perangkat Lunak

Perangkat lunak yang digunakan pada kegiatan ini adalah: Tabel Daftar Toponim Daerah Atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013), *Windows 7, QGIS Dekstop 2.1.2.0, Photoshop CS5, Google Earth, Microsoft Word 2013, Google Chrome Web Browser, JetBrains PhpStorm 2016.1, Mapbox Studio 0.3.6., Git 2.8.2.*

Tahap Pelaksanaan

Proses pelaksanaan pembuatan atlas daring Babad Tanah Jawi dilakukan melalui tahapan pada diagram alir pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan kegiatan

Secara umum pengolahan data yang dilakukan meliputi pengolahan data tekstual dan data spasial, meliputi:

1. Pengolahan data tekstual.

   Narasi cerita dibagi menjadi tiga bab cerita berdasarkan periode waktu alur cerita, yaitu masa awal kebangkitan, masa puncak kejayaan, dan masa perpecahan Kerajaan Mataram Islam. Tiga bab cerita ini kemudian dibagi kembali menjadi beberapa sub bab cerita yang menceritakan tiap peristiwa secara singkat sehingga menghasilkan suatu struktur cerita yang disusun pada Gambar 3.

2. Pengolahan data spasial.

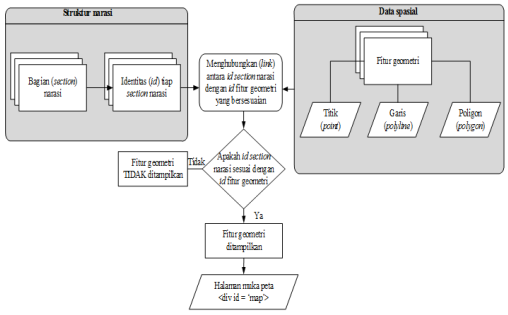
   Lokasi sejarah yang tidak terdapat pada Atlas Babad Tanah Jawi dicari koordinatnya dengan menggunakan aplikasi *Google Earth*. Hasil koordinat lokasi kemudian disimpan dalam format KML. Koordinat titik lokasi dalam format KML tidak dapat langsung dimasukkan kedalam script. Untuk itu, perlu dilakukan pengolahan data koordinat (bujur dan lintang) menjadi format GeoJSON sesuai dengan diagram alir pada Gambar 4.

3. Kustomisasi peta latar menggunakan *Mapbox Studio*

   Peta latar (*base map*) merupakan *layer* utama yang tersusun dari berbagai layer fitur-fitur objek sehingga membentuk suatu kesatuan peta. Peta latar yang digunakan berasal dari salah satu *platform* penyedia peta daring seperti *OpenStreetMap*© yang bersifat terbuka (*open source*) dan gratis. Pengolahan desain kartografi peta latar dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Mapbox Studio* versi dekstop.

4. Penyusunan atlas daring interaktif

   Setiap bagian (*section*) narasi akan menampilkan data-data spasial berupa fitur geometri yang berhubungan dengan cerita. Fitur geometri yang ditampilkan ialah titik koordinat (*point marker*), poligon dan garis (*polyline*). Hubungan dan alur data digambarkan dalam sebuah diagram pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan dan alur data spasial dan narasi

Pengaturan tampilan muka atlas interaktif disusun oleh kode *script* yang terdiri dari kode *HTML*, *CSS* dan *JavaScript*. Kumpulan *script* ini ditulis dan disusun dalam perangkat lunak *script editor*. *Script editor* yang dipakai dalam kegiatan aplikatif ini adalah *JetBrains PhpStorm 2016.1*. Selain *HTML* dan *CSS*, elemen utama penyusun peta daring ini adalah *javascript*. Pustaka *javascript* yang digunakan pada kegiatan aplikatif ini menggunakan *Mapbox Javascript API (Mapbox.js)* sebagai pengatur interaktivitas peta.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari pelaksanaan kegiatan aplikatif ini adalah atlas daring interaktif berbasis metode penuturan cerita yang menceritakan perjalanan sejarah yang diceritakan pada Babad Tanah Jawi.

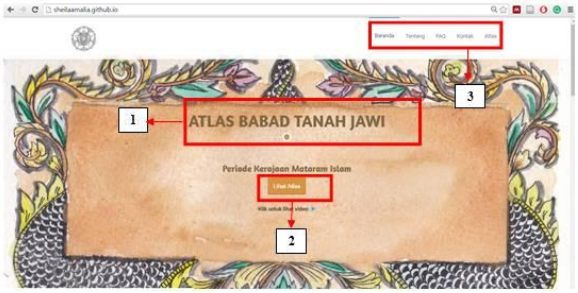
Hasil Penyajian Data

Atlas daring interaktif Babad Tanah Jawi tersusun dalam sebuah *web*site yang terdiri dari dua halaman *web*, yaitu halaman beranda utama (*Homepage*) dan halaman muka atlas.

Tampilan halaman depan (Homepage)

Halaman depan *web* merupakan tampilan pertama yang muncul ketika pengguna menuju alamat *web*site atlas daring. Desain halaman depan *web* dapat dilihat pada Gambar 6.

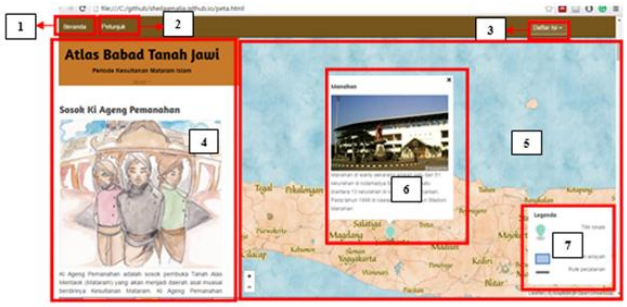
Gambar 6. Tampilan menu halaman depan



Komponen utama halaman depan *web* seperti yang ditampilkan pada Gambar 3 meliputi: judul *web*site, tombol navigasi menuju muka atlas, dan bar menu utama. Menu utama terdiri dari empat menu, yaitu: Beranda, Tentang, FAQ, dan Kontak.

Tampilan halaman muka atlas

Halaman muka atlas merupakan bagian utama dan bagian inti dalam *web*site yang berisi tampilan muka peta serta narasi cerita Babad Tanah Jawi. Desain muka atlas dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tampilan halaman muka atlas

Komponen utama halaman depan *web*, adalah sebagai berikut:

1. Beranda, sebagai tombol navigasi yang menghubungkan dengan halaman utama *web*. Posisi tombol navigasi berada di bagian pojok kiri atas halaman *web*.
2. Petunjuk, sebagai tombol untuk memunculkan petunjuk tentang cara penggunaan atlas kepada pengguna.
3. Daftar Isi, merupakan tombol (*button*) navigasi tipe *dropdown menu* yang menghubungkan daftar judul bagian narasi sehingga pengguna dapat langsung memilih dan membaca narasi sesuai judul yang diinginkan.
4. Judul atlas dan kolom narasi cerita. Judul atlas dan narasi cerita terdapat di sebelah kiri halaman *web* yang disusun dalam bentuk kolom. Judul ditempatkan di atas kolom narasi cerita yang mempunyai letak tetap dan tidak berpindah.
5. Muka peta. Muka peta interaktif terdapat di sebelah kanan halaman *web* sebagai tempat visualisasi penyajian data spasial berupa objek fitur yang ditunjukkan oleh narasi cerita secara interaktif.
6. Fungsi jendela informasi. Jendela informasi ditampilkan dengan menggunakan fungsi *pop up*. Jendela informasi akan muncul dengan cara mengklik fitur geometri seperti titik atau luasan poligon.
7. Kotak legenda. Kotak legenda berisi keterangan arti dari fitur yang ditampilkan seperti titik lokasi, luasan wilayah, dan rute perjalanan pada peta.

Hasil Pengolahan Data Spasial

Data spasial yang ditampilkan meliputi titik lokasi penting, luasan wilayah, dan rute perjalanan yang ditampilkan sesuai dengan narasi. Pengolahan data titik koordinat dalam bentuk GeoJSON menghasilkan titik-titik koordinat sebanyak 19 buah titik koordinat yang ditampilkan dalam bentuk marker. Selain itu, luasan wilayah ditampilkan dalam bentuk luasan poligon yang ditampilkan dengan membuat project pada Mapbox Editor yang dimasukkan dalam peta latar. Terdapat tiga jenis

fitur yang dihasilkan pada Atlas Babad Tanah Jawi, yaitu titik lokasi, cakupan wilayah, dan rute perjalanan.

Hasil Desain Peta Latar dan Simbol Peta

Atlas Babad Tanah Jawi menggunakan satu peta latar yang bersumber dari OpenStreetMap©. OpenStreetMap© merupakan penyedia peta daring gratis dan terbuka. Sistem proyeksi yang digunakan oleh peta latar yaitu *Pseudo Mercator* pada Datum WGS 1984 (CRS: 3395) dengan kode EPSG: 3857. Data geospasial berupa layer-layer elemen peta sepenuhnya disediakan oleh peta latar sehingga tidak dapat dilakukan modifikasi atau perubahan terhadap data tersebut. Hal ini berpengaruh pada hasil akhir atlas daring yang menampilkan informasi geospasial seperti jalan dan nama tempat (toponim) sesuai dengan kondisi saat ini dan menjadi kurang sesuai dengan sumber tekstualnya. Tampilan muka dibuat lebih menarik dengan melakukan kustomisasi peta latar menggunakan aplikasi *Mapbox Studio*. *Mapbox Studio* menggunakan CartoCSS sebagai bahasa yang digunakan untuk mengkustomisasi desain kartografi elemen-elemen peta.

Hasil desain elemen yang dihasilkan pada peta latar meliputi:

1. Desain elemen daratan, menggunakan foto tekstur sebagai latar belakang yang disusun dan ditampilkan berulang (*tiles*) seperti ubin yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Desain warna peta latar

2. Desain elemen sungai menggunakan bentuk garis.
3. Desain elemen laut menggunakan elemen luasan dan menggunakan foto tekstur sebagai latar belakang yang disusun dan ditampilkan berulang (*tiles*) seperti ubin.
4. Desain elemen jalan, meliputi jalan utama, jembatan dan terowongan menggunakan bentuk garis.
5. Kustomisasi elemen teks, meliputi teks label tempat dan nama fitur seperti nama daerah, jalan, dan lain-lain

Hasil Perbandingan Bentuk Atlas

Atlas daring Babad Tanah Jawi dibuat sebagai pengembangan dari atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013) yang telah dibuat pada skripsi sebelumnya. Masing-masing bentuk atlas memiliki keunggulan dan kelemahan yang disusun pada tabel perbandingan atlas seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Tabel perbandingan bentuk atlas Babad Tanah Jawi

No.	Perbandingan	Atlas Babad Tanah Jawi	Atlas daring Babad Tanah Jawi
1.	Konten narasi	Sejarah periode Kerajaan Pajang dan Mataram (sampai pemerintahan Sultan Agung).	Sejarah periode Kerajaan Mataram Islam meliputi, masa awal kebangkitan, masa puncak kejayaan, dan masa perpecahan.
2.	Bentuk atlas	Atlas dalam bentuk analog (hardcopy).	Atlas dalam bentuk daring interaktif menggunakan media *web*.
3.	Kemudahan akses atlas	Akses terhadap pengguna terbatas karena atlas versi ini tidak disebarluaskan.	Akses terhadap pengguna lebih mudah karena pengguna hanya tinggal mengakses alamat *web* untuk membuka

			atlas.
4.	Toponim	Toponim pada peta jelas dan detil sesuai dengan referensi tekstualnya.	Toponim kurang sesuai dengan referensi tekstualnya. Peta latar yang digunakan menampilkan toponim dan data geografis berdasarkan kondisi saat ini
5.	Perancangan simbol peta	Simbol elemen peta dapat dirancang dan didesain sesuai tema.	Simbol elemen peta hanya dapat dikustomisasi.
6.	Penambahan media pendukung	Belum ada	Sudah ada, berupa ilustrasi, foto, dan video.
7.	Perangkat pembuatan peta	Menggunakan perangkat lunak, seperti ArcGIS dan Corel Draw.	Menggunakan layanan platform penyedia pemetaan *web*, diantaranya, *OpenStreetMap* © dan *Mapbox*© (*Mapbox Studio* dan *Mapbox.js*)
8.	Peta dasar yang digunakan	Peta dasar yang digunakan berformat *shapefile*. Peta-peta dibuat secara terpisah sebanyak 19 buah sesuai cerita.	Peta dasar yang digunakan menggunakan peta latar terbuka bersumber dari *OpenStreetMap* ©.

Tanggapan Pengguna

Berdasarkan hasil evaluasi pengguna, atlas Babad Tanah Jawi mempermudah pengguna dalam memahami lokasi sejarah berdasarkan alur peristiwa sejarahnya. Selain itu, pengguna dapat dengan mudah mengoperasikan atlas dan mengakses atlas serta atlas memiliki tampilan yang menarik.

Keunggulan dan Kelemahan

Keunggulan

1. Atlas daring Babad Tanah Jawi sebagai media untuk menyajikan lokasi dan aspek spasial dalam kisah sejarah periode Kerajaan Mataram Islam.
2. Atlas daring Babad Tanah Jawi bersifat interaktif karena pengguna dapat melakukan kontrol pada peta seperti *zooming*, *panning* dan *scrolling*.
3. Pengoperasian atlas daring mudah untuk digunakan oleh orang yang awam tentang peta interaktif berdasarkan pengujian kepada pengguna dan dapat diakses dengan mudah.
4. Berdasarkan pengujian kepada pengguna, visualisasi peta dapat dengan mudah dimengerti dan desain peta latar memiliki tampilan yang menarik.
5. Penambahan media tambahan pada atlas seperti ilustrasi, foto, dan video memudahkan pengguna memahami cerita dan menambah wawasan pengguna terhadap peristiwa sejarah.

Kelemahan

1. Atlas daring belum bersifat responsif apabila dibuka pada layar gadget seperti handphone.
2. Interaksi peta dan animasi yang berhasil ditampilkan masih kurang, hanya terbatas kontrol peta dan jendela informasi pop up saja.
3. Kondisi data geografis pada peta seperti nama tempat (toponim), jalan, dan lainnya kurang sesuai dengan sumber tekstualnya.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil kegiatan yang telah dilakukan antara lain:

1. Kegiatan aplikatif ini menghasilkan atlas tentang sejarah pada Babad Tanah Jawi (periode Kerajaan Mataram Islam) melalui

media *web* secara interaktif dan berbasis metode penuturan cerita (*storytelling*) dengan mengakses alamat *web* atlastanahjawi.github.io.

2. Kegiatan aplikatif ini menghasilkan atlas interaktif sejarah yang membantu pengguna memahami alur peristiwa sejarah Kerajaan Mataram Islam dan lokasi sejarahnya.
3. Atlas Babad Tanah Jawi (Handayaningsih, 2013) dalam bentuk analog (hardcopy) telah dapat dikembangkan menjadi atlas yang bersifat interaktif dengan menggunakan media *web*.
4. Pembuatan atlas daring Babad Tanah Jawi sebagian besar menggunakan fitur Mapbox© yaitu, Mapbox Studio untuk kustomisasi peta latar dan Mapbox.js sebagai pengatur interaktivitas pada atlas.
5. Berdasarkan hasil evaluasi pengguna, atlas Babad Tanah Jawi mempermudah target pengguna yaitu mahasiswa untuk memahami lokasi sejarah berdasarkan alur peristiwa sejarahnya. Selain itu, pengguna dapat dengan mudah mengoperasikan atlas dan mengakses atlas secara daring.

Saran

Beberapa saran dalam pengembangan Atlas Daring Babad Tanah Jawi adalah sebagai berikut:

1. Atlas daring dibuat responsif dan *mobile-friendly* agar layar halaman *web* dapat menyesuaikan ketika dibuka pada layar *gadget* seperti *handphone*.
2. Fitur spasial dan media tambahan perlu ditambahkan dan dikembangkan untuk lebih memberikan pemahaman lokasi sejarah sesuai narasinya.
3. Keadaan geografis seperti nama tempat (toponim) dan jalan pada visualisasi peta sebaiknya lebih disesuaikan dengan sumber tekstualnya dengan cara menambahkan peta lama Pulau Jawa agar lebih menggambarkan kondisi geografis pada masa lampau dan sesuai dengan narasi.

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada Trias Aditya K.M., S.T., M.Sc., Ph.D., Ir. Waljiyanto, M.Sc., dan Ir. Gondang Riyadi, Dipl. C, M.T. atas masukan dan koreksinya.

Daftar Pustaka

Aditya, T., 2007. *The National Atlas as a Metaphor for Improved Use of a National Geospatial Data Infrastructure*. Universiteit Utrecht.

Ali, R.M., 2005. *Pengantar Sejarah Indonesia*. PT LKiS Pelangi Aksara.

Crawford, C. 2005. On Interactive Storytelling. New Riders: Game Design and Development.

Gartner, G., Meng, L. & Peterson, M.P., 2009. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, Springer.

Graaf, D.H.J. De, 1985. *Awal Kebangkitan Mataram (Masa Pemerintahan Senopati)* 1st ed., Jakarta: Grafiti Pers.

Graaf, D.H.J. De, 1986. *Puncak Kekuasaan Mataram (Politik Ekspansi Sultan Agung)* 1st ed., Jakarta: Grafiti Pers.

Graaf, D.H.J. De, 1987. *Runtuhnya Istana Mataram* 1st ed., Jakarta: Grafiti Pers.

Handayaningsih, Tri U., 2013, "Pembuatan Atlas Babad Tanah Jawi (Periode Kerajaan Pajang dan Mataram) berdasarkan Analisis Toponimi", skripsi, Teknik Geodesi dan Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ho, Q. Van, Lundblad, P., & Jern, M. 2013. Geovisual analytics framework integrated with storytelling applied to HTML5. *Proceedings of the16th AGILE International Conference on Geographic Information*

Science: Geographic Information Science at the Heart of Europe.

Ismaun, 2004, Pengantar Sejarah Sebagai Ilmu dan Wahana Pendidikan, Bandung : Jurusan Pendidikan Sejarah FPIPS UPI.

Jayantara, I.G.N.Y., 2014, *Peta Interaktif Wisata Gua dan Pantai Berbasis Web di Kabupaten Gunung Kidul Menggunakan Software Geoserver dan Leaflet*, skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Kraak, M. J. (2003). "Geovisualization illustrated." ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.

Kraak M.J dan A. Brown. 2001. *Web* Cartography. London and New York : Taylor and Francis.

Kraak, M.-J., & Ormeling, F., 2011. *Cartography, Third Edition: Visualization of Spatial Data.*, Guilford Press.

Olthof, W.L., 2014. *Babad Tanah Jawi* ed. H. R. Sumarsono, ed., Yogyakarta: NARASI.

Soendjojo, H. & Riqqi, A., 2012. *Kartografi.*, Penerbit ITB Bandung.

Daftar *website*:

http://git-scm.com/ diakses terakhir pada tanggal 12 Mei 2016.

https://github.com/ diakses terakhir pada tanggal 20 Juni 2016.

http://geojson.org terakhir diakses pada tanggal 20 Juni 2016.

https://www.mapbox.com diakses terakhir pada tanggal 21 Juni 2016.

https://www.mapbox.com/mapbox.js/api/v2.4.0/ diakses terakhir pada tanggal 17 Juni 2016.

https://www.mapbox.com/mapbox.js/example/v1.0.0/ diakses terakhir pada tanggal 18 Juni 2016.

http://www.templatemo.com terakhir diakses pada tanggal 13 Juni 2016.

https://www.w3.org/ diakses terakhir pada tanggal 20 Juni 2016.

Pengukuran Titik Kontrol Tanah dan Pemotretan Udara UAV Kawasan Titik Nol Kilometer Yogyakarta

Muhammad Iqbal Taftazani, Ruli Andaru, Untung Rahardjo

Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM
iqbaltaftazani@ugm.ac.id, ruliandaru@ugm.ac.id, untungrahardjo@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pemotretan Udara menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) pada masa sekarang ini sudah semakin banyak dilakukan untuk berbagai macam keperluan. Antara lain untuk keperluan hiburan, pariwisata, dokumentasi dan pemetaan khususnya untuk pelestarian kawasan cagar budaya. Penelitian ini membahas tentang penggunaan UAV untuk pemotretan udara untuk pemetaan kawasan cagar budaya dan pengukuran titik kontrol tanah yang digunakan untuk *georeferencing* foto udara. Penelitian ini dilaksanakan di kawasan titik nol kilometer (KM 0) Yogyakarta dan dimaksudkan untuk membuat peta foto udara kawasan titik nol kilometer (KM 0) Yogyakarta sebagai salah satu kawasan cagar budaya yang harus dilestarikan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemotretan udara dengan teknologi UAV dan teknologi GPS/GNSS untuk pengukuran titik kontrol tanah. Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: pertama, penentuan lokasi, kedua, pengukuran titik kontrol tanah dengan teknologi GPS/GNSS, ketiga, pemotretan udara, keempat, pengolahan data titik kontrol tanah dan pemrosesan foto udara, kelima, penyajian hasil. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa peta foto udara yang tergeoreferensi yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk keperluan pelestarian cagar budaya.

Kata kunci UAV, GPS/GNSS, foto udara, cagar budaya

ABSTRACT

Aerial Photography using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at the present time is done for various purposes. Among others, is for entertainment, tourism, documentation and mapping in particular for the preservation of the heritage area. This study discusses the measurement of ground control points and aerial photography for mapping and preservation of cultural heritage area. This research was conducted in the Zero Kilometer (KM 0) Yogyakarta and is intended to create aerial photo maps Zero Kilometer (KM 0) area of Yogyakarta as one of the cultural heritage that must be preserved. The method used in this study is aerial photography with UAV technology and technology GPS / GNSS for the measurement of ground control points. Stages of the activities carried out in this study are: first, determining the location, second, the measurement of ground kontrol points with GPS / GNSS, third, aerial photography, fourth, ground control point data processing and processing of aerial photographs, the fifth, result. The study result is a georeferenced aerial photographs map that can be used for the purposes of preservation of cultural heritage.

Keywords UAV, GPS/GNSS, aerial photography, cultural heritage

Pendahuluan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV), atau sering pula disebut *drone*, pada awalnya dibuat dan digunakan untuk keperluan militer. Penggunaan UAV dalam dunia militer menjadi salah stau strategi dalam keamanan nasional Amerika (Shaw, 2013). Pada perkembangannya, UAV menawarkan banyak kemudahan dan fleksibilitas dalam penggunannya. Antara lain mudah dalam pengoperasiannya, dapat terbang sesuai dengan rencana terbang dengan mode *autopilot*, dan dapat diberi beban berupa kamera untuk perekaman foto dan video. Oleh karena itu UAV banyak digunakan dalam berbagai bidang, antara lain jurnalistik, dokumentasi, hiburan, pemantauan bencana, pemantauan satwa liar (Sulaeman, 2013) dan juga untuk kebutuhan pemetaan.

Pemotretan udara untuk kegiatan pemetaan menggunakan wahana UAV pada dasarnya telah banyak dilakukan. Yang membedakan adalah obyek yang dipetakan dan metode yang dilakukan. Dalam makalah ini dibahas secara lebih mendalam tentang penggunaan UAV untuk pemotretan udara khususnya di kawasan KM 0, yang juga merupakan kawasan cagar budaya di Yogyakarta. Selain itu juga dibahas tentang pengukuran titik kontrol tanah yang digunakan dalam pengolahan hasil foto udara dari wahana UAV.

Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan kawasan titik KM 0 Yogyakarta untuk mendukung pelestarian cagar budaya di kawasan tersebut. Seperti diketahui kawasan titik KM 0 merupakan kawasan pelestarian cagar budaya (Perda No 6/2012) dan kawasan strategis pelestarian sosial budaya propinsi DIY (Perda No 2/2010). Kegiatan pemetaan kawasan titik KM 0 dengan menggunakan teknologi yang tepat guna dan tepat sasaran akan membuat usaha menjaga keistimewaan Yogyakarta ini menjadi lebih mudah dan lebih efisien.

Metodologi

Penelitian ini secara umum terdiri dari dua kegiatan besar, yaitu penyiapan serta pengukuran titik kontrol tanah dan pemotretan udara menggunakan wahana UAV. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

e. *Receiver* GPS/GNSS tipe geodetik, untuk pengukuran titik kontrol,
f. Total Station, untuk pengukuran titik kontrol,
g. UAV Phantom DJI 3 Pro, untuk pemotretan udara,
h. Komputer, dengan dilengkapi perangkat lunak GeoGenius dan Agisoft untuk mengolah data pengukuran dari *receiver* GPS/GNSS, Total Station dan hasil pemotretan udara.

Jalannya Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah 1) Penentuan lokasi titik kontrol tanah, 2) pengukuran titik kontrol tanah dengan menggunakan teknologi GPS/GNSS dan Total Station, 3) Pemotretan udara menggunakan wahana UAV, 4) pengolahan data titik kontrol tanah dan foto udara, dan 5) pemrosesan foto udara.

5) Penentuan lokasi titik kontrol tanah

Sebaran lokasi titik kontrol tanah dibuat berdasarkan area of interest (AOI) dari pemotretan udara yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam hal ini AOI penelitian ini adalah kawasan titik KM 0, yang meliputi perempatan Kantor Pos Besar Yogyakarta, Museum Benteng Vredeburg dan Gedung Agung. Lokasi titik kontrol tanah dipilih berdasarkan sebaran AOI tersebut. Gambar sebaran lokasi titik kontrol tanah dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sebaran titik kontrol tanah

Penentuan lokasi dan jumlah titik kontrol tanah bergantung pada bentuk dan luasan AOI serta harus memperhatikan *strength of figure* (kekuatan jaringan) dari sebaran titik kontrol tanah sesuai Standard Nasional Indonesia (SNI) bidang Kerangka Kontrol Horizontal (KKH). Adapun lokasi penentuan titik kontrol tanah mengacu pada kriteria berikut (Suradji, dkk, 2009):

- Mudah diakses dan diidentifikasi
- Tidak mengganggu fasilitas umum
- Obstruksi maksimum 15° ke semua arah
- Bebas dari efek multipath

6) Pengukuran titik kontrol tanah menggunakan teknologi GPS/GNSS dan Total Station

Pengukuran titik kontrol tanah dipilih menggunakan teknologi GPS/GNSS. Hal ini disebabkan karena metode GPS/GNSS hanya efektif untuk jarring pengamatan dengan baseline yang pendek. Jika semakin panjang jarak baselinenya, maka *residual error* yang dihasilkan akan semakin besar. (Satirapod and Kriengkraiwasin, 2006). Pada beberapa titik yang tidak memenuhi kriteria seperti disebutkan pada poin ke 1) di atas, pengukuran titik kontrol tanah dilakukan dengan menggunakan Total

Station yang diikatkan pada titik kontrol tanah lain dari hasil pengukuran GPS/GNSS.

Dalam pengukuran titik kontrol karena keterbatasan alat yang digunakan, maka dibuat dalam beberapa sesi pengukuran. Dimana sesi pengukuran disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Pembagian sesi pengukuran titik kontrol

Sesi 1	: BLV – KM01 – KM04
Sesi 2	: BLV – KM01 – KM03
Sesi 3	: BLV – KM07 – KM03
Sesi 4	: BLV – KM07 – KM02
Sesi 5	: BLV – KM06 – KM02
Sesi 6	: BLV – KM06 – KM05

Pengukuran titik kontrol dilaksanakan selama 1 jam dengan jeda waktu perekaman selama 15 detik.

Gambar 2 dan 3 berikut menunjukkan proses pengukuran menggunakan GPS/GNSS dan Total Station.



Gambar 2. Proses pengukuran titik kontrol tanah dengan GPS/GNSS



Gambar 3. Proses pengukuran titik kontrol tanah dengan Total Station

7) Pemotretan udara menggunakan wahana UAV

Terdapat beberapa jenis UAV yang biasa digunakan dalam kegiatan pemotretan udara untuk pemetaan, antara lain jenis *fixed wing* dan *multi-rotor*. Dalam penelitian ini digunakan UAV *multi rotor*. Pemilihan jenis UAV ini berdasarkan dari kebutuhan dan keunggulan dari UAV tersebut. Adapun keunggulan jenis *multi rotor* dibandingkan dengan jenis lainnya adalah penggunaannya mudah, kemampuan wahana *multi rotor* untuk *hover* (diam di tempat) dan manuver yang lebih lincah serta tidak membutuhkan area luas umtuk *take off* dan *landing*. (Chapman, 2016)



Gambar 4. UAV phantom-3-pro

Pada pelaksanan pemotretan udara ini ada beberapa tahapan yang harus dilakukan selain menentukan AOI dan titik kontrol, yaitu menentukan jalur terbang, merencanakan ketinggian terbang, dan merencanakan *overlap* foto. Ketiga langkah ini dapat dilakukan secara otomatis dan *autopilot*, ataupun dilaksanakan secara manual dengan menggunakan pengendali jarak jauh (*remote kontrol*). Dalam penelitian ini karena banyaknya gangguan sinyal pada area studi, maka penerbangan dan pemotretan dilaksanakan secara manual. Pemotretan dilakukan pada tinggi terbang 65m dan jarak antar eksposur adalah 10m.



Gambar 5. Pemotretan udara dengan UAV

8) Pengolahan data titik kontrol tanah

Data ukuran titik kontrol tanah yang diukur menggunakan GPS/GNSS selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak *GeoGenius*. Pemilihan perangkat lunak ini didasarkan pada penggunaan yang mudah dan dapat memberikan hasil yang relatif baik.

9) Pengolahan foto udara

Pengolahan data foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak fotogrametris yang digunakan untuk pembuatan *point cloud* dari foto bertampalan secara otomatis, sehingga dapat membentuk model tiga dimensi yang berkualitas. Terdapat empat tahap utama dalam pembentukan model tiga dimensi pada perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Tahap pertama adalah tahapan untuk mentukan posisi kamera untuk setiap foto *(alignment photo*), sehingga tiap-tiap foto dapat ditentukan posisi relatifnya. Hasil dari tahap ini adalah *tie point cloud* dan konfigurasi posisi kamera. Tahap kedua adalah pembentukan *dense point cloud*, yaitu pembentukan titik-titik yang mewakili bentuk permukaan dari objek. Titik-titik tersebut terbentuk dari piksel yang memiliki derajat keabuan yang sama dari foto yang bertampalan.

Tahap ketiga adalah pembentukan *mesh*. Prinsip dasar pembentukan *mesh* adalah melakukan pembentukan poligon di permukaan obyek berdasarkan titik-titik *dense point cloud*. Poligon-poligon tersebut pada umumnya berbentuk segitiga dan segiempat yang kemudian digabungkan satu sama lain sehingga membentuk suatu permukaan obyek yang solid.

Tahap keempat adalah pembentukan tekstur dari objek yang dimodelkan. Pembuatan tekstur atau pemberian warna pada model tiga dimensi diperoleh dari foto-foto yang digunakan dalam pemodelan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data GPS/GNSS

Hasil keenam sesi pengukuran tersebut diolah menggunakan perangkat lunak Geogenius untuk mendapatkan koordinat dan ketelitian masing-masing titik kontrol. Hasil pengolahan dari keenam sesi pengukuran tersebut di hasilkan ketelitian horizontal 4,5 cm dan ketelitian vertikal 10,5 cm. Ketelitian tersebut masih kurang teliti untuk digunakan sebagai acuan pengukuran TLS ataupun foto udara.

Setelah dilakukan pengecekan ulang, ditemukan bahwa hasil pengukuran pada sesi 5 dan 6 kurang baik sehingga pengolahan data GPS/GNSS yang digunakan hanya sampai sesi 4. Hasil dari keempat sesi pengukuran tersebut dihasilkan ketelitian horizontal sebesar 1 cm dan ketelitian vertikal 2,7 cm.

Pengolahan terhadap empat sesi tersebut dihasilkan lima titik di daerah penelitian dan 1 titik fix. Lima titik yang dihasilkan masih kurang memadai apabila digunakan untuk proses *georeferencing* untuk foto udara, karena titik tersebut kurang merata di semua bagian di lokasi penelitian. Untuk menambah titik kontrol lainnya, maka pengukuran titik kontrol dilakukan menggunakan Total Station.

Adapun hasil dari penentuan titik kontrol dengan teknologi GPS/GNSS dan Total Station disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengukuran titik kontrol

Titik	E	N	Z
BM 1	429964.753 m E	9137753.904 m S	131.104
BM 2	430050.893 m E	9137611.454 M S	130.327
BM 3	430097.904 M E	9137569.385 M S	130.09
BM 4	429976.135 M E	9137591.817 M S	130.505
BM 5	429953.035 M E	9137627.298 M S	130.447
BM 6	429977.253 M E	9137642.641 M S	130.326
BM 7	429977.804 M E	9137611.454 M S	130.517
BM 8	429989.794 M E	9137617.333 M S	130.236
BM 9	430039.296 M E	9137742.362 M S	131.212
BM 10	430122.319 M E	9137627.701 M S	131.198

Kesepuluh titik tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan georeferncing terhadap hasil pemotretan udara di kawasan titik KM 0 Yogyakarta.

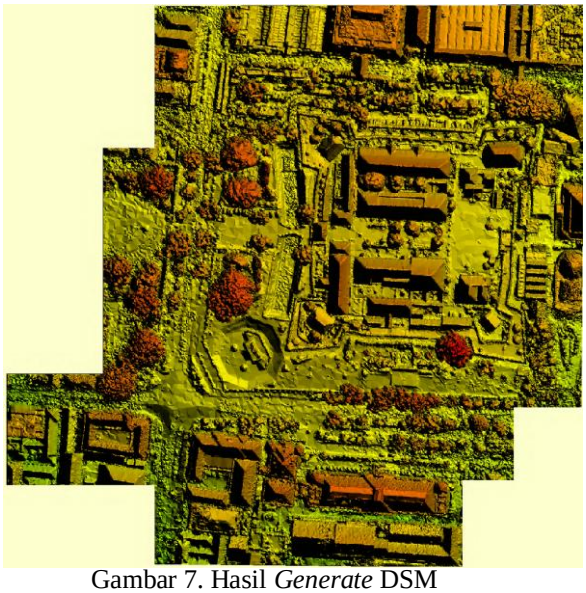
Hasil pemotretan udara

Pemotretan dengan Dji Phantom 3 pro pada ketinggian terbang 65 m, diperoleh nilai GSD sebesar 7.5cm. Kawasan titik nol kilometer yang dipotret adalah seluas 12 Hektar, dengan jumlah foto sebanyak 125 buah foto. Pengolahan foto udara menghasilkan beberapa luaran, yaitu mozaik orthophoto, *Digital Surface Model* (DSM) dan model 3D

pointclouds. Koordinat titik kontrol tanah digunakan untuk proses georeferensi foto udara sehingga peta orthophoto sudah terikat pada koordinat yang sebenarnya. Gambar 6 merupakah hasil pengolahan data foto udara (*mozaik orthophoto*), sedangkan gambar 7 adalah hasil *generete* DSM foto udara UAV.



Gambar 6. Hasil Orthophoto



Gambar 7. Hasil *Generate* DSM

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Hasil pengukuran titik kontrol dengan teknologi GPS/GNSS hanya digunakan pada empat sesi pengukuran, karena pada pengukuran dua sesi terakhir didapatkan ketelitian yang kurang baik, yakni sebesar 4,5 cm untuk ketelitian horizontal dan 10,5 cm untuk ketelitian vertikal. Nilai ketelitian tersebut tidak cukup memadai untuk proses *georeferncing*. Dengan melakukan pengolahan pada empat sesi pengukuran didapatkan hasil dengan ketelitian pengukuran sebesar 1 cm (horizontal) dan 2,7 cm (vertikal).
2. Karena terdapat dua sesi pengukuran yang hasilnya tidak dapat digunakan, maka untuk mencukupi jumlah titik kontrol untuk melakukan georeferencing, maka penambahan titik dilakukan dengan menggunakan total station.
3. Pemotretan udara dengan wahana UAV jenis *multi rotor* terbukti efisien digunakan untuk melakukan pemetaan *small area* daerah perkotaan.
4. Produk dari pemetaan UAV (mozaik orthophoto dan DSM) menggunakan jenis Dji Phantom 3 Pro mampu memberikan kenampakan yang realistik, detail dan foto yang dihasilkan memberikan tingkat radiometrik yang baik. Hasil mozaik foto yang detail dan jelas akan mempermudah dalam identifikasi dan dokumentasi khususnya untuk pelestarian kawasan cagar budaya.
5. Foto UAV Dji phantom 3 pro mampu meng-*generate* data DSM dengan resolusi < 10 cm untuk tiap piksel, sehingga data profil permukaan tanah bisa dimodelkan dengan baik.

Saran

Perlu dilakukan uji akurasi hasil produk Foto UAV agar memberikan gambaran tingkat akurasinya, baik dalam aspek horizontal maupun vertikal.

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih penulis sampaikan kepada LPPM UGM atas hibah dana sehingga penelitian ini bisa terlaksana. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga kepada Kepala Museum Benteng Vredeburg atas ijin yang diberikan.

Daftar Pustaka

Chapman, A.., (2016), *Types of Drones: Multi-Rotor vs Fixed-Wing vs Single Rotor vs Hybrid VTOL*, Drone Magazine, issue 3, Juni 2016, Australia.

Pemerintah Provinsi DIY, (2010) *Perda DIY No. 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang*

Wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta 2009-2029, Yogyakarta

Pemerintah Provinsi DIY, (2012) *Perda DIY No. 6 Tahun 2012 tentang Pelestarian Warisan Budaya dan Cagar Budaya*, Yogyakarta

Satirapod, C. dan Kriengkraiwasin, S. (2006), *Performance of Single-frequency GPS Precise Point Positioning*. avalaible from http://www.gisdevelopment.net/technology/gps/ma06_19pf.htm

Shaw, I., (2013), *Predator Empire: The Geopolitics of US Drone Warfare*, Geopolitics, 00:1-24.

Sulaeman, Ade., (2013), *WWF Lestarikan Gajah dengan 'Drone'*, Intisari, dimuat dalam laman http://www.intisari-online.com/read/wwf-lestarikan-gajah-dengan-drone diakses tanggal 6 Oktober 2016

Suradji, A., Anto, GH., Jaya, G., Pinem., E.L.Br., dan Wulansih, (2009), *Pengukuran Ground Kontrol Point Untuk Citra Satelit Citra Satelit Resolusi Tinggi Dengan Metode GPS PPP*, Prosiding Seminar Nasional: Revitalisasi Data dan Informasi Keruangan (Geospasial) untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Potensi Sumber Daya Daerah, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta

Securing Digital Land Certificate Using Digital Signature SHA 512 and RSA

Eko Sediyono[a], Leonardo Refialy[b], Adi Setiawan[c]

[a,] Postgraduate of Information System, Universitas Kristen Satyawacana (eko@staff.uksw.edu)
[b,] Postgraduate of Information System, Universitas Kristen Satyawacana (leo.refialy@gmail.com)
[c,] Dept. of Mathematics, Fakultas Sains & Matematika, Universitas Kristen Satyawacana (leo.refialy@gmail.com)

ABSTRACT

This paper dealt with security system of land certificates, which have been in the printed or hard copy, but in the future will use digital format with the security system to detect cases of forgery of parties who often disturbs residents. This research may help the National land agency (BPN) and land certificate making officer (PPAT) in trim the forgery of land certificate documents. Digital signature SHA 512 is used in this research as a solution to protect the integrity of land certificate data that has been scanned to be digital pdf file. In generating digital signatures there are signing process and the verification process, using a hash SHA-512 function to generate the message digest, while RSA algorithms are used to generate a private key and public key. Furthermore, these keys are used to encrypt the hash and the result inserted into the digital land certificate document as a signature. The result of this research is an application that can be used to generate a digital signature to protect the data integrity and can be used as authentication and verification of digital land certificate. This application has been tested in BPN and PPAT in Salatiga municipality.

Keywords digital land certificate, digital signature, hash SHA 512, RSA, data integrity

Introduction

Land administration or technical terms called cadaster is an information system about land parcels administration. This Information contains over land interests: rights, restrictions, and responsibilities, in the form of the geometric description (map) and lists of land tenure in a government. As in Wikipedia, land administration intended to manage land rights, land tenure, land value, and land use (http://id.wikipedia.org/ wiki/Kadaster).

In developed countries land parcel information system had been well managed, contrary in Indonesia such information systems is still manually managed. So often dispute land ownership because of the duplicate of land documents. As an example of disputes between military command area V brawijaya with the community of Harjokuncaran village, district Sumber Manjing, Malang regency , East Java (Kal, 2014). Land into the dispute originally rubber plantations of C.V. Telogorejo belonging to the Netherlands. After the Netherlands leaves Indonesia, farmers farm this land of about 1.118 hectares. On 1964-1973 , land that is farmed by residents and include in the Harjokuncaran area be used as an object of land reform. Harjokuncaran became an official village definitively in 1974 through a decree of East Java Governor, with area 650 hectares taken from plantation land. Problems happen when a military command (KODAM) Brawijaya claimed land which have been uncultivated and uninhabited by residents. Their claim based on legal decree letter on ministry of agriculture on June 2, 1973, who provided Telogorejo plantation to them. While residents referring to the documentation of the decree of the directorate general of agrarian affairs on December 1, 1981, who said that the land of dispute is the object of land reform with verponding (a sign of the right belonging during the Netherlands era) who should be given to the community members of Harjokuncaran villages. The issue is unresolved until now and still be processed in the court (Syarief, 2013).

Aware of the weaknesses of land administration, so since 2005 the Government through the National Land Agency (BPN) develop and operate national land management information systems (SIMTANAS). This system flow information between all organizational units, both at the headquarters, regional office, and the land office in the regency and municipal governments (Noor, 2008) (Tempo news, 2013). But 3 aspects of the desired in a digital land information system, namely: service digitalization, data digitalization, and document digitalization just be achieved in part, namely digitalization of services (Tempo news, 2013). This is consistent with

the statement of the regional head of the national land agency Central Java in the workshop in Dept. of Geodesy, Diponegoro State University (National Land Agency, 2014).

This research is meant to overcome problems on land information system faced by the government through the national land agency of Central Java, particularly in terms of the digitalization of data, and digitalization of documents. More specifically, this paper focuses on the security of documents digitalization.

In this research, we develop a digital signature mechanism for PDF file. The hash value is not computed from whole part of digital document, but computed from the xref table (cross reference table) on the PDF file. It was done because of the xref table itself has been reflected the whole of PDF file. We use SHA-2, more specifically SHA 512, as a hash function and RSA as a cryptographic algorithm.

Literature Review

Research on the implementation of the digital signature using a hash function SHA-256 and RSA algorithms to process the data authentication performed by (Saipul, 2010). The research produces practical application of digital signature. The research also provides recommendations that a hash function generated both with SHA-256 and RSA algorithms can be used in the process of data authentication. Based on the result of this research, new research conducted with the modification that RSA is not only used for data authentication together with sha-256, but also used for encrypting the hash (signature) then the signature inserted in a digital document of land certificates.

(Wahyuni, 2011) develop cryptography applications for the security of e-document with the hybrid methods: biometric signatures and DSA (digital signature algorithm). The aapplication can be used as a solution in terms of security key management by generating a pair of security key dynamically, though with equal input. It is also meets the needs of non-single signer. Their research would give input on new research on the generation of a key as a model of digital signature.

In the research conducted by (Noroozi, 2013) discussed about secure digital signature schemes Based on Hash Functions. Digital signature with the hash algorithm produces a small scale hash output. Thus the process of signing and verification of digital signature can be done faster. It makes hash function and digital signature suitable to be applied in this new research, which implemented for securing digital land certificate documents.

(Prakash, 2013) has done the research on the implementation of PKI architecture based digital signature using RSA and various hash functions (MD5 and SHA variants). The research compared some hash function to detect the unauthorized modification to data and to authenticate signatory identity. Testing performed on RSA combined with hash secure algorithms (MD5, SHA1, and SH2). The result showed that signing and verifying using SHA2 can be done fast and proved that it can do authentication process well. This can be done as a reference to build an application of digital land certificates security using SHA512 and RSA, where SHA512 including by SHA2 type.

Based on the researches have been done this research related to SHA512 and RSA algorithms to protect the authentication of digital land certificate documents.

Theoretical Background

Digital Signature

The digital signature is a signature to the digital data. The meaning of digital signature in this context is not a scanned hand signed, but it is about cryptographic value that is depend on messages and the senders. This is contrasted with a hand signature on the paper document that relies on only sender and always the same for all documents. The ordinary technique that is used in generating a digital signature is a hash function and using public keys cryptographic algorithms. Previously *M* message transforms using hash function *H* to be short message *h*. This short message encrypted using sender's public key *PK*:

$$S = \mathrm{ESK}(h) \quad (1)$$

This encrypted result (S) is a digital signature. The digital signature can be appended to the message or separated and then sent together.

On the receiver site, the digital signature is verified to get the authenticity of the document using these steps:

21. The digital signature *S* decrypted using sender's public key *PK*. The result of the decryption is the original short message h, such as:
$$h = \mathrm{DPK}(S) \quad (2)$$
22. Receiver changes message *M* to be short message *h'* using one direction hash equal to the hash function that was used by the sender.
23. If *h' = h*, then the receiver knows that digital signature that had been received is authentic and believe that the message come from the original sender (FIPS, 2009).

Fig. 1 show the generation of digital signature process (signing) and verification (verifying) (Piper et.al, 2002) (FIPS, 2009)

SHA

SHA is a one direction hash function designed by the

National Security Agency (NSA) and published by the National Institute of Standards and Technology (NIST) as a Federal Information Processing Standard (FIPS) on 1993. This version called SHA-0. Two years later they publish SHA-1 as a next generation and the improvement of SHA-0. On 2002 published another four variation of SHA, they are: SHA-224, SHA-256, SHA-384, and SHA-512. The last four version are called SHA-2.

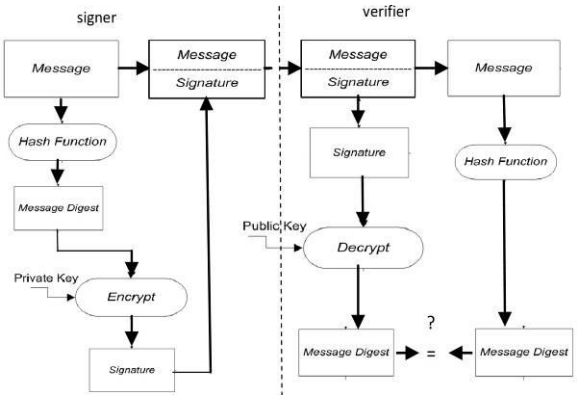


Fig. 1. Signing and Verifying Process (FIPS, 2009)

SHA was stated as secure because in computing the message content could not be found in the message digest, and from two different messages cannot be produced the same message. Every change that has occurred in the message will produce the different message digest (FIPS, 2008).

SHA algorithms have different size of each block The differences of word used in hashing process, the length of the message that can be processed, and the size of message digests on each algorithm can be shown in table 1.

TABLE 1. THE VARIATION ON EACH ALGORITHMS IN SHA2

ERROR! REFERENCE SOURCE NOT FOUND.

Algorithms	Message length (bit)	Block size (bit)	Word size (bit)	Message digest size (bit)	Security (bit)
SHA-1	$< 2^{64}$	512	32	160	80
SHA-256	$< 2^{64}$	512	32	256	128

SHA-384 and SHA-512 using the same 80 constants 64 bits, that is contained in variables K0{512}, K1{512}, ..., K79{512}. These constants are generated from fractional parts process from cube roots on 80 first prime numbers. SHA algorithm consists of two steps: preprocessing and hash process (Stallings, 1995). Preprocessing consists of message padding, divide messages into m-bit block and initialize the initial value of a message digest. Hash process generates the message schedule from the message that has been in padding, and use this schedule together with function, constant, and operation repeatedly to generate hash value. The resulted hash value will be a message digest. For SHA-512 algorithm, the length of the resulted hash value is 512. SHA-512 as a hash function has some characteristics (FIPS, 2008):

1. The *h* function applied to any block size.
2. The *h* is easily calculated if given *M*. This characteristic is mandatory, because if the *h* is difficult to calculate, then the hash function unusable.
3. *M* cannot be calculated if known only *h*. This characteristic is called one-way function or easily calculate *h* but difficult to resolve to original *M*. This characteristic is very important in cryptography, because without this characteristic the intruder easily solve the *M* value from the *h* hash value.
4. It is impossible to solve such *M* and *M'* that H(*M*) = H(*M'*). This characteristic is also called collision free. This characteristic preventing the possibility of forgery.

RSA

RSA is a public key encryption algorithm previously published in 1977 by Ron Rivest, Adi Shamir, and Leonard Adleman in MIT (*Massachusetts Institute of Technology*). RSA algorithm Involving two keys, they are public key and private key. Public keys can be shared publicly to be used to do encryption and decryption. The encrypted messages that were encrypted using public key can only be encrypted using private key (Ireland, 2010).

Mechanism on Applying Land Certificate

BPN is a non-Government state agency under and responsible to the President of Indonesia. It governed by a Head (as stated in the regulation of the president (Prepres) No. 63, 2013). The national land agency having duties undertaking the task of government in the field of land management nationally, regionally and sectoral as mandated in the act (www.bpn.go.id Accessed on Aug 7th, 2015). One of the BPN's tasks is to carry out the land registration. There are steps on applying the land registration: First, people put forward an application to the national land agency; Second, the determination of boundaries by the holder of the rights (owner); Third, the determination of the boundaries of plots of land by the BPN or adjudication committee; Fourth, measurement and mapping on basic maps of registration; Fifth making a list of land; Sixth, making the measurement certificates; Seventh, verifying and bookkeeping of the right; the eighth, the issuance of certificates and presentation of data on physical and juridical data as

well as general lists and document storage (The Government of Republic of Indonesia, 1997). In the process of land administration by BPN often encountered many problems. One of them which is proposed in this research namely the problem of certificates forgery which often causing dispute in the community.

Cycle of Land disputed resolution by BPN begins with the land certificate problem reports received. BPN will immediately check all existing data on the BPN Office and examine the existing evidence, namely physical and juridical data as well as other documents related. After all files checked, BPN will make a settlement of these problems by making a mediation or deliberation through agencies or BPN itself with pointed a mediator the head of BPN. If within the administration effort has received a peaceful resolution, then BPN would immediately implement decisions in a stage of the administration efforts. When in an effort to administrative proven that one of the parties commit forgery certificate or forgery information even to other related documents, then immediately BPN cancels or repeal the certificates. By understanding the examination process that is complicated and impractical, hence this research proposed a breakthrough land certificates in a digital format. With this proposal we hope that checking and the process of embedding signature on a land certificate document easier to do.

Research Methods

The research is resolved into four phases, namely: (1) problem identification, (2) system design, (3) system implementation, and (4) system testing.

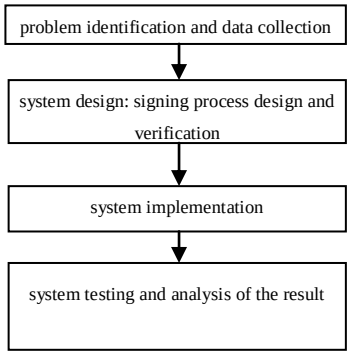


Fig. 2. Research phases

The research steps in fig. 2 can be explain namely: first, identifying problems in the land certificate forgeries faced by BPN and collect related data from BPN as well as references related to signing and verifying digital certificate. The second, design the system according to the fig 1 (FIPS, 2009) applied to the digital land certificate file in PDF format. The third, develop the application and try to implement the system by generating signature to some sample document and then try to verify. The fourth test and analysis to the bit difference in the original and encrypted document, with the correct procedure versus manipulated one, and analysis the processing time.

Result and Discussion

From the stages of conducted research started from problem identification up to design the results can be seen in figure 3 and figure 4.

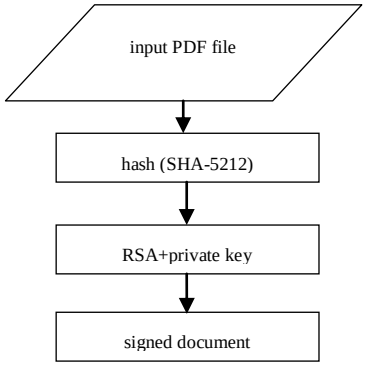


Fig. 3. Embedding Signature to the Document

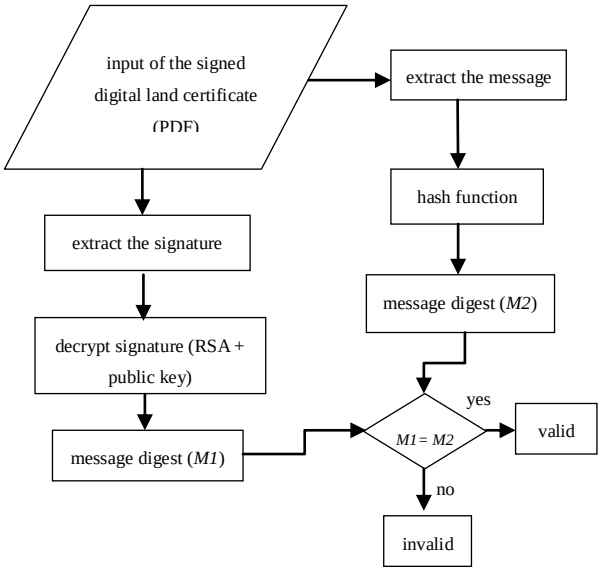


Fig. 4. Extract and Verify Digital Signature

Figure 3 show the process of embedding signature to the document. The process start with the retrieve of scanned land certificate in PDF format. The next process is generating hash value using SHA-512. The process continued to the encryption of hash value using RSA and private key. The result of the end process is signature that being embedded to the land certificate document (PDF file).

Figure 4 show the process of extract and verify digital signature resulted, to validate that the signed document is an original document and legitimate. The signed digital land certificate is retrieved by the system. The next process is extracting the digital

document to be an original document and the signature. The signature be decrypted using RSA and using public key. This process resulting message digest (M1). The other process is generating message digest (M2) from the extracted document using the same hash function. If M1 equal to the M2 then the system conclude that the sign document is original (valid), otherwise the document is forgery (invalid).

Implementation of the system

The input to the system is bit length. The embedded key is private key, while verify key is public key. The result of this activity is private and public keys to do next process.

Figure 5 show the interface of its process. This figure show the official land certificate provided by BPN that has been scanned to be PDF file. The left side shows the original document, while the right side show the embedded document.

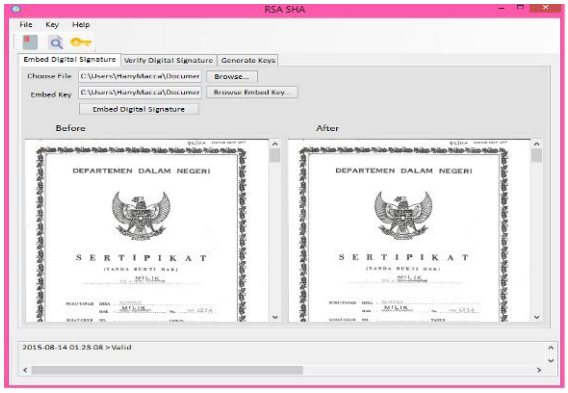


Fig. 5. Interface of Embedded Document

Figure 6 show the activity of verifying the digital signature. This process show that the verify process is successful, that show with the valid message in the lower side of figure 8. If the secured file be manipulated or file without digital signature be entered, then the error message will appear.

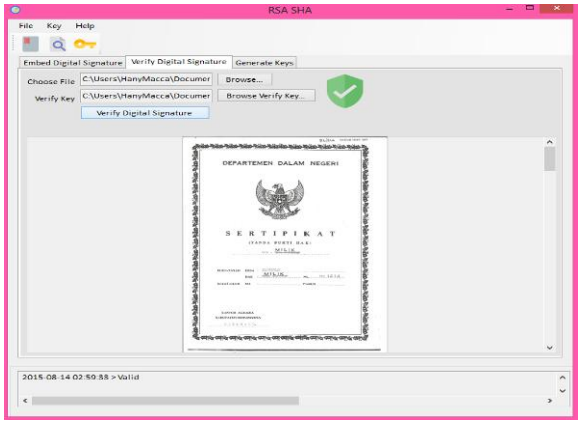


Fig. 6. Interface of Verified Digital Signature

System Testing

The testing of digital signature system was done to fulfill the needs of security principle, they are authenticity and no repudiation (Stallings, 1995). To test the system we use software tools *DiffImg*. *DiffImg* is a simple image comparison tool which take two images with the same size as input. Table 2 show the difference between PDF file before and after signing.

Table 2 Difference Size (byte) Before And After Signing

No	*File Name*	*Size* (Byte)	Status *Signing*	*Number of Difference Size (Byte)*
1	Sebelum.pdf	5,731,074	*Before*	178
	Sesudah.pdf	5,731,252	*After*	

Based on table 2, we can see that the difference between file before and after signing is 178 bytes. It told us that the difference is significantly small, physically not suspicious.

Figure 7 show the page of identity of the right owner in the original land certificate produces officially by BPN. Besides the owner ID, it's also contain records of changes in ownership of land and the certificate. People easily do the change to this page. For example the original owner EKO SEDIYONO change to the new owner LEONARDO RAFIALY, as be seen in figure 7 and figure 8. For the purpose of early transaction, parties cannot realize the modification, but using the application it can be seen easily.

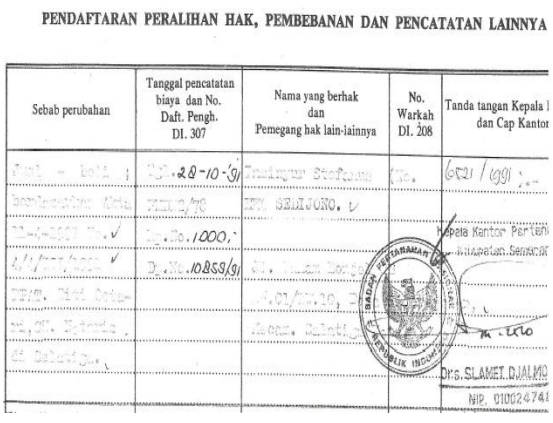
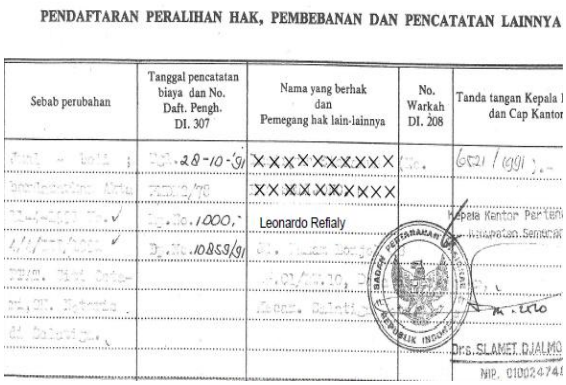


Fig. 7. The Name of the Right owner of Original Certificate

This application have been confirmed to the stakeholders, they are officers of land and certificate administration in Salatiga, Central Java, Indonesia. They are 15 respondent, consist of 5 official of land certificate maker, head of BPN Salatiga, and 9 official of BPN Salatiga. 99 percent of them agree to the security and the practicality of the proposed application, but they cannot operate officially, because it need the act to underlying its use.


PENDAFTARAN PERALIHAN HAK, PEMBEBANAN DAN PENCATATAN LAINNYA

Sebab perubahan	Tanggal pencatatan biaya dan No. Daft. Pengh. DI. 307	Nama yang berhak dan Pemegang hak lain-lainnya	No. Warkah DI. 208	Tanda tangan Kepala dan Cap Kantor
	28-10-91	XXXXXXXXXX		
		XXXXXXXXXX		
	1000,-	Leonardo Refialy		
	10859/91			

Drs.SLAMET DJALMO

Fig. 8. Modification to the Right owner of the Certificate

Concluding Remark

Based on this research, it can be concluded that: The system can be used to identify the illegal change to the digital land certificate. From the identification of the pictures resulted by the application, there are no significant differences between digital document without and with digital signature using the hash value generated by SHA-512 and SHA, thereby physically not suspicious. The system can be used to detect the manipulation of the digital document, so it can be used to detect the early problem of land certificate forgery.

Acknowledgment

We would like to thank to Ministry of Research, Technology and Higher Education for all the opportunity and financial support which enable us to do research and publish this paper, through the scheme of "hibah riset dasar kemenristek dikti tahun anggaran 2016", no. 001/K6/KM/SP2H/RISET DASAR/2016.

References

Kal, Johannes, 2014, Land disputes in society (Sengketa Tanah dalam Masyarakat), paper, Diponegoro State University. source: https:// www.academia.edu/9633724/Sengketa_Tanah_dalam_Masyarakat.

Syarief Elza, 2013, Completing Land Disputes Through the Special Land Court (Menuntaskan Sengketa Tanah Melalui Pengadilan Khusus Pertanahan), KPG(Kepustakaan Populer Gramedia), Jakarta.

Noor, Muhamad Rukhyat, 2008, Legal Aspects of Digital Technology and Documentation of Land (Aspek Hukum Teknologi Digital Dan Dokumentasi Pertanahan), http://www.bpn.go.id/Berita/Artikel/aspek-hukum-teknologi-digital-dan-dokumentasi-pertanahan-59, pada 5 Maret 2015.

National Land Agency (BPN), 2014, Land Spatial Data , The Challenges and Expectations (Data Spatial Pertanahan, Tantangan dan Harapan), Workshop Teknik Geodesi UNDIP, Semarang, 4 Desember 2014, Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Jawa Tengah.

Saipul, 2010, The Implementation of Digital Signature Using Hash Function Algorithm SHA-256 and RSA in the Process of Data Authentication (Implementasi Tanda Tangan Digital Menggunakan Fungsi Hash Algoritma SHA-256 dan RSA dalam Proses Otentikasi Data), Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.

Wahyuni, Ana, 2011, Cryptography Applications for e-document Security Using the Hybrid Methods: Biometric Signatures and DSA (Aplikasi Kriptografi Untuk Pengamanan E-Dokumen dengan Metode Hybrid: Biometrik Tandatangan dan DSA) (Digital Signature Algorithm), Universitas Diponegoro, Semarang.

Noroozi, Daud, dan Sabouhi, 2013, Secure Digital Signature Schemes Based on Hash Functions, http://www.ijitee.org/attachments/ File/v2i4/D0583032413.pdf. diakses 14-08-2015

Prakash, Purohit, 2013, An Efficient implementation of PKI architecture based Digital Signature using RSA and various hash functions (MD5 and SHA variants), http://www.iosrjournals.org/iosr-jce/papers/Vol15-issue6/E01562733.pdf. diakses tanggal 14 agustus 2015.

FIPS 186-3, 2009, Digital Signature Standard (DSS), Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, USA.

FIPS 180-3, 2008, Secure Hash Standard (SHS), Information Technology Laboratory, National Institute of Standards and Technology, USA.

Ireland, David, 2010, RSA Algorithm, http://www.di-mgt.com.au/ rsa_alg.html#simpleexample. Diakses tanggal 12 Januari 2012.

The Government of Republic of Indonesia (Pemerintah Republik Indonesia), 1997, Government Regulations (Peraturan Pemerintah) No. 24, year 1997 Concerning Land Registration (Tentang Pendaftaran Tanah), Chapter 3.

Stallings, William, 1995, Network and Internetwork Security Principles and Practice, Prentice Hall Inc., New Jersey.

Penentuan Luas Lahan dengan Bantuan *Google Earth*

Evania Nur Alivah[a], Adi Setiawan[b] ,Eko Sediyono[c]

[a,] Progam Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana (662013601@student.uksw.edu)

[b,] Progam Studi Matematika, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Kristen Satya Wacana (adi_setia03@yahoo.com)

[c,] Progam Studi Magister Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana (ekosed1@yahoo.com)

ABSTRACT

In this paper, it is presented land area measurement by using Google Earth that has provided information about latitude and longitude coordinates of any location on the earth such that land area measurement can have a lower the cost, time and effort. The triangles and squares method are applied on a map of land plantation plot Afdeling Tembir sub Sembir Pendowo TBM 2015 PT. National Plantation IX Getas Kabupaten Semarang, Central Java, Indonesia. The result by assuming that the earth was flat and ellipsoid by using triangles and squares method (using 256 pieces of squares) are respectively 24.1224 ha, 24.0171 ha, 23.9795 ha, and 23.8747 ha, respectively. Information obtained from the company is 22.09 ha by using a number of rubber trees planted on the land, beside information of the average area obtained by using Google Maps i.e. 23.9225 ha. The difference of the calculation can be caused by the placement of point coordinates on Google Earth at the time to click the mouse and least powerful signal / network when taking the coordinates, besides the coordinates on Google Earth is always changing time to time. Overall results of calculations have accuracy more than 90% compared Google Maps results.

Keywords Google Earth, Ellipsoid, Measurement, Triangle Approximation Method, Square Approximation Method

Pendahuluan

Bumi sering dinyatakan dalam bentuk bola karena berbentuk bulat, namun pada kenyataanya bumi mendekati ellipsoid dikarenakan jarak ekuator ke pusat berbeda dengan pusat ke kutub. Menurut Meeus (1998) bentuk muka bumi sebenrnya jauh dari keteraturan dan sulit dijelaskan dalam bentuk geometris, untuk itu disepakati bentuk muka bumi dalam geografi dan astronomi yaitu revolusi dari ellipsoid. Karena permukaan bumi yang begitu kompleks maka diperlukanya informasi suatu daerah atau kawasan yang berupa luas, letak astronomisnya, batas-batas, dan lain-lain.

Kebutuhan daerah akan segala potensi sumber daya alam maupun sosial. Sehingga untuk perencanaan yang baik perlu informasi secara spasial dari permukaan bumi yang berupa peta, baik yang bersifat umum maupun tematik yang mempunyai informasi yang dibutuhkan (Aji,2014).

Dengan memanfaatkan media informasi, penentuan suatu luas lahan dapat dibantu dengan Google Earth. Program ini memetakan bumi dari superimposisi gambar yang dikumpulkan dari pemetaan satelit, fotografi udara dan globe GIS (Thankachan,et al,.2013) Diharapkan dengan memanfaatkan media informasi yang tersedia akan lebih menghemat biaya, waktu dan tenaga. Dalam makalah ini, akan dipresentasikan tentang bagaimana menentukan luas lahan dengan menggunakan bantuan Google Earth dengan tanpa memperhatikan kontur tanah.

Informasi Google Earth yang berupa koordinat garis lintang dan garis bujur digunakan untuk menentukan luas dalam suatu lahan. Titik - titik yang berupa koordinat garis lintang dan bujur yang mengelilingi suatu lahan akan dihubungkan dengan poligon, sehingga dapat membentuk tanah dengan segi banyk tak beraturan.

Ada beberapa metode dalam penentuan luas, tergantung siapa yang memakai dan alat yang digunakan. Dalam pengukuran tidak ada yang paling akurat, dikarenakan tingkat ketelitian alat dan manusia yang menggunakan (Aji, 2014). Penelitian ini menggunakan metode segitiga dan metode bujur sangkar. Metode segitiga merupakan metode yang digunakan dengan membagi peta lahan menjadi beberapa segitiga, untuk menentukan luas pada metode ini dengan menjumlahkan luas tiap segitiga

yang membagi lahan (Subki,et al.,1981). Metode bujur sangkar digunakan dengan membagi peta lahan menjadi beberapa bujur sangkar.

Dalam makalah ini, akan dipresentasikan bagaimana menentukan luas menggunakan metode segitiga dan metode bujur sangkar pada peta lahan perkebunan karet pada Afdeling Tembir sub Sembir petak Pendowo TBM 2015 PT. Perkebunan Nasional IX Getas Kabupaten Semarang, Jawa Tengah dan hasilnya akan dibandingkan dengan informasi yang diperoleh dari perusahaan tersebut. Dalam hal ini kontur dari lahan tanah masih belum diperhatikan dalam penentuan luas.

Metodologi

Dalam pasal ini akan dibahas tentang Google Earth, Model Bumi dalam Ellipsoid, Poligon, Perhitungan Luas dengan menggunakan jumlahan segitiga seperti pada Gambar 1 dan jumlahan bujur sangkar pada Gambar 2, dan data yang diperlukan dalam penelitian.

Google Earth

Google Earth merupakan sebuah program globe virtual yang sebenarnya disebut Earth Viewer dan dibuat oleh Keyhole, Inc. Google Earth mempermudah pengguna mencari alamat (untuk beberapa negara), memasukkan koordinat, atau menggunakan mouse untuk mencari lokasi (Thankachan, et al,.2013).

Google Earth juga memiliki data model elevasi digital (DEM) yang dikumpulkan oleh Misi Topografi Radar Ulang Alik NASA.

Google Earth memberi kemudahan dalam mengaksesnya secara grafis, selain itu terdapat fasilitas dalam Google Earth untuk menambahkan konten mereka sendiri seperti foto dan deskripsi daerah (Mohammed, et al,.2013).

Model Bumi dalam Ellipsoid

Pada awalnya bumi dianggap bola kemudian menjadi ellips yang disebabkan oleh deformasi dan densitas di dalam bumi (dianggap homogen) oleh gaya sentrifugal akibat rotasi. Dalam perjalanannya bumi selalu mengalami gaya sentrifugal akibat rotasi hingga pada bidang ekuipotensial langsung didefiniskan ke dalam bentuk geometris berupa ellipsoidal (Noor,*et.al*.,2012). Telah disebutkan bahwa bumi bukanlah berbentuk bola sempurna, melainkan berbentuk elipsoida. Karena itu garis keliling bumi yang beririsan dengan garis khatulistiwa (lintang geografis = 0) tidak sama dengan garis keliing bumi yang melewati kutub utara dan kutub selatan. Jarak pusat bumi ke ekuator sedikit lebih besar daripada jarak pusat bumi ke kutub. Menuut Meeus (1998) jarak antara 2 titik dinyatakan sebgai berikut

$a = 6378{,}14\ km \quad b = 6356{,}755\ km$

$$f = \frac{1}{298{,}257}$$

$$F = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad ; G = \frac{y_1 - y_2}{2} \quad ; \lambda = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

$$S = \sin^2 G \cos^2 \lambda + \cos^2 F \sin^2 \lambda$$

$$C = \cos^2 G \cos^2 \lambda + \sin^2 F \sin^2 \lambda$$

$$\tan\omega = \sqrt{\frac{S}{C}} \quad ; R = \frac{\sqrt{SC}}{\omega} \quad ; D = 2\omega a$$

$$H1 = \frac{3R-1}{2C} \quad ; H2 = \frac{3R+1}{2S}$$

Didapatkan jarak antara 2 titik adalah

$$s = D\left(1 + \left(\left(fH1\sin^2 F \cos^2 G\right) - \left(fH2\cos^2 F \sin^2 G\right)\right)\right) \quad (1)$$

dengan

x : Garis Lintang
y : Garis Bujur
a : jarak pusat bumi ke ekuator
b : jarak pusat bumi ke kutub
f :Perataan

Poligon

Poligon merupakan serangkaian garis berurutan yang menghubungkan titik detail di lapangan dan mempunyai banyak sudut. Terdapat dua bentuk dasar poligon yaitu poligon tertutup dan poligon terbuka (Wongsotjitro, 1980).

Lahan tanah yang mempunyai bentuk tidak beraturan dapat didekati menjadi bentuk poligon tertutup (segi banyak). Jika koordinat dari dua titik pada poligon telah diketahui maka dapat dihitung jarak antara kedua titik tersebut. Menurut Aryes dan Mendelson (2006) jarak P_1P_2 antara titik $P_1(x_1, y_1)$ dengan $P_2(x_2, y_2)$ dalam sistem koordinat Cartesian dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\overline{P_1P_2} = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (2)$$

Untuk memperoleh jarak antara 2 titik pada permukaan bumi, jarak tersebut perlu dikalikan dengan rata-rata keliling bumi *(C)* yaitu 40.030.175 meter (*m*) dibagi dengan 360^o.

Perhitungan Luas

Untuk menghitung luas dari lahan, ada beberapa

macam cara, diantaranya dengan metode segitiga yaitu dengan menganggap peta lahan sebagai poligon dan membagi poligon menjadi beberapa segitiga sehingga luas poligon merupakan jumlahan luas segitiga-segitiga tersebut. Metode bujur sangkar dengan membagi lahan menjadi beberapa bujur sangkar dengan luas tiap bujur sama besar. Dalam langkah ini akan dilihat hasil perhitungan dengan mengganggap jarak lurus dan melenggkung (menggangap bumi ellipsoid), yang membedakan hanya pada perhitungan menentukan jarak

Metode Segitiga

Pada metode ini, peta lahan dianggap berbentuk poligon (segi banyak) dengan *n* cukup besar sehingga dapat dibagi menjadi sejumlah segitiga. Makin besar *n* yang digunakan akan makin mendekati luas tanah yang menjadi perhatian. Luas tanah dihitung dari luas masing-masing segitiga yang mempunyai sisi-sisi a_i, b_i dan c_i kemudian luas tanah dijumlahkan sehingga diperoleh (Basuki, 2011)

$$L = \sum_{i=1}^{n} A_i \qquad (3)$$

dengan

n :Banyaknya segitiga,

A_i : Rumus Heron.

Tabel 1. Koordinat Titik-Titik Tepi Lahan pada Google Earth Metode Segitiga.

Segitiga	Titik	Koord. Lintang	Koord. Bujur
1	A_1	-7,292230556	110,496258333
	B_1	-7,292563889	110,498886111
	C_1	-7,294441667	110,499463889
2	A_2	-7,294655556	110,496986111
	B_2	-7,292230556	110,496258333
	C_2	-7,294441667	110,499463889
3	A_3	-7,297169444	110,499272222
	B_3	-7,294655556	110,496986111
	C_3	-7,294441667	110,499463889
4	A_4	-7,299430556	110,500027778
	B_4	-7,297169444	110,499272222
	C_4	-7,294441667	110,499463889
5	A_5	-7,300044444	110,500722222
	B_5	-7,299430556	110,500027778
	C_5	-7,294441667	110,499463889
6	A_6	-7,295436111	110,502030556
	B_6	-7,300044444	110,500722222
	C_6	-7,294441667	110,499463889
7	A_7	-7,299430556	110,500027778
	B_7	-7,299036111	110,498886111
	C_7	-7,297169444	110,499272222
8	A_8	-7,300044444	110,500722222
	B_8	-7,299941667	110,500002778
	C_8	-7,299430556	110,500027778

Metode Bujur Sangkar

Metode ini digunakan untuk mengukur luas lahan dengan membagi peta lahan menjadi sejumlah bujur sangkar sehingga (Wongsotjitro, 1980).

$$L = \left(W + \frac{P}{2} \right) \times L_{unit} \qquad (4)$$

dengan

$$L_{unit} = \frac{L_{besar}}{n}$$

W : Kotak bujur sangkar penuh,

P : Kotak yang tidak penuh.

Makin kecil bujur sangkar atau makin banyak *n* yang digunakan, akan semakin mendekati luas lahan yang menjadi perhatian.

Data diambil dari PT. Perkebunan Nasional IX Getas berupa lokasi kebun yang menjadi perhatian yaitu Afdeling Tembir sub Sembir petak Pendowo TBM 2015 yang menurut informasi dari perusahaan tersebut mempunyai luas 22,09 *ha* Selanjutnya, berdasarkan lokasi tersebut diambil data berupa koordinat garis lintang dan garis bujur pada lokasi yang menjadi perhatian dengan menggunakan *Google Earth*. TABEL 1 menyatakan data tersebut dan digunakan metode segitiga dalam menghitung luas lahan sedangkan TABEL 2 menyatakan titik-titik bujur sangkar besar yang melingkupi lahan yang menjadi perhatian.

Tabel 2. KoordinatTitik Tepi Lahan pada Google Earth Metode Bujur Sangkar

Titik	Lintang	Bujur
R	-7,291297222	110,495497222
S	-7,300477778	110,495497222
T	-7,300477778	110,486316667
U	-7,291297222	110,486316667

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

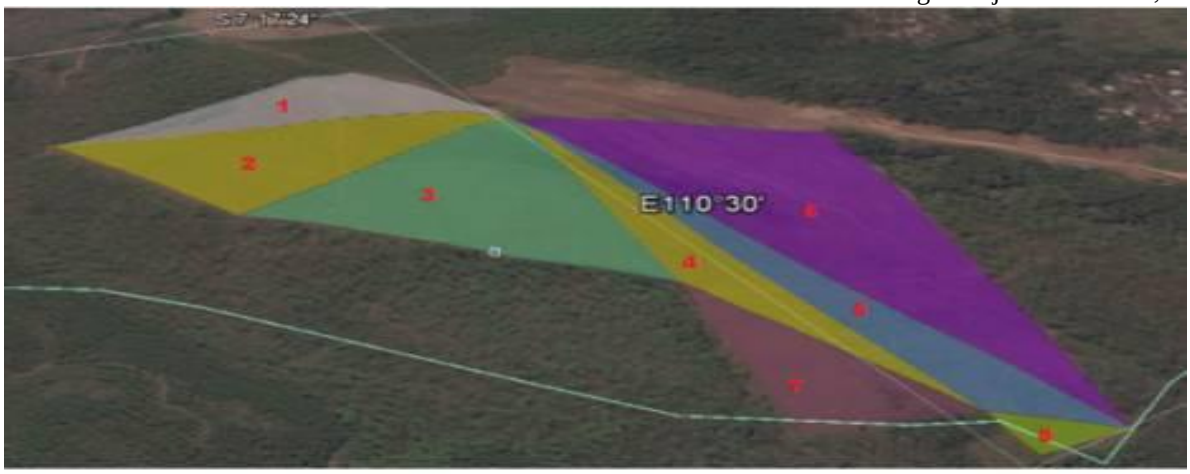
Koordinat garis lintang dan garis bujur pada Tabel 1 dan Tabel 2 dinyatakan dalam derajat desimal, namun dapat diubah ke dalam derajat, menit dan detik seperti yang biasa digunakan (Meeus, 1998). Misalkan pada titik yang mempunyai koordinat garis bujur 110,496258333^o maka dapat juga dinyatakan dengan 110^{O}29’46,53”. Tanda positif digunakan untuk Bujur Timur sedangkan tanda

negatif untuk Bujur Barat. Pada koordinat garis lintang, tanda negatif untuk Lintang Selatan sedangkan tanda postif untuk Lintang Utara.

Jarak antara setiap 2 titik dalam Tabel 2 sama karena bangun yang dibentuk berbentuk bujur sangkar sehingga panjang *RS*, *ST*, *TU* dan *UR* sama. Sesuai dengan persamaan 2 .

Dengan cara yang sama, metode tersebut dapat digunakan untuk menghitung sisi-sisi segitiga sehingga hasilnya dinyatakan pada Tabel 3 kolom ketiga. Perhitungan Luas Dengan Metode Segitiga

Dalam metode ini lahan dibagi menjadi 8 bagian segitiga sesuai Gambar 1. Segitiga pertama mempunyai luas dapat dihitung menggunkan



persamaan (3) didapatkan luas lahan dengan metode

Gambar 1. Lahan yang dibagi menjadi 8 segitiga.

segitiga dengan menganggap jarak antar 2 titik merupakan bidang datar adalah 241224,1439 m^2 atau 24,1224 *ha*.

Tabel 3. Jarak dan Luas Tiap Segitiga

Segitiga	Sisi	Jarak (meter)	Luas
	a_1	294,5370	
1	b_1	218,4599	29380,2009
	c_1	433,0125	
	a_2	281,5239	
2	b_2	433,0125	38193,9361
	c_2	276,5409	
	a_3	377,8328	
3	b_3	276,5409	41623,7839
	c_3	304,0629	
	a_4	265,0894	
4	b_4	304,0629	15455,1361
	c_4	558,2714	
	a_5	103,0647	
5	b_5	558,2714	19321,2867
	c_5	638,5196	
	a_6	532,6744	
6	b_6	638,5196	81348,2217
	c_6	306,0729	
	a_7	134,3108	
7	b_7	211,9577	14148,0448
	c_7	265,0894	
	a_8	80,8108	
8	b_8	56,9009	2294,2943
	c_8	103,3882	

Kemudian akan dilakukan perhitungan dengan menganggap bahwa jarak antara dua titik melengkung (ellipsoid). Pada Tabel 4 kolom

Perhitungan Luas Dengan Metode Bujur Sangkar

Pada metode ini, berdasarkan data 4 titik terluar berbentuk bujur sangkar yang melingkupi peta lahan dan kemudian dibagi menjadi 32 atau 2^5, 64 atau 2^6 dan, 256 atau 2^8 buah bujur sangkar yang sama luas. Dalam hal ini akan diberi contoh dalam pembagian bujur sangkar dengan menggunkan 64 buah bujur sangkar.



Langkah-langkah pembuatan 64 bujur sangkar tersebut digambarkan sebagai berikut :

24. Bujur sangkar terluar A dibagi menjadi 2 bagian secara horisontal dan vertikal sehingga membentuk A'.
25. Selanjutnya bujur sangkar A' dibagi lagi menjadi dua bagian sama luas secara horisontal dan vertikal sehingga membentuk A".
26. Langkah yang sama dilakukan terus dengan membagi dua sama luas untuk tiap bujur sangkar sehingga membentuk bujur sangkar sebanyak A^n dengan n = 64. Pada

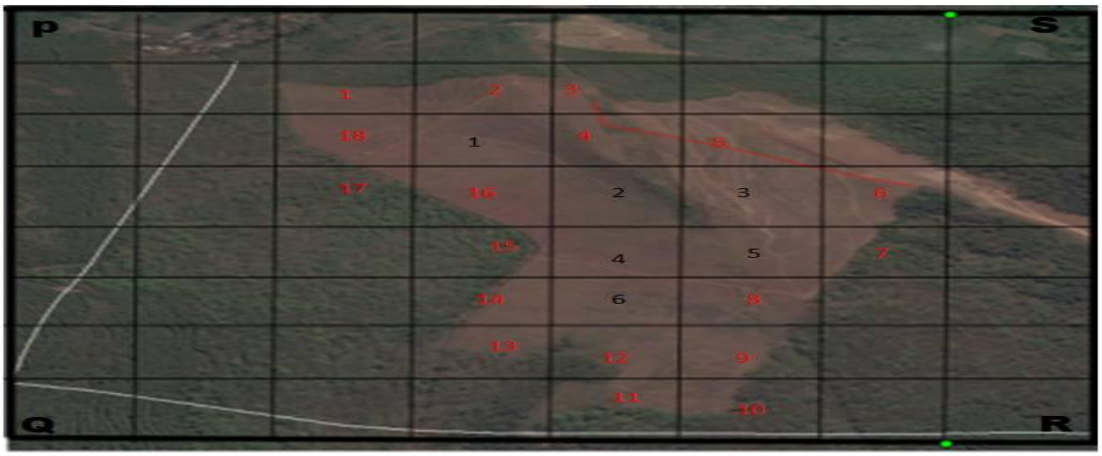
perhitungan sebelumnya, bujur sangkar mempunyai sisi 1021,9748 *m* sehingga didapatkan luasnya 1.044.432,4429 m^2 atau mempunyai luas per satuan bujur sangkar kecil seluas

$$L_{unit} = \frac{1.044.432,4429}{64} = 162827569$$

sehingga hasil dari perhitungan luas lahan dengan membagi dengan 64 bujur yang sama luas adalah 24,4241 *ha*. Dengan cara yang sama, apabila peta lahan dibagi menjadi 16 buah kotak bujur sangkar diperoleh hasil 32,2655 *ha* dan apabila peta lahan dibagi menjadi 256 buah kotak maka akan diperoleh hasil 24,0171 *ha*.

Perhitungan Luas Dengan Pendekatan Bumi berbentuk Ellipsoid

Dalam poin ini beranggapan bahwa bumi berbentuk ellipsoid dengan menfaatkan metode segitiga dan bujur sangkar dalam penentuan luas.



Gambar 2. Lahan yang menggunkan metode Bujur Sangkar.

Dengan menggunakan data garis lintang dan garis bujur yang telah diketahui pada Tabel 1 dan Tabel 2. Perhitunga masih sama dengan menggunakan pada persamanaan (3) dan persamaan (4) , yang membedakan hanya pada perhitungan jarak antara dua titik pada persamaan (1) .Hasil dari perhitungan luas dengan asumsi bumi berbentuk ellipsoid dapat dilihat padaTabel 4 untuk hasil menggunakan metode segitiga dan Tabel 5 menggunkan metode bujur sangkar.

Tabel 4. Luas menggunkan Metode Segitiga

Segitiga	Luas (km^2)
1	0.029141
2	0.037883
3	0.041285
4	0.015329
5	0.019164
6	0.080685
7	0.014033
8	0.002276
Jumlah	0.239795

Tabel 5. Luas menggunaka MetodeBujur Sangkar

n	W	P	L_{unit} (km)	L (km^2)
16	-	10	0.064745	0.323725
64	6	18	0.016186	0.242794
256	42	34	0.004047	0.238747

Informasi yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nasional IX Getas adalah 22,09 *ha*. Dalam penentuan luas lahan PT. Perkebunan Nasional IX Getas masih menggunakan cara tradisional yaitu dengan menghitung jumlah pohon karet yang ditanam pada lahan tersebut dan jarak tanam antar pohon. Dengan menggunakan *Google Maps* didapat rata-rata luas pada lahan tersebut selama 10 hari dengan pengambilinan titik yang sama yaitu 23,9225 *ha* dari 10 kali pengamatan dengan simpangan baku sebesar 0,1932 *ha*. Hasil perhitungan luas lahan dengan menganggap bumi itu datar dan melengkung (ellipsoid) menggunakan metode segitiga dan metode bujur sangkar, dengan informasi yang didapat dari PT Perkebunan Nasional IX Getas, dan dari informasi yang diberikan oleh *Google Maps* didapatkan selisih. Perhitungan yang didapat dengan menggunakan metode segitiga yaitu 24,1224 *ha* dengan asumsi bumi itu datar dan 23,9795 *ha* dengan asumsi bumi ellipsoid mempunyai selisih 0,1229 *ha*. Perhitungan yang didapat dengan menggunakan metode bujur sangkar yang dibagi 256 buah bujur sangkar dengan hasil 24,0171 *ha* dengan menganggap bumi datar, sedangkan dengan asumsi bumi melengkung (ellipsoid) 23,8747 *ha* terdapat selisih sebesar 0,1424 *ha*. Karena dalam informasi luas lahan yang sesungguhnya tidak

ada (tidak adanya sertifikat) maka luas lahan yang dijadikan acuan adalah luas dari *Google Maps*. Presentasi pengukuran luas dengan menggunakan kedua metode dan asumsi bumi itu datar maupun melengkung serta informasi dari perusahaan secara berturut-turut didapatkan 99.17%, 99.78% untuk metode segitiga sedangkan 99.6%, 99.8% dengan metode bujur sangkar dan 92.33% informasi dari perusahaan.

Dalam pengukuran tidak ada hasil yang sama persis hal ini disebabkan kerataan permukaan tanah, pada dasarnya apabila permukaan tanah semakin tinggi tingkat kelerengan atau kemiringannya, akan semakin besar tingkat kesalahan pada kemiringanya, dan apabila permukaan semakin datar maka tingkat kesalahan semakin kecil (Yunita, *dkk.*, 2013). Selain itu juga ditentukan oleh ketepatan dalam mengambil posisi titik koordinat pada Google Earth pada waktu mengklik *mouse* dan kuat-tidaknya signal / jaringan saat pengambilan koordinat. Koordinat pada Google Earth tidaklah konstan dari waktu ke waktu dan tergantung pada posisi satelit dengan lokasi lahan pada saat itu (Mohammed,2015), sehingga menyebabkan pengambilan data pada saat sekarang akan berbeda dengan pengambilan data pada waktu yang akan datang.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil analisis data dan pembahasan tersebut di atas diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

6. Perhitungan luas lahan dengan membagi beberapa segitiga diperoleh hasil 24,1224 *ha* dengan menganggap bumi datar, hasil selisih luas tanah dibandingkan dengan data yang diperoleh dari PT. Perkebunan Nasional IX Getas adalah 2,0324 *ha*. Dengan menganggap bumi melengkung (ellipsoid) diperoleh hasil 23,9795 *ha* mempunyai selisih 1,8895 *ha*.
27. Perhitungan luas lahan dengan metode bujur sangkar diperoleh hasil 24,0171 *ha*, hasil selisih luas tanah dibandingkan dengan data dari PT. Perkebunan Nasional IX Getas adalah 1,9271 *ha*. Dengan menganggap bumi melengkung (ellipsoid) diperoleh hasil 23,8747 *ha* mempunyai selisih 1.7847 *ha*.
28. Selisih hasil perhitungan antara metode segitiga dengan metode bujur sangkar adalah 0,1053 *ha* dengan menganggap bumi datar dan 0,1048 *ha* dengan menganggap bumi melengkung (ellipsoid).

Dalam perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan acuan luas sebenarnya dari *Google Maps* seluruh perhitungan mencapai lebih dari 90%. Penelitian ini juga dapat diperluas untuk menentukan luas lahan dengan bantuan Google Earth dengan memperhatikan kontur lahan.

Ucapan terima kasih

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Indonesia untuk pendanaan penelitian dengan skema Hibah Kompetensi No. 001/K6/KL/SP/PENELITIAN /2016

Daftar Pustaka

Aji, Seno., 2014, ”Kajian Penentuan Luas dengan Berbagai Metode”, Agri-tek, Vol 15, No. 2, September 2014, hal. 48-58

Aryes, Frank ; Mendelson, Elliot., 2006, “Schaum’s Outlines KALKULUS edisi keempat”,. Jakarta : Erlangga.

Basuki, Slamet., 2011, “ILMU UKUR TANAH”. Yogyakarta : Universitas Gadjah Mada

Meeus,Jean. 1998. “Astronomical Algorithm 2nd ed”. USA : Williman-Bell,Inc.

Muslihun, Ilhamsyah, dan Brianorman,Yulrio., 2016, “Prototipe Aplikasi Pengukur Luas Wilayah Berbasis Android” , Jurnal Coding, Sistem Komputer Untan, Vol 04

Mohammed, Athraa Hashim. 2015. “Testing Of Google Earth Coordinate Of Points In Baghdad City”. Internasional Journar Of Science & Research. Vol 04, No 12, Desember 2015, hal 357-360

Mohammed, Nagi Zomrawi., Ghazi, Ahmed., dan Mustafa, Hussam Eldin., 2013, “Positional Accuracy Testing Of Google Earth”, Internasional Journal Of Multidisciplinary Sciences And Engineering, Vol 04, No 6, Juli 2013, hal 6-9

Noor,Tanjudin; Supriyanto; Kasenda, Fientje. 2012. “Aplikasi Data Gayaberat untuk Pemetaan Geoid dengan Metode *Remove – Restore* di Wilayah Selat Sunda & Sekitarnya”. Depok : Universitas Indonesia

Subki F , Mulkhan ; Sumaryanto,Edy. 1981. “ILMU UKUR WILAYAH” . Jakarta : Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan.

Thankachan, Briju., Franklin., dan Teresa., 2013, “Impact of Google Earth on Student Learning”, International Journal of Humanisties and Social Science, Vol 03, No 21, Desember 2013, hal 11-16

Wongsotjitro, Soetomo. 1980. "Ilmu Ukur Tanah" .Yogyakarta : Kanisius.

Yunita,Antoneta., Suprayogi,Andri., Hania'ah., 2013, "Kajian Ketelitian Pemanfaatan Citra Quickbrid Pada Google Earth untuk Pemetaan Bidang Tanah Studi kasus : Kabupaten Karanganyar ", Jurnal Geodesi UNDIP, Vol 02, No 2, April 2013, hal 38-53

Analisis Deformasi Aspek Geometrik 3d pada Titik Kontrol Pemantauan Bendungan Waduk Sermo

Dessy Apriyanti[a*], Nurrohmat Widjajanti[b], Yulaikhah[b]

[a*]Alumni Pascasarjana Teknik Geomatika UGM (dessy.apriyanti22@gmail.com)

[b]Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

ABSTRACT

Sermo Dam has a variety of functions and is very useful for the community. Its main function is as a water container that will supply clean water, irrigation, and as flood prevention. Given the big benefit of Dam for the surrounding community, maintenance and supervision of Dam are important. One of maintenance activities is by monitoring the geometric deformation that might occur. In this research, geodetic observations, namely distance, and the angle between the horizontal control points in Sermo Dam were performed. The observations were conducted in three epochs, namely 2012, 2013, and 2014. The amount of control points established is eight. The amount of measurement data are 19 horizontal distances, 19 helling angles, and 71 horizontal angles in each epoch. Data processing were performed using least square combined adjustment. Horizontal and vertical movements were analyzed using congruency network and single point displacement tests. The value of control points movements were in fractions centimeters, with the smallest and biggest horizontal movement were respectively equal to 3,5 cm and 19 cm between the time 2012 and 2013. The smallest to biggest value of horizontal movement from 2012 until 2014 respectively are equal to 1,8 cm and 24 cm. The value of horizontal movement between 2013 and 2014 from the smallest to biggest respectively equal to 2,1 cm and 28 cm. Vertical movement values are in the range of 0,1 cm to 14 cm for the three time intervals. Statistical tests of horizontal and vertical movement values using 95% confidence and 109 degrees of freedom indicates that there are statistically significant movements for all time intervals. The direction of 3D control points movement in the three time intervals generally inclined to the northwest.

Keywords : *Sermo Dam, horizontal and vertical movements, least squared combined adjustment.*

BAB I. PENDAHULUAN

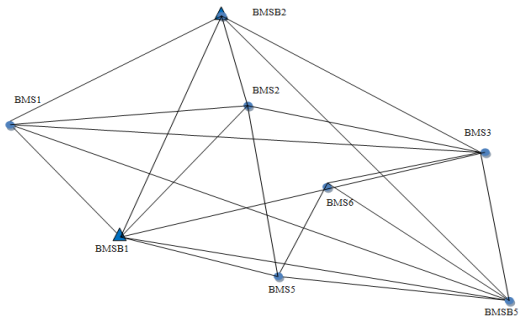
Bendungan Sermo memiliki peranan yang cukup penting bagi kehidupan masyarakat disekitarnya, sehingga perlu dilakukan pemeliharaan dan perawatan yang memadai untuk menghindari kerusakan pada bendungan Waduk Sermo tersebut. Salah satu cara pemeliharaan dan perawatan bendungan dengan melakukan pemantauan deformasi. Waduk Sermo merupakan tipe urugan batu, sehingga rawan terjadinya retak hidrolis [3].

Usaha pemantauan deformasi bendungan Waduk Sermo masih terus dilakukan. Yulaikhah dan Andaru (2013) melakukan pemantauan pergeseran horizontal kerangka kontrol berdasarkan data tahun 2012 dan 2013. Hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya pergeseran horizontal secara statistik [7]. Namun belum dilakukan pemantauan pergeseran ke arah vertikal. Oleh karena itu, dilakukan analisis deformasi 3D (horizontal dan vertikal) dari aspek geometriknya. Analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu analisis 3D, sehingga hitung perataan yang digunakan adalah hitung perataan metode kombinasi.

BAB II. METODOLOGI PENELITIAN

II.I. Bahan dan Alat Penelitian

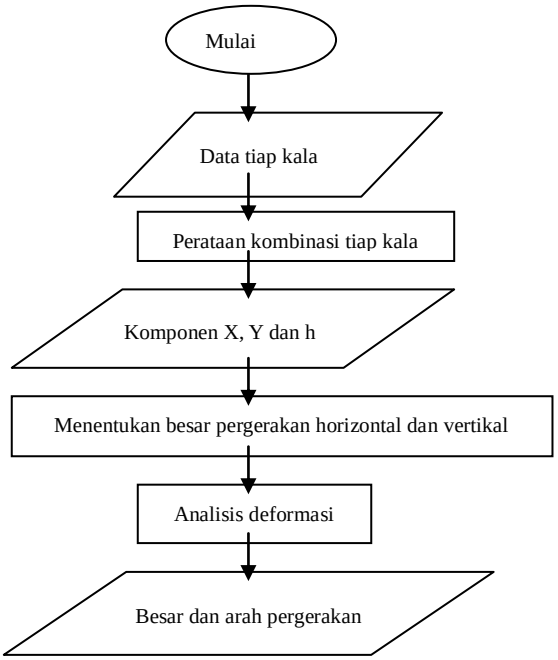
Data yang digunakan merupakan tiga kala pengukuran terestris pada tahun 2012, 2013, dan 2014. Teknik pengukuran untuk setiap kala yaitu dengan metode triangulaterasi. Pada titik-titik kontrol deformasi yang telah dipasang dilakukan pengukuran sudut horizontal, sudut *heling*, dan jarak horizontal menggunakan Total Station DTM 322. Gambar 1 menyajikan jaring pemantauan deformasi.



Gambar 1. Jaring pemantauan deformasi

II.2. Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan

II.2.1. Pengumpulan data

Data yang dikumpulkan berupa data primer dan sekunder. Data primer berupa data hasil pengukuran di lapangan kala 2014. Data sekunder berupa jarak dan sudut kala 2012 dan 2013. Jumlah data ukuran masing-masing kala dapat dilihat pada Tabel 1.

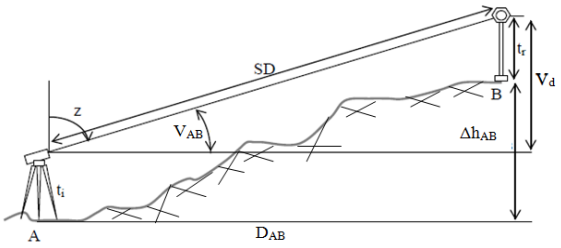
Tabel 1. Jumlah data ukuran setiap tahunnya

Data	2012	2013	2014
Jarak horizontal	25	22	19
Sudut horizontal	116	96	71
Sudut *heling*	25	22	19
Total	166	140	109

II.2.2. Pengolahan Data

a. **Hitungan perataan masing-masing kala**

Perataan yang digunakan adalah hitung kuadrat terkecil metode kombinasi. Hasil perataan merupakan koordinat estimasi titik-titik kontrol yang telah diukur pada penelitian ini. Hitung perataan dilakukan secara terpisah untuk tiap-tiap kala. Pada proses hitungan kuadrat terkecil, semua titik yang ada pada jaring pengukuran diperlakukan sebagai parameter, kecuali titik yang dijadikan sebagai titik ikat, yaitu titik BMSB1 dan BMSB2. Pada persamaan kombinasi besaran ukuran tidak bebas satu sama lain, tetapi harus memenuhi syarat geometri dan matematis tertentu. Gambar 3 menunjukkan bentuk geometri pengukuran.



Gambar 3. Bentuk geometri pengukuran

Persamaan 1 s.d 3 menunjukkan persamaan kombinasi yang digunakan pada penelitian ini

$$\tan(V_{AB}) \frac{[(hB+t_r)-(hA-t_i)]}{D_{AB}\tan(V_{AB}) - D_{AB}} = 0 \quad (1)$$

$$\sqrt{\{(XB-XA)^2 + (YB-YA)^2 + [(hB+t_r)-(hA-t_i)]^2\}} \sin(V_{AB}) = 0 \quad (2)$$

$$\sin\left[\tan^{-1}\frac{(XC-XB)}{(YC-YB)} - \tan^{-1}\frac{(XA-XB)}{(YA-YB)}\right] - \sin(S_{ABC}) = 0 \quad (3)$$

b. **Hitungan pegerakan horizontal dan vertikal**

Nilai pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi diperoleh dari perbedaan nilai komponen X, Y, dan h tiap kala. Pada proses sub bab ini data masukan berupa komponen X dan Y serta untuk tinggi menggunakan tinggi ortometrik. Cara menghitung besar pergerakan horizontal dan vertikal sesuai dengan persamaan 4 s.d 6 sebagai berikut:

$$d_X = X_{kala}^{\ 2} - X_{kala}^{\ 1} \quad (4)$$

$$d_Y = Y_{kala}^{\ 2} - Y_{kala}^{\ 1} \quad (5)$$

$$d_h = h_{kala}^{\ 2} - h_{kala}^{\ 1} \quad (6)$$

Dalam menentukan nilai pergerakan horizontal dan vertikal dari kala 2012 sampai dengan 2014, dilakukan dengan tiga tahap. Tahap yang pertama dengan menghitung nilai pergerakan horizontal dan vertikal antara kala 2012 dan 2013, yang kedua menghitung nilai pergerakan horizontal dan vertikal antara 2013 dan 2014 dan yang ketiga menghitung nilai pergerakan horizontal dan vertikal antara 2012 dan 2014.

c. **Analisis deformasi terhadap pergerkan horizontal dan vertikal**

Analisis deformasi yang dilakukan untuk mengevaluasi pergerakan horizontal dan vertikal yaitu uji signifikansi beda parameter, uji kesebangunan jaring dan uji pergerakan titik. Uji signifikansi beda parameter ini dilakukan untuk melihat signifikansi perbedaan koordinat dari dua parameter secara statistik. Analisis lain untuk lebih meyakinkan hasil pergerakan horizontal dan vertikal disebabkan oleh adanya deformasi yaitu uji kesebangunan jaring guna melihat kesebangunan jaring deformasi. Selanjutnya setelah uji kesebangunan jaring dilakukan, tahap berikutnya yaitu melakukan uji pergerakan titik.

d. **Hitungan pergerakan koordinat 3D (X, Y dan H)**

Perhitungan besar pergerakan 3D dilakukan dengan menggunakan data masukan koordinat 3D yaitu koordinat UTM komponen X dan Y serta tinggi ellipsoid (H). Perhitungan nilai koordinat UTM (X dan Y) diperoleh dari hasil hitung perataan terpisah masing-masing kala metode kombinasi. Nilai tinggi elipsoid (H) diperoleh dari tinggi ortometrik (h) ditambah dengan nilai undulasi pada masing-masing titik kontrol. Tinggi ortometrik (h) dihasilkan dari proses hitung perataan terpisah masing-masing kala dengan metode kombinasi.

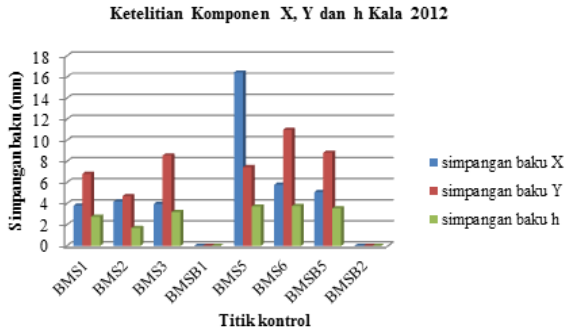
e. **Penentuan pola pergerakan koordinat 3D secara geometrik**

Nilai pergerakan dalam sistem koordinat 3D (X, Y dan H) digunakan sebagai data masukan dalam melakukan *plotting* pergerakan 3D secara geometrik. Data masukan tersebut meliputi nilai dX, dY dan dH. *Plotting* ini dilakukan untuk melihat pola pergerakan dalam ruang 3D. Oleh karena itu, dapat dibuat kesimpulan secara global arah pergerakan 3D pada tiga interval kala.

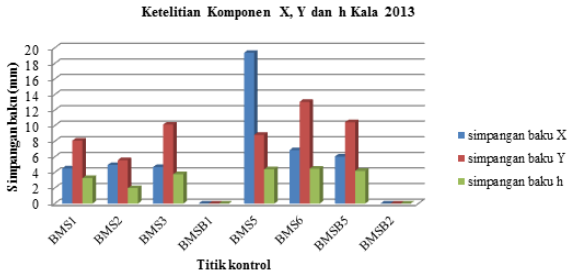
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN

III.1. Hasil Hitung Kuadrat Terkecil Tiap Kala

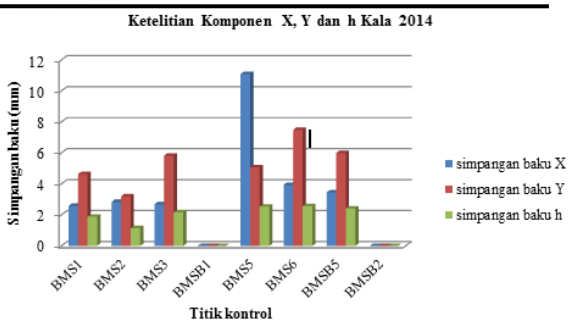
Hasil ketelitian komponen (X, Y dan h) setiap kala disajikan pada Gambar 4 s.d 6.



Gambar 4. Ketelitian komponen kala 2012



Gambar 5. Ketelitian komponen kala 2013



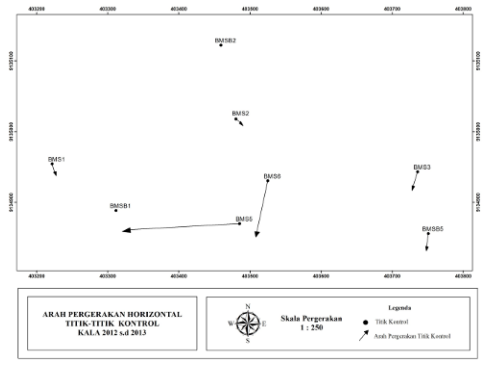
Gambar 6. Ketelitian komponen kala 2014

Berdasarkan Gambar 3 s.d 5 hasil hitung perataan kala 2012, 2013, dan 2014 memiliki kesamaan dalam hal ketelitian koordinat. Kesamaannya terletak pada nilai simpangan baku terkecil komponen X, Y dan h pada titik BMS2 dan nilai simpangan baku terbesar komponen X, Y dan h pada titik BMS5. Hal ini karena pada titik BMS2 terletak dekat dan di antara titik ikat BMSB1 dan BMSB2. Ketelitian terendah pada titik BMS5 dikarenakan posisi titik BMS5 berada paling jauh dari titik ikat dan terletak di tengah-tengah pepohonan. Jika alat berdiri di titik BMS5 mengalami kesulitan untuk membidik titik-titik lain, sehingga kesalahan pengukuran lebih besar. Selain itu konfigurasi jaring yang melibatkan titik BMS5 kurang kuat, salah satu sudut pembentuk jaring segitiga tersebut hampir sebesar 180^0.

III.2. Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal Tiap Kala

1. Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal Kala 2012 s.d 2013

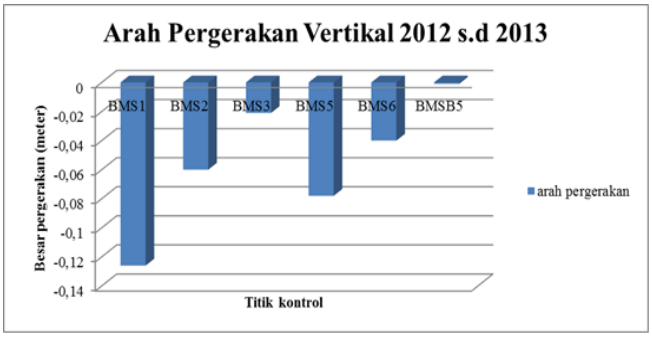
Data masukan yang diperlukan ialah nilai komponen X dan Y masing-masing titik kontrol hasil hitung perataan kombinasi terpisah. Berdasarkan data masukan tersebut dapat diperoleh nilai perbedaan komponen X dan Y. Nilai pergeseran pada kala 2012 s.d 2013 digambarkan vektornya secara horizontal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7. Pengeplotan ini dilakukan untuk mengetahui pola pergeseran dari kala 2012 s.d 2013.



Gambar 7. Visualisasi arah pergeseran horizontal kala 2012 s.d 2013

Arah pergeseran horizontal lebih cenderung ke arah selatan, kecuali titik BMS5 ke arah barat.

Namun demikian masing-masing titik tidak tepat mengarah ke selatan. Pada titik BMS1 dan BMS2 lebih mengarah ke tenggara. Pada Gambar 8 menunjukkan pola pergerakan vertikal dari kala 2012 s.d 2013.

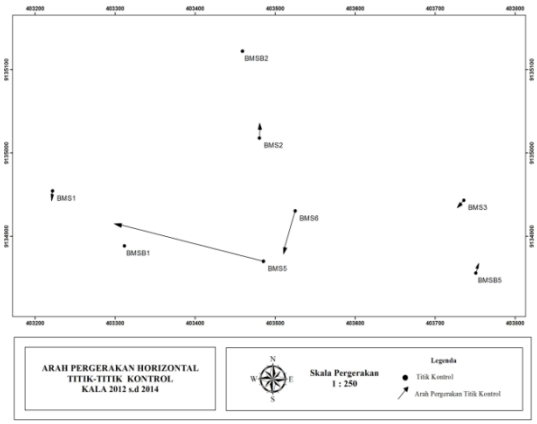


Gambar 8. Arah pergerakan vertikal kala 2012 s.d 2013

Nilai pergerakan vertikal berkisar antara 0,1 cm s.d 12,6 cm. Arah pergerakan vertikal sesuai dengan Gambar 7 menunjukkan bahwa arah pergerakan turun untuk semua titik. Pergerakan turun pada kala 2012 s.d 2013 ini dikarenakan pada interval kala tersebut terjadi penurunan muka air waduk.

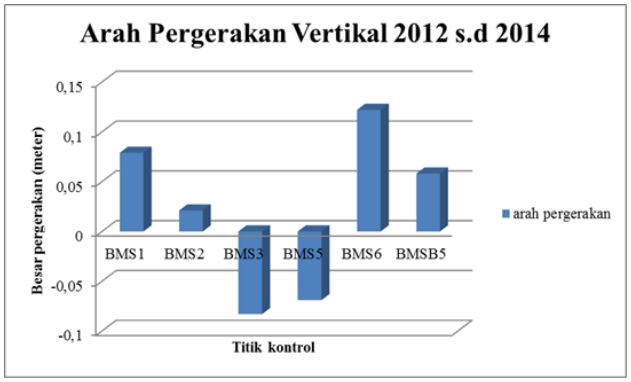
2. Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal Kala 2012 s.d 2014

Nilai pergeseran dari kala 2012 s.d 2014 dapat digambarkan vektornya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Visualisasi arah pergeseran horizontal kala 2012 s.d 2014

Gambar 9 menunjukkan arah pergeseran bervariasi, tetapi untuk titik BMS5 memiliki pola yang sama dengan arah pergeseran dari kala 2012 s.d 2013 yaitu cenderung ke arah barat. Titik BMS5 ini terjadi pergeseran horizontal yang relatif lebih besar dibandingkan dengan titik-titik kontrol yang lain. Arah pergeseran titik BMS3 dan BMS6 memiliki arah yang relatif sama dengan pergeseran kala 2012 s.d 2013 yaitu ke arah barat daya. Gambar 10 menunjukkan arah pergerakan vertikal titik kontrol pada kala 2012 s.d 2014.

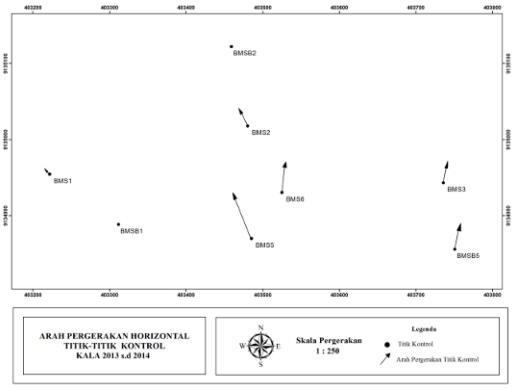


Gambar 10. Arah pergerakan vertikal kala 2012 s.d 2014

Arah pergerakan vertikal yang disajikan pada Gambar 10 menunjukkan perubahan titik kontrol dengan arah yang bermacam-macam, tetapi cenderung memiliki arah vertikal naik. Hal tersebut dikarenakan pada kala 2012 s.d 2014 terjadi kenaikan muka air waduk.

3. Hasil Analisis Pergerakan Horizontal dan Vertikal Kala 2013 s.d 2014

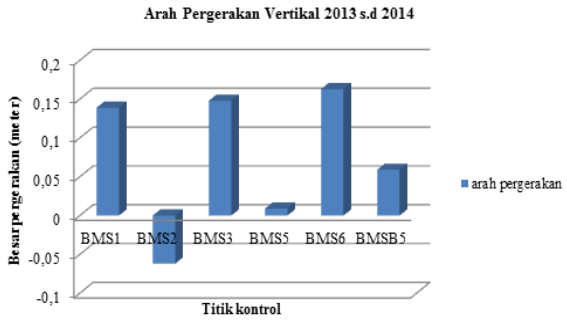
Tahapan untuk melakukan analisis pergerakan horizontal dan vertikal pada kala 2013 s.d 2014 sama dengan tahapan analisis pada kala 2012 s.d 2014. Gambar 11 menunjukkan visualisasi pola pergeseran horizontal dari kala 2013 s.d 2014.



Gambar 11. Visualisasi arah pergeseran horizontal kala 2013 s.d 2014

Arah pergeseran tersebut sangat berlawanan dengan arah pergeseran horizontal dari kala 2012 s.d 2013 yang cenderung ke arah selatan untuk semua titik-titik kontrol yang ada. Titik pergeseran horizontal terbesar dan terkecil pada periode ketiga ini konsisten dengan titik pergeseran terbesar dan terkecil pada periode kesatu dan kedua. Pola

pergerakan vertikal kala 2013 s.d 2014 disajikan pada Gambar 12.

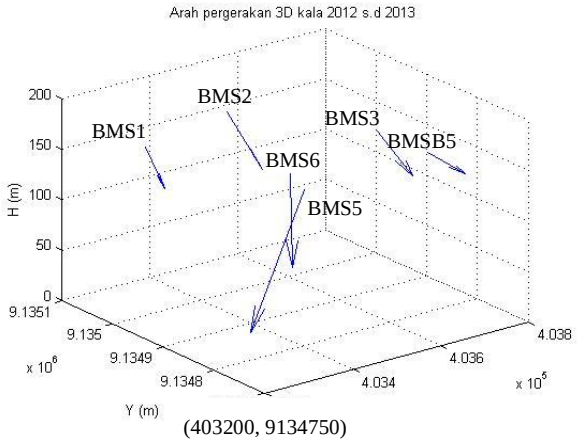


Gambar 12. Arah pergerakan vertikal kala 2013 s.d 2014

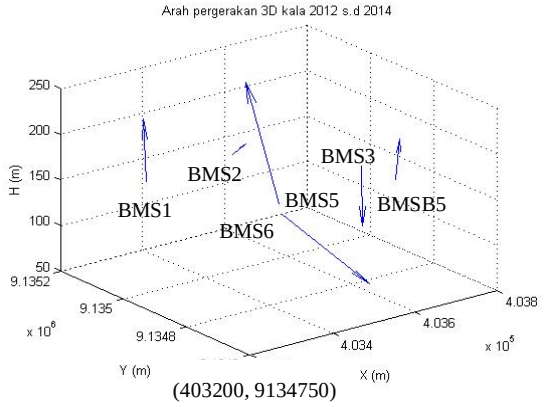
Semua titik nilai dh bernilai positif (naik), kecuali titik BMS2 bernilai negatif (turun). Pergerakan pada komponen h terbesar terletak pada titik BMS5 dan terkecil pada titik BMS1. Arah pergerakan pada kala 2013 s.d 2014 ini relatif bergerak naik disebabkan karena pada interval kala tersebut mengalami kenaikan muka air waduk. Arah pergerakan vertikal yang terjadi dari kala 2013 s.d 2014 berlawanan arah dengan arah pergerakan vertikal dari kala 2012 s.d 2013.

III.3 Hasil dan Pola Pergerakan 3D antar Kala

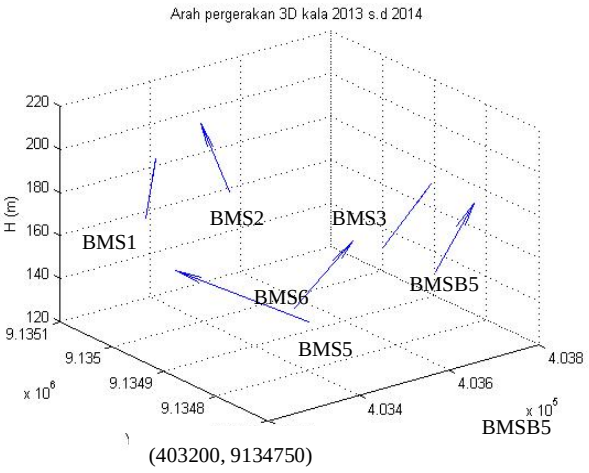
Bab ini dibahas tentang hasil analisis pergerakan 3D dalam ruang. Data masukan yang dilakukan pada analisis ini yaitu nilai koordinat komponen X dan Y sistem UTM serta tinggi elipsoid (H). Perolehan nilai komponen X dan Y sistem UTM berasal dari hasil hitung perataan metode kombinasi untuk setiap kalanya dengan kerangka dasar absolut. Selanjutnya, perolehan nilai tinggi elipsoid (H) tiap kala diperoleh dari hasil pengukuran GPS yang telah dilakukan proses perataan juga. Pergerakan koordinat 3D komponen X, Y dan H tiap kala dapat digambarkan vektornya dalam ruang 3D seperti yang disajikan pada Gambar 12 s.d 14.



Gambar 12. Visualisasi arah pergerakan 3D pada kala 2012 s.d 2013



Gambar 13. Visualisasi arah pergerakan 3D pada kala 2012 s.d 2014



Gambar 14. Visualisasi arah pergerakan 3D pada kala 2013 s.d 2014

Arah pergerakan 3D untuk masing-masing interval kala cenderung ke arah barat laut. Arah pergerakan 3D untuk kala 2012 s.d 2013 memiliki pola berbanding terbalik dengan arah pergerakan 3D kala

2013 s.d 2014.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil penelitian adalah ketelitian horizontal masing-masing kala dalam fraksi millimeter antara 3,1 mm s.d 7,4 mm Ketelitian vertikal masing-masing kala dalam fraksi millimeter antara 1,1 mm s.d 2,5 mm.

Nilai pergeseran horizontal terkecil sebesar 3,5 cm dan terbesar sebesar 19 cm antara kala 2012 s.d 2013. Nilai pergeseran horizontal antara kala 2012 s.d 2014 terkecil sebesar 1,8 cm dan terbesar sebesar 24 cm. Nilai pergeseran horizontal antara kala 2013 s.d 2014 terkecil sebesar 2,1 cm dan terbesar 28 cm.

Vektor pergerakan vertikal antara kala 2012 s.d 2013 berkisar antara -0,1 cm s.d -12 cm. Nilai pergerakan vertikal antara kala 2012 s.d 2014 berkisar antara 2,1 cm s.d 12 cm. Nilai pergerakan vertikal antara kala 2013 s.d 2014 berkisar antara 0,9 cm s.d 14 cm.

Hasil pengujian statistik dari nilai pergerakan titik-titik kontrol dengan derajat kepercayaan 95% menunjukkan bahwa terjadi pergerakan horizontal dan vertikal pada masing-masing interval kala yang signifikan secara statistik. Hal ini menunjukkan bahwa besar pergerakan horizontal dan vertikal yang terjadi disebabkan oleh adanya deformasi.

Arah pergerakan 3D untuk masing-masing interval kala cenderung ke arah barat laut.

V.2. Saran

Adapun beberapa hal yang dapat dijadikan saran adalah, pengukuran dilakukan pada kondisi metereologi yang relatif sama antara kala 2012, 2013, dan 2014 karena hasil pengamatan sangat dipengaruhi oleh kondisi metereologi saat pengukuran. Perlu informasi dari bidang lain seperti, status fisik, sifat materi, tegangan, dan hubungan beban agar hasil yang diperoleh benar-benar akurat.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada. M. Bagas Lail., Afradon Aditya ST., Made Sapta Hadi dan Lutfi Laudzai ST yang telah membantu mengumpulkan data penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Apriyanti, D., 2014, *Analisis Pergerakan Horizontal Waduk Sermo Tahun 2012-2013 Berdasarkan Hasil Hitung Perataan Parameter Berbobot*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

[2] Djarwadi., Suryolelono., Suhendro., dan Hardiyatmo., 2013, *Retak Hidrolis pada Bendungan Urugan Batu; Faktor Penyebab dan Cara untuk Menghindarinya*, Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7, Surakarta.

[3] Fell, R., Wan, C.F. dan Foster, M., 2004, *Methods for Estimating the Probability of Failure of Embankment Dams by Internal Erosion and Piping through the Embankment, Uniciv Report R-428, May 2004*, University of New South Wales, Australia, ISBN: 85841 395 7.

[4] Fitriana, D., *Penentuan Posisi 3D Titik–titik Pengamatan Terestris Menggunakan Hitung Perataan Metode Kombinasi dengan Kondisi Pada Parameter*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

[5] Kulhawy, F.H. dan Gurtowski. T.M., 1976, *Load Transfer and Hydraulic Fracturing in Zoned Dams*, Journal Soil Mechanics and Foundation Engineering, ASCE.

[6] Wolf, P.R. dan Ghilani, C.D., 1997, *Adjustment Computations Statistics and Least Squares in Surveying and GIS*, Jhon Wiley and Son Inc, New York.

[7] Yulaikhah dan Andaru, R., 2013, *Analisis Pergerakan Kerangka Kontrol Sermo, Kulonprogo Tahun 2012-1013*, Laporan Akhir Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Penilaian Bidang Tanah Perkotaan Menggunakan Model Persamaan Simultan sebagai Nilai Tunggal untuk Berbagai Kepentingan (Single Value for Multipurpose)

Nanin Trianawati Sugito[a], Irawan Sumarto[b], S. Hendriatiningsih[c], Bambang Edhi Leksono[d]

[a] Departemen Pendidikan Geografi FPIPS UPI Jl. Dr. Setiabudhi 229 Bandung (nanintrianawati@upi.edu)
[b] Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB Jl. Ganesha 10 Bandung (irawan@gd.itb.ac.id)
[c] Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB Jl. Ganesha 10 Bandung (shendriatin@yahoo.com)
[d] Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika FITB ITB Jl. Ganesha 10 Bandung (bleksono2013@gmail.com)

ABSTRACT

Tanah merupakan anugerah Tuhan yang sangat berharga dimana setiap kegiatan makhluk hidup akan bertumpu pada tanah. Bidang tanah mempunyai nilai karena adanya manfaat dan harapan pada masa sekarang dan mendatang. Harga bidang tanah dapat diketahui bila telah diketahui nilai bidang tanahnya, sehingga harga bidang tanah merupakan refleksi dari nilai bidang tanah.

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Bandung, dimana harga bidang tanahnya cenderung mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Untuk mendapatkan harga bidang tanah, terlebih dahulu harus dicari nilai bidang tanah yang dapat diperoleh melalui proses penilaian bidang tanah. Saat ini penilaian bidang tanah di Indonesia pada umumnya menggunakan pendekatan perbandingan harga pasar. Hal ini masih menyisakan permasalahan, yakni teknis perhitungan penilaian bidang tanah masih bersifat subjektif dengan merata-ratakan nilai pasar. Hasil penilaian tidak mencerminkan nilai yang sebenarnya.

Melalui penelitian ini dikaji secara komprehensif berbagai komponen penentu nilai bidang tanah di perkotaan. Model persamaan simultan dipilih untuk diterapkan dalam penilaian bidang tanah adalah karena persamaan simultan memiliki keunggulan dalam memodelkan fenomena sosial yang kompleks. Penelitian ini adalah akan dihasilkan model nilai bidang tanah di perkotaan yang selanjunya akan dijadikan sebagai nilai tunggal untuk berbagai penilaian (*single value for multipurpose*). Nilai tunggal ini sangatlah diperlukan untuk memfasilitasi berbagai kepentingan penilaian properti.

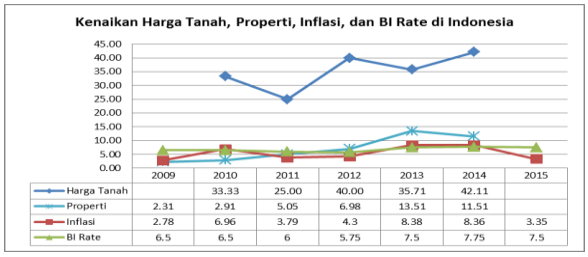
Keywords : Penilaian, bidang tanah, perkotaan, model persamaan simultan, nilai tunggal

Pendahuluan

Terdapat empat persoalan bangsa, yaitu : (1) Energi, (2) Air), (3) Pangan, dan (4) Tanah (Sulasdi, 2013). Tanah merupakan barang komoditi atau barang ekonomi yang berpengaruh sangat kuat terhadap kehidupan bangsa, tetapi hingga saat ini masalah pertanahan memiliki tingkat kompleksitas permasalahan yang sangat tinggi. Negara berkewajiban untuk mengatur kehidupan bernegara termasuk dalam aspek pendayagunaan tanah, baik sebagai barang ekonomi maupun tempat tinggal/papan berumah tangga, demi mencapai kemakmuran dan kesejahteraan rakyatnya.

Tanah merupakan anugerah Tuhan yang sangat berharga dimana setiap kegiatan makhluk hidup baik tumbuhan, hewan, atau manusia bertumpu pada tanah. Tanah bagi manusia merupakan tempat utama. Karena ketergantungan manusia yang sangat besar terhadap tanah, maka tidak dipungkiri tanah menjadi obyek yang tak terhingga nilainya. Hal ini dapat dibuktikan dengan keunikan sifat yang dimiliki oleh tanah, yaitu (1) persediaan (*supply*) tanah yang bersifat tetap sedangkan permintaan (*demand*) selalu meningkat seiring pertambahan penduduk; (2) tanah tidak dapat dipindah-pindah (*Immobility*); (3) tanah bersifat tahan lama; dan (4) tanah tidak dapat habis karena dikonsumsi. Keunikan sifat tanah ini menyebabkan

kecenderungan meningkatnya harga tanah dari waktu ke waktu. Kecenderungan kenaikan harga tanah sangat tinggi, bahkan paling tinggi bila dibandingkan dengan kenaikan properti, inflasi, dan BI *rate*.



Gambar 12 Kenaikan Harga Tanah, Properti, Inflasi, dan BI *Rate* di Indonesia
(Sumber : kajianstrategishms.wordpress.com)

Berdasarkan PP Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, penelitian ini lebih spesifik mengkaji mengenai bidang tanah. Bidang tanah adalah bagian permukaan bumi yang merupakan satuan bidang yang berbatas. Harga bidang tanah dan nilai bidang tanah merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan. Bidang tanah mempunyai nilai karena adanya kegunaan atau manfaat dan harapan pada masa sekarang dan mendatang. Harga bidang tanah dapat diketahui bila telah diketahui nilai bidang tanahnya, sehingga harga bidang tanah merupakan refleksi dari nilai bidang tanah. Lebih konkretnya, harga bidang tanah merupakan sejumlah uang yang dibayarkan dalam sebuah transaksi untuk mendapatkan hak milik dari suatu benda (Hidayati, 2001).

Penelitian ini dilaksanakan di Kota Bandung. Harga bidang tanah di Kota Bandung mengalami peningkatan yang sangat signifikan. Berdasarkan analisis properti dari UrbanIndo.com di Bulan Maret 2013 harga rata-rata bidang tanah di Kota Bandung sebesar Rp. 2,7 Juta/m^2. Dalam kurun waktu kurang dari satu tahun, harga rata-rata bidang tanah mengalami kenaikan menjadi Rp. 3,69 Juta/m^2 atau mengalami kenaikan 36%. Bahkan untuk bidang tanah di daerah Bandung Utara seperti Dago dan Setiabudi, harga rata-rata bidang tanah dapat mencapai 9,19 Juta/m^2. Terjadinya variasi harga bidang tanah di Kota Bandung ditentukan berdasarkan peruntukan dan pemanfaatannya. Nilai lahan permukiman cenderung lebih tinggi dari nilai lahan pertanian. Sementara itu nilai lahan untuk kegiatan perdagangan dan jasa justru lebih tinggi dari nilai lahan permukiman (Tilaar, 2013).

Untuk mendapatkan harga bidang tanah, terlebih dahulu harus dicari nilai bidang tanah yang dapat diperoleh melalui proses penilaian bidang tanah. Secara umum, terdapat tiga cara pendekatan yang dipergunakan dalam proses penilaian suatu properti, yaitu: (1) pendekatan perbandingan harga pasar (*sales competition approach*); (2) pendekatan biaya (*cost approach*), (3) pendekatan pendapatan (*income capitalization approach*). Saat ini penilaian bidang tanah di Indonesia menggunakan pendekatan perbandingan harga pasar. Teknis perhitungan penilaian bidang tanah masih bersifat subjektif dengan merata-ratakan nilai pasar (minimal 3 sampel). Dalam hal ini jumlah sampel belum cukup untuk menilai bidang tanah. Hasil penilaian tidak mencerminkan nilai yang sebenarnya.

Melalui penelitian ini dikaji secara komprehensif berbagai komponen penentu nilai bidang tanah dalam penilaian bidang tanah di perkotaan. Beberapa penelitian sebelumnya telah banyak dikaji mengenai komponen penentu nilai bidang tanah melalui analisis regresi linear. Fenomena yang terjadi, nilai bidang tanah di perkotaan cenderung mengalami kenaikan yang tidak terkendali. Untuk mengatasi kelemahan penilaian bidang tanah yang berlaku saat ini, akan dibuat penilaian bidang tanah menggunakan model persamaan simultan. Model simultan merupakan pemodelan untuk beberapa persamaan yang memiliki hubungan simultan. Model persamaan simultan dipilih untuk diterapkan dalam penilaian bidang tanah di perkotaan karena persamaan simultan memiliki keunggulan dalam memodelkan fenomena sosial yang kompleks. Penilaian bidang tanah merupakan hal sangat kompleks, diindikasikan dengan banyaknya komponen penentu nilai tanah.

Keterbaharuan dari penelitian ini adalah akan dihasilkan model nilai bidang tanah di perkotaan yang selanjutnya akan dijadikan sebagai nilai tunggal untuk berbagai penilaian (*single value for multipurpose*). Nilai tunggal ini sangatlah diperlukan untuk memfasilitasi berbagai kepentingan penilaian properti. Penilaian properti mempunyai banyak peran dalam perekonomian antara lain : (1) peran dalam penyelenggaraan pemerintah Pusat dan Daerah; (2) peran dalam perpajakan; (3) peran sehubungan dengan perbankan; dan (4) sebagai referensi dalam pembuatan peta zona nilai tanah yang diaplikasikan di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional dan Dinas Pendapatan Daerah.

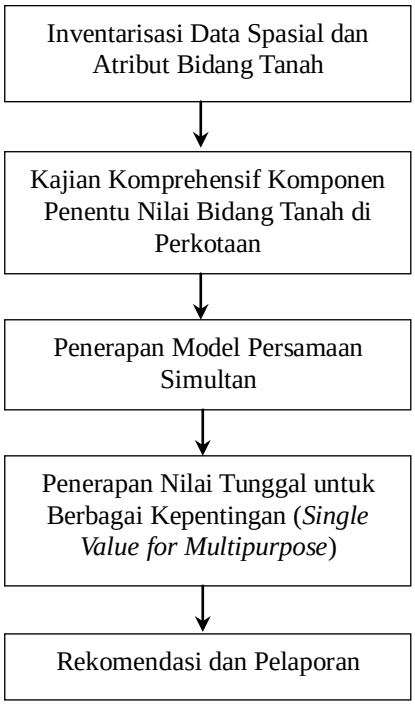
Metodologi

Penelitian dilaksanakan dalam beberapa tahapan teknis sebagai berikut.

1. Inventarisasi Data Spasial dan Atribut Bidang Tanah. Tahapan awal dalam penelitian adalah menyediakan data spasial dan atribut. Data spasial berupa Citra beresolusi tinggi (Citra Satelit Quickbird) dan Peta Administrasi Kota Bandung 1:25.000 yang bersumber dari Badan Informasi Geospasial (BIG). Data atribut berupa data demografi Kota Bandung. Produk dari tahapan ini adalah batasan wilayah umum penelitian bergeorefensi.
2. Kajian Komprehensif Komponen Penentu Nilai Bidang Tanah di Perkotaan. Tahapan berikutnya dalam penelitian adalah mengkaji secara komprehensif komponen penentu nilai bidang tanah di perkotaan sebagai berikut.
   a. Faktor Fisik = f (Kondisi lingkungan, lokasi, ketersediaan fasilitas sosial)
   b. Status hak penguasaan tanah/aspek legalitasnya = f (Hak Milik, Hak Guna Bangunan, Hak Guna Usaha, Hak Pakai atas tanah negara atau Hak Pakai atas tanah Pemerintah Daerah, Hak Pengelolaan atas tanah negara, Hak Membuka/Memungut hasil hutan)
   c. Faktor Sosial = f (Jumlah penduduk, Jumlah keluarga, Tingkat pendidikan, Tingkat kejahatan, Pola penggunaan tanah)
   d. Faktor Ekonomi = f (Permintaan, Penawaran)
   e. Faktor Pemerintah = f (Kebijakan pemerintah bidang pengembangan atau penggunaan tanah, Penyediaan fasilitas dan pelayanan oleh pemerintah)

   Produk dari tahapan ini adalah komponen penentu nilai bidang tanah teruji dan tervalidasi.
3. Penerapan Model Persamaan Simultan. Komponen penentu nilai bidang tanah teruji dan tervalidasi selanjutnya akan menjadi masukan dalam model persamaan simultan. Produk dari tahapan ini adalah nilai bidang tanah yang memiliki tingkat akurasi tinggi.
4. Penerapan Nilai Tunggal untuk Berbagai Kepentingan (*Single Value for Multipurpose*). Nilai bidang tanah yang memiliki tingkat akurasi tinggi kemudian akan dijadikan sebagai nilai tunggal untuk berbagai kepentingan (*single value for multipurpose*). Nilai tunggal ini mempunyai banyak peran dalam perekonomian antara lain : (1) peran dalam penyelenggaraan pemerintah Pusat dan Daerah; (2) peran dalam perpajakan; (3) peran sehubungan dengan perbankan; dan (4) sebagai referensi dalam pembuatan peta zona nilai tanah yang diaplikasikan di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional dan Dinas Pendapatan Daerah.
5. Rekomendasi dan Pelaporan. Sebagai kegiatan pamungkas dari seluruh rangkaian penelitian adalah menyampaian rekomendasi dan pelaporan. Melalui penelitian ini diharapkan berkontribusi secara keilmuan sebagai referensi bagi pemerintah dalam penentuan kebijakan demi kesejahteraan rakyat.

Berikut visualisasi bagan alir penelitian (*fishbone diagram*).



Gambar 13 Alur Penelitian

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Saat ini penilaian bidang tanah di Indonesia pada umumnya menggunakan pendekatan perbandingan harga pasar. Hal ini masih menyisakan permasalahan, yakni teknis perhitungan penilaian bidang tanah masih bersifat subjektif dengan merata-ratakan nilai pasar (minimal 3 sampel). Dalam hal ini jumlah sampel belum cukup untuk menilai bidang tanah. Hasil penilaian tidak mencerminkan nilai yang sebenarnya.

Untuk mengatasi kelemahan penilaian bidang tanah ini maka model persamaan simultan dipilih untuk diterapkan dalam penilaian bidang tanah di perkotaan. Persamaan simultan memiliki keunggulan dalam memodelkan fenomena sosial yang kompleks. Penilaian bidang tanah merupakan hal sangat kompleks, diindikasikan dengan banyaknya komponen penentu nilai tanah.

Nilai tanah ditentukan oleh faktor fisik, status hak penguasaan tanah/aspek legalitasnya, faktor Sosial, faktor ekonomi, dan faktor pemerintah. Dalam hal ini faktor fisik memiliki pengaruh yang sangat kuat dalam penentuan nilai tanah.

Komponen penentu nilai bidang tanah teruji dan tervalidasi selanjutnya dikemas dalam model persamaan simultan. Produk dari tahapan ini adalah nilai bidang tanah yang memiliki tingkat akurasi tinggi.

Kesimpulan dan Saran

Model persamaan simultan dipilih untuk diterapkan dalam penilaian bidang tanah adalah karena persamaan simultan memiliki keunggulan dalam memodelkan fenomena sosial yang kompleks. Penelitian ini adalah dihasilkan model nilai bidang tanah di perkotaan yang selanjunya akan dijadikan sebagai nilai tunggal untuk berbagai penilaian (*single value for multipurpose*). Nilai tunggal ini sangatlah diperlukan untuk memfasilitasi berbagai kepentingan penilaian properti.

Untuk menghasilkan model persamaan nilai tanah yang memiliki tingkat akurasi tinggi, harus didukung dengan data bidang tanah secara spasial dan atribut yang difasilitasi oleh instansi pemerintah. Dalam hal ini pertukaran data bidang tanah idealnya dapat dengan mudah diakses dalam mendukung penelitian.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada Kepala Kantor Wilayah Provinsi Jawa Barat dan Kepala Kantor Pertanahan Kota Bandung atas dukungan data bidang tanah, status kepemilikan hak atas tanah, dan peta zona nilai tanah. ucapan terima kasih patut saya sampaikan kepada Dinas Pelayanan Pajak Kota Bandung atas dukungan data peta blok dimana menggambarkan setiap bidang objek PBB P2.

Daftar Pustaka

ATR/BPN. (2016). *Peta Bidang Tanah Kota Bandung*.

Badan Pusat Statistik. (2013). *Data Inflasi Indonesia 2010-2013.*

http://galerydata.blogspot.com

Hidayati, W. (2001). *Konsep Dasar Penilaian Properti.* Yogyakarta: BPFE Yogyakarta.

Peraturan Menteri Keuangan No.66/PMK.011/2012 tentang Sasaran Inflasi tahun 2013, 2014, dan 2015.

Sulasdi, W. N. (2013). *Catatan Kuliah Filsafat Ilmu.*

Tilaar, S. (2013). Kajian Nilai Lahan Permukiman di Wilayah Kecamatan Malalayang Kota Manado. Jurnal Sabua Vol.5, No.2, Agustus 2013, 96-102.

Kajian Roadmap Implementasi KerangkaTeknis *Fit-for-purpose Land Administration* sebagai Best Practice Terkini untuk Administrasi Pertanahan di Indonesia

Hendry Yuli Wibowo[a]

[a,] Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan (wibowo.hendry@gmail.com)

ABSTRACT

Significant targets in One Map Policy are designed by the President as a benchmark for land administration services. The targets need to be done by Ministry of Agrarian and Spatial Planning/National Land Agency in line with RPJMN 2015-2019 as well as priority agendas of Nawa Cita. Several target need to be done shortly on 2017 are: Prona 5 million parcels; complete mapping of DKI Jakarta, Surabaya City and Batam City; and agrarian reform by redistributing abandoned land. The first two programs need to be done on 2017 while the third is stretched during 2017 and 2019. The ministry through Directorate General of Agrarian Infrastructure as the principal advisor and as main controller is formulating roadmap of major infrastructure in the form of five vital components to achieve the targets in the frame of Fit-for-purpose Land Administration. The components are: 1. Quality enhancement of GeoKKP, 2. Mapping using photogrammetric method, 3. Deregulation of Licensed Surveyor, 4. Review and improvement of supporting regulation and 5. Provide sufficient budgeting that supported by acquiring base registration base map as well as high resolution satellite iamge to develop parcel-based Land Geospatial Information System. This paper is composed using literature review method with anticipated result of comprehensive analysis and alternative of solution that can be used as decision making base of sustainable development of the Directorate General as well as the Ministry.

Keywords Fit-for-Purpose Land Administration, Parcel-based Geospatial Information system, One Map Policy

Pendahuluan

RPJMN

Bercermin kepada Rencana Pembangunan Janga Kemengah Nasional yang dicanangkan oleh Presiden pada tahun 2015 untuk diimplementasikan pada 2015 hingga 2019, dapat dilihat beberapa program strategis nasional yang berakitan erat dengan pembenahan administrasi pertanahan diIndonesia. Beberapa diantaranya adalah Pembangunan Sumber Daya Manusia, Keberdayaan, dan Modal Sosial Budaya Masyarakat Desa yang dilaksanakan dengan salahsatu strategi berupapeningkatan perlindungan masyarakat adat termasuk hak atas tanah adat/ ulayat (poin c) dan pemberdayaan masyarakat desa/masyarakat adat dalam mengelola dan memanfaatkan tanah dan SDA termasuk pengelolaan kawasan pesisir dan laut yang berkelanjutan.

Program nasional lain yang berkaitan dengan pertanahan adalah program Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan Hidup Berkelanjutan, Penataan Ruang Kawasan Perdesaan, serta Mewujudkan Kemandirian Pangan yang dilaksanakan melalui strategi: (a) menjamin pelaksanaan distribusi lahan kepada desa dan distribusi hak atas tanah bagi petani, buruh lahan, dan nelayan; (b) menata ruang kawasan perdesaan untuk melindungi lahan pertanian dan menekan alih fungsi lahan produktif dan lahan konservasi; (c) meningkatkan kemandirian pangan melalui penjaminan hak desa untuk memanfaatkan dan mengelola sumber daya alam berskala lokal (pertambangan, kehutanan, perikanan, peternakan, agroindustri kerakyatan) (RPJMN, 2015)

Efek penataan agraria yang baik kemudian akan terindikasi kepada menurunnya frekuensi dan luasan penebangan liar. Untuk keperluan ini salahsatu arah kebijakan pemerintah adalah percepatan penyelesaian tata batas dan pengukuhan kawasan hutan, yang dilaksanakan dengan peraturan bersama Kemenhut, Kemendagri, PU dan BPN tentang Penyelesaian Penguasaan Tanah di dalam Hutan; (RPJMN, 2015)

Renstra Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN

Program-program strategis pemerintah didefinisikan lebih lanjut dalam dokumen

rencana strategis Kementerian agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional. Khusus untuk direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan, arah kebijakannya adalah: Penyediaan Peta Dasar dan infrastruktur lainnya bagi kepentingan agraria, tata ruang dan pertanahan merupakan upaya mewujudkan sistem pendaftaran tanah stelsel positif. Program utama adalah penyiapan Peta Dasar skala besar, pengukuran dan pemetaan bidang tanah selama lima tahun sebanyak 9 juta hektar (dikonversi dalam bidang menjadi 18 juta bidang) dengan target per tahun disesuaikan dengan ketersediaan anggaran, integrasi tata batas kawasan hutan ke sistem pendaftaran tanah dan sosialisasi tanah adat/ulayat, peningkatan kualitas bidang tanah terdaftar yang bergeorefensi serta penyiapan model



pelaksanaan pendaftaran tanah stelsel positif (PMATR/KBPN, 2015)

Gambar 1. Roadmap Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan (Dirjen IK, 2016)

Data dari Pusat Data dan Informasi Kementerian ATR/BPN menunjukkan bahwa dari perkiraan 100 juta bidang tanah di Indonesia, jumlah bidang tanah terdaftar hingga pertengahan 2016 adalah sekitar 41 juta bidang, namun yang tervalidasi (baik secara spasial maupun tekstual) baru sekitar 5 juta bidang (BPN, 2016)



Gambar 2. Jumlah bidang tanah dan tabulasi bidang tanah bersertifikat (BPN, 2016)

Mengingat strategisnya sasaran pemerintah dalam rencana nasional jangka menengah tersebut, maka Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Naasional melalui Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan bersama dengan Bidang dan Seksi Survei, Pengukuran dan Pemetaan di Kantor Wilayah dan Kantor Pertanahan di Indonesia memprioritaskan akselerasi kegiatan survei pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia yang nantinya akan mempercepat pula proses registrasi dan administrasi bidang-bidang tanah tersebut. Dalam hal ini, tugas pokok Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan adalah untuk menyelenggarakan perumusan dan pelaksanaan kebijakan di bidang survei, pengukuran, dan pemetaan sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Metodologi

Data yang dipergunakan untuk makalah ini mencakup data-data kebijakan teknis Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan, data ketersediaan peta dasar pendaftaran di seluruh Indonesia yang diperoleh dari website GeoCMS, geospasial.bpn.go.id, serta data-data bidang tanah terdaftar yang dipublikasikan di website resmi www. bpn.go.id. Data-data tersebut dibandingkan dengan konsep Fit-For-Purpose land administration yang terdapat dalam report 2/2016 Guiding Principles for Country Implementation. Hasil perbandingan tersebut beserta rekomendasi tindak lanjut dijelaskan pada bagian hasil dan pembahasan.

Bagian Metodologi (penelitian) mencakup uraian tentang data, peralatan, dan skenario/tahap penelitian yang telah dilakukan untuk mencapai tujuan. Diagram alir penelitian dapat ditambahkan dengan mempertimbangkan jumlah maksimum halaman paper.

Hasil dan Pembahasan

Komponen Akselerasi

Untuk melaksanakan akselerasi, terget pekerjaan survei pengukuran dan pemetaan dinaikkan secara signifikan pada tahun 2017. Beberapa target tersebut diantaranya adalah: Prona 5 Juta Bidang; Pemetaan Lengkap DKI Jakarta, Kota Surabaya dan kota Batam yang keduanya harus selesai pada 2017; serta Reforma Agraria dalam bentuk redistribusi tanah terlantar yang dilaksanakan sepanjang 2017-2019. Total bidang tanah untuk tiga kegiatan tersebut mencapat 7 juta bidang. Hal ini merupakan peningkatan signifikan dibandingkan tahun-tahun sebelumnya berdasarkan gambar 2 diatas.

Kementerian ATR/BPN melalui Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan sebagai pembina dan pemegang kendali terdepan meletakkan roadmap infrastruktur utama dalam bentuk lima komponen penting untuk pencapaian target tersebut dalam kerangka *Fit-for-purpose Land Administration*: 1. peningkatan kualitas GeoKKP, 2. pemetaan metode fotogrametris, 3. deregulasi surveyor berlisensi, 4. pengkajian regulasi pendukung dan 5. penganggaran yang memadai, yang kelimanya didukung dengan pengadaan peta dasar pendaftaran maupun citra resolusi tinggi untuk pembangunan sistem informasi geospasial pertanahan berbasis bidang tanah (Dirjen IK, 2016).

Rencana akselerasi kegiatan survei pengukuran dan pemetaan yang direncanakan oleh Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan dilaksanakan dalam keterbatasan dana dan target yang cukup tinggi sejalan dengan pandangan fit-for-purpose land administration. Data dari laporan FFP land administration menunjukkan bahwa di dunia saat ini terjadi gap yang tinggi diantara negara-negara yang memiiki sistem administrasi pertanahan yang efektif dengan negara-negara yang tidak. Perbandingannya adalah 30 bandimg 70 persen.

Konsep Fit-For-Purpose Land Admisnistration

FFP land administration muncul untuk memberikan solusi praktis yang dapat diimplementasikan oleh negara-negara berkembang untuk menyediakan keamanan kepemilikian untuk semua secara cepat dan terjangkau serta untuk menyediakan kontrol terhadap penggunaan lahan. Pendekatan FFP menyediakan solusi baru, inovatif dan pragmatis khusus untuk negara-negara berkembang dimana sistem administrasi pertahannya belum dapat memberi solusi nyata.

Karakter kunci dari FFP adalah:

29. **Fokus kepada tujuan**. Pendekatan baru ini fokus terhadap "apa" dalam kerangka outcome untuk mengamankan kepemilikian lahan untuk semua. Kedua, hal ini kemudian merujuk kepada 'bagaimana' hal tersebut dapat diraih. 'Bagaimana' tersebut harus didesain untuk menjadi yang paling 'fit' atau 'cocok' untuk mencapai tujuan 'apa'. Untuk keperluan ini frase "*As little as possible – as much as necessary*" secara sempurna merefleksikan pendekatan FFP.
30. **Fleksibilitas**. Pendekatan FFP adalah mengenai fleksibilitas dan dalam konteks kebutuhan ketelitian, untuk membentuk kerangka legal dan institusional untuk mengakomodasi sebaik mungkin kebutuhan masyarakat. Pendekatan FFP juga memberikan fleksibilitas untuk memfasilitasi kebutuhan untuk mengamankan berbagai macam bentuk kepemilikan lahan, mulai dari hak milik, hak pengelolaan hingga ke HGU maupun HGB (social and customary tenureship).
31. **Pengembangan bertahap**. Sistem ini harus didesain sedemikian rupa untukdapat emfasilitasi kebutuhan dasar masyarakat hari ini. Diperlukan identifikasi jalan yang paling optimal untuk mencapai tujuan tersebut dengan menakar **biaya, akurasi dan waktu** yang dibutuhkan. Hal ini membentuk apa yang disebut sebagai 'Minimun viable product'. Upgrade dan pengembangan bertahap dapat dilaksanakan seiring berjalannya waktu untuk merespon kebutuhan sosial dan legal serta berkembangnya kesempatan ekonomi.

Tabel 1. Prinsip kunci Pendekatan Fit-for-Purpose Land Administration (Enemark, et al., 2016)

Kerangka spasial	**Kerangka legal**	**Kerangka Institusional**
Batas fisik (Nampak) dibandingkan batas yang fixed.	Kerangka yang fleksibel didesain di atas garis administratif bukan kepada garis yuridis	Administrasi pertanahan yang baik bukan pembatasan birokratis
Pengunaan foto udara/citra satelit dibandingkan survey lapangan	Continuum atas kepemilikan, bukan hanya kepemilikan individual	Kerangka institusional yang terintegrasi bukan ego sektoral
Akurasi dihubungkan kepada tujuan bukan kepada standar teknis.	Perekaman yang fleksibel, bukan hanya satu tipe register	Pendekatan ICT yang fleksibel dan bukan mencari solusi technology terkini

Kebutuhan akan update dan kesempatan untuk upgrade dan pengembangan berkelanjutan	Memastikan kesamaam gender dalam kepemilikan lahan dan bangunan	Informasi tanah yang transparan dengan akses yang mudah dan murah untuk semua

Ketelitian Penggunaan Citra Satelit Resolusi Tinggi untuk kegiatan pertanahan digunakan di Nepal oleh Yagol Menunjukkan bahwa 80% batas persil dapat ditentukan dengan akurasi dan presisi yang dapat diterima sesuai dengan standar survei kadastral. Penggunaan CSRT juga menghasilkan update yang cepat untuk peta kadastral dengan cara yang mudah dan murah. Namun, deviasi yang cukup besar terjadi diantaranya pada area dengan tutupan lahan yang mirip, kanopi tinggi diatas batas persil (Yagol, et al., 2015). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Altan et al di Turki yang menunjukkkan bahwa Citra Satelit Resolusi Tinggi (dari Ikonos, Quickbirs dan foto udara) dapat digunakan untuk kegiatan pemetaan skala menengah/besar (1:6.000 hingga 1:10.000) (Orhan & Veysel Okan, 2007). Sementara di Indonesia, penelitian oleh Wijaya, et al menunjukkan bahwa kesalahan hasil prosentase selisih luas antara luas hasil survei lapangan dengan luas hasil digitasi citra adalah karena proses pricking, untuk daerah sawah, kesalahannya luas adalah sebesar 0,69% sementara untuk daerah perumahan 1,46%dan untuk area campuran kampung 0,93 %. Ketelitian di daerah sawah disebabkan karena mudahnya identifikasi batas. (Wijaya, et al., n.d.).

Dari data geospasial.bpn.go.id, ketersediaan peta dasar keseluruhan yang mencakup peta dasar skala 1:2.500 dan 1:10.000 adalah sebagai berikut:

Ketersediaan data pada tabel dibawah belum termasuk citra satelit dan/atau peta foto yang dimiliki oleh Kantor wilayah dan kantor pertanahan setempat yang diperoleh dengan dana non APBN (seperti APBD, pemda, dll).

Tabel 2. Ketersediaan peta dasar dan Citra Satelit Resolusi Tinggi (Singagerda, 2016)

Item	Luas (Ha)	Prosentase terhadap wilayah non-hutan
Luas Wilayah Indonesia	189,060,319	-
Luas non-hutan (dpt dipetakan)	**64,278,411**	**100%**
Sudah memiliki peta dasar	24,191,831	37,6%
Belum memiliki peta dasar	40,086,580	62,4%
Cakupan Citra Satelit Resolusi Tinggi	41,859,922	65,1%
Area belum memiliki Citra Satelit Resolusi Tinggi	19,578,758	34,9%

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Mempertimbangkan hasil inventarisasi ketersediaan peta citra diatas, implementasi kerangka teknis Fit-For-Purposse Land Administration untuk akselerasi survei pengukuran dan pemetaan bidang tanah di Indonesia menggunakan citra satelit resolusi tinggi hendaknya dibagi menjadi dua komponen utama sebagai berikut:

1. Untuk area yang **sudah tersedia peta dasar pendaftaran** dan/atau peta citra atau peta foto tegak untuk dijadikan objek kegiatan prona metode sistematik di masa yang akan datang dengan urutan prioritas kepada:
   a. **Desa yang berbatasan dengan kawasan hutan**. Hal ini harus dilakukan untuk memperoleh data yang akurat mengenai batas kawasan hutan hingga ke level persil. Identifikasi batas areal kawasan hutan ini kelak akan menjadi dasar pengambilan kebijakan yang efisien dan efektif baik bagi pegawai Kementerian ATR/BPN dalam registrasi bidang tanah, kehutanan untuk inventaris penggunaan tanah, maupun instansi terkait lainnya seperti Pemda setempat dalam rangka pengambilan kebijakan yang berkaitan dengan tanah
   b. **Kawasan rural (pedesaan) dan perkebunan**. Area buffer di luar kawasan hutan ini biasanya digunakan sebagai kawasan perkebunan dan persawahan. Keberadaan batas-batas sawah, maupun kebun yang cenderung

mudah diidentifikasi di atas citra atau foto udara akan mempercepat proses deliniasi dan recording data bidang-bidang tanah. Berdasarkan jumlah bidang terpetakan pada lokasi sampel diatas akan meningkat signifikan.

c. Dalam hal ini **kawasan urban** adalah prioritas terakhir mengingat kompleksitas yang akan ditemui di lapangan saat proses deliniasi. Penggabungan dengan metode terestris sangat dianjurkan

2. Prioritas selanjutnya adalah untuk area yang **belum memiliki data** peta dasar pendaftaran maupun peta citra atau foto udara tegak. Untuk area ini mutlak diperlukan kegiatan akuisisi data pembuatan peta dasar, CSRT atau foto udara. Salah satu opsi yang dapat dipertimbangkan adalah penggunaan drone dan GCP untuk memperoleh foto udara tegak dengan resolusi tinggi.

Saran

Diskusi lebih lanjut di tingkat direktorat Jenderal dan kementerian ATR/BPN secara umum melibatkan instansi terkait seperti Pemda, BIG, dan kehutanan harus dilaksanakan untuk membahas tingkat ketelitian hasil deliniasi peta foto menggunakan pendekatan FFP land Administration ini.

Demikia pula pembedaan strategi serta pembiayaan keagiatan survei pengukuran dan pemetaan untuk wilayah urban, rural dan plantation perlu dilakukan terintegrasi dalam konteks FFP tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktur Jenderal Infrastruktur Keagrariaan beserta seluruh jajaran eselon II, II dan IV di Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan serta kepada Jurusan Teknik Geodesi dan tim Jurnal Geospasial Teknik Geodesi FT-UGM yeng telah memfasilitasi kegiatan Jurnal dan CGISE ini.

Daftar Pustaka

BPN, K. A. D. T. R. /., 2016. *Jumlah Bidang Tanah Bersertifikat per Tahun.* [Online] Available at: http://www.bpn.go.id/Publikasi/Data-Pertanahan/Bidang-Tanah-Bersertipikat/Per-Tahun [Accessed 10 October 2016].

Dirjen IK, 2016. *Presentasi Direktur Jenderal Infrastruktur Keagrariaan pada Rapat Koordinasi Dirjen IK 27 Juli 2016,* 2016: Dirjen IK.

Dirjen IK, 2016. *Rencana Aksi Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan Untuk Percepatan Program Pertanahan.* Jakarta: s.n.

Enemark, S., McLaren, R. & Lemmen, C., 2016. *FIT-FOR-PURPOSE LAND ADMINISTRATION GUIDING PRINCIPLES FOR COUNTRY IMPLEMENTATION*, s.l.: UN-Habitat.

Orhan, A. & Veysel Okan, A., 2007. *INVESTIGATION OF GEOMETRIC ACCURACY AND FEATURE COMPILATION*. Tampa, Florida, ASPRS 2007.

PMATR/KBPN, 2015. *PMATR/KBPN tentang Renstra Kementerian ATR/BPN Tahun 2015-2019.* Jakarta: s.n.

PMNA, 1997. *Peraturan Menteri Negara Agraria/KBPN Nomor 3 Tahun 1997.* s.l.:s.n.

RPJMN, 2015. *Buku I RPJMN 2015 - 2019.* s.l.:s.n.

Singagerda, F., 2016. [Online] Available at: http://geospasial.bpn.go.id/documents/255 [Accessed 10 Oktober 2016].

Singagerda, F., 2016. *REKAPITULASI DATA DASAR PERTANAHAN*. [Online] Available at: http://geospasial.bpn.go.id/documents/254 [Accessed 10 Oktober 2016].

Wijaya, A. P., Haryanto, T. & Chatarina, N., n.d. *Evaluasi Ketelitian Luas Bidang Tanah Dalam Pengembangan Sistem Informasi Pertanahan.* Malang: ITS.

Yagol, P. et al., 2015. *Comparative study on Cadastral Surveying using Total Station and High Resolution Satellite Image.* Kathmandu, Nepal, s.n.

Otomasi Manajemen Peta untuk Identifikasi Informasi Geospasial di Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat

Farizal Arma Bandhono, S.Tr.[a], Arief Syaifullah, S.T., M.Si.[b], Theresia Supriyanti, S.Si.T., M.T.[c]

[a]Staf Seksi SPP Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat (e-mail : woyoudodo@gmail.com)
[b]Kepala Prodi Diploma IV Pertanahan STPN (e-mail : ariefsyaif69@gmail.com)
[c]Dosen Pengajar STPN (e-mail : theresia75@gmail.com)

ABSTRACT

Automation Management Map aims to manage vector and analog maps so it can be used to spatial analysis quickly and accurately for identify geospatial information in Regional Office BPN Kalimantan Barat. This activity of identification geospatial information in the form of analysis spatial for location of the HGU request, Legalization of assets, and Land Acquisition of Public Interest. This automation program also to facilitate the needs of spatial analysis there has been no on Geo KKP application. It is hoped this automation program will be developed for the needs of one maps and analysis spatial in the Regional Office and Land Office ATR/BPN in Indonesia.

Making this automation program uses Research and Development method receded by analysis user and system needs. This automation program is built by integrating open source software PostgreSQL, XAMPP, PHP and OpenStreetMap.

This automation program is able to manage vector and analog maps that integrated each other, then it is able to analysis spatial quickly and accurately. The result of analysis spatial is spatial information be accompanied the description of extents intersect results in overlay some of maps. This automation program is able to analysis spatial with different coordinate system, then to calculate the area of intersect result that calculated using coordinate system TM 3˚ Zone 49.1. Accuracy of calculation that produced between ArcGis Software and this automation program are not happen the significant difference.

Keywords: *Automation, Management Map, PostgreSQL, Spatial Analysis, Geospatial Information*

PENDAHULUAN

Kondisi manajemen peta yang ada di Bidang Survei Pengukuran dan Pemetaan Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat belum sepenuhnya dikatakan ideal. Hal tersebut dikarenakan peta-peta vektor (digital) dan analog (*hardcopy*) belum dimanajemen dalam basis data digital menjadi peta tunggal (*one map*). Peta-peta vektor (digital) yang ada antara lain; Peta Administrasi Kabupaten, Peta Indeks Citra, Peta Kawasan Hutan SK No. 259, Peta Kawasan Hutan SK No. 936, Peta Kawasan Hutan SK No. 733, Peta Indikatif Penundaan Pemberian Izin Baru (PIPPIB), Peta Legalisasi Aset dan Peta Kadastral HGU. Peta-peta analog (*hardcopy*) adalah peta cetakan yang disimpan dalam bentuk gulungan dengan berbagai kondisi yaitu sudah berkoordinat dan koodinat masih lokal.

Permasalahan yang ada adalah pencarian peta yang sulit dilakukan, analisis spasial (*overlay*) terhadap peta vektor dan analog membutuhkan waktu yang lama dikarenakan peta-peta tersebut belum saling terintegrasi serta perencanaan lokasi legalisasi aset sulit dilakukan. Kondisi tersebut mengakibatkan tumpang tindih bidang tanah yang dapat berujung terjadinya sengketa, konflik dan perkara pertanahan.

Kondisi manajemen peta yang ideal adalah peta-peta vektor dan analog dapat dikelola ke dalam sitem basis data secara digital dan dapat digunakan untuk keperluan pekerjaan identifikasi infomasi geospasial. Pekerjaan identifikasi informasi geospasial tersebut diantaranya adalah analisis spasial tehadap permohonan lokasi Hak Guna Usaha (HGU), legalisasi aset dan pengadaan tanah untuk kepentingan umum. Kebutuhan seperti ini belum difasilitasi oleh Aplikasi Geo KKP Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/BPN.

Kondisi ideal tersebut seharusnya dapat dimiliki oleh Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat dengan adanya peraturan-peraturan dan perkembangan teknologi informasi yang ada. Undang-Undang No. 4 Tahun 2014 tentang informasi geospasial, Undang-Undang N0. 11

tahun 2008 Pasal 5 ayat 1 tentang informasi dan transaksi elektronik, Peraturan Pemerintah No 24 tahun 1997 Pasal 35 ayat 5 dan 6 tentang sistem penyimpanan daftar umum dan dokumen secara digital, PMNA No. 3 tahun 1997 tentang pengarsipan peta, GIM, pendaftaran tanah dan Keinginan *One Map Policy* jika dikolaborasikan dengan adanya *software-software open source* seperti PostgreSQL, XAMPP, PHP dan OpenStreetmap membuat hal tersebut menjadi suatu kewajiban yang harus dilaksanakan.

Pembangunan otomas manajemen peta menggunakan software utama PostgreSQL dengan ekstensi Postgis digunakan untuk menyimpan peta-peta vektor dan analog ke dalam basis data. XAMPP untuk koneksi antara *client* dengan basis data, PHP untuk code membuat program, OpenStreetMap untuk menampilkan peta-peta vektor. Apabila manajemen peta sudah dibangun dan saling terintegrasi maka dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial (*overlay*) dengan cepat dan akurat. Hasil analisis spasial yang dihasilkan berupa informasi spasial berupa perpotongan-potongan hasil *overlay* dan keterangan luas yang informatif.

Otomasi manajemen peta ini dapat memfasilitasi kebutuhan manajemen peta dan analisis spasial yang belum difasilitasi oleh aplikasi Geo KKP. Kegiatan identifikasi informasi geospasial dengan adanya program otomasi ini dapat dilakukan dengan cepat dan akurat. Program otomasi ini mampu mengakomodir berbagai sistem koordinat dalam http://spatialreference.org/ sehingga dapat digunakan di seluruh wilayah Indonesia, dengan demikian tujuan peta tunggal (*one map*) akan terwujud.

METODOLOGI

Metode Penelitian

Berdasarkan karakteristiknya penelitian ini menggunakan metode Penelitian dan Pengembangan atau *Research and Development* (R&D)

Lokasi Penelitian

Penelitian mengambil lokasi di wilayah administrasi 2 Kabupaten Sanggau dan Sekadau Provinsi Kalimantan Barat. Pemilihan lokasi didasari dengan beberapa alasan diantaranya untuk pengujian analisis spasial program otomasi yang mampu menganalisis di 2 (dua) zona sistem koordinat yang berbeda, merupakan daerah strategis pengembangan untuk investasi perkebunan kelapa sawit, banyaknya kegiatan legalisasi aset, dimungkinkan kegiatan pengadaan tanah untuk pengembangan pembangunan trans kalimantan.

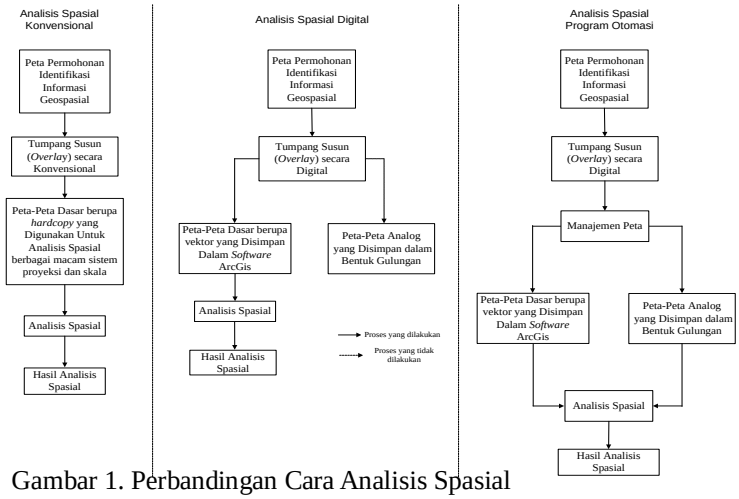
Alat Penelitian

1. 1 (satu) set laptop Laptop Asus X450J
2. Modem

Bahan

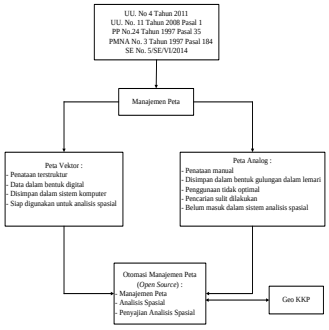
1. Peta Administrasi Kabupaten, Peta Indeks Citra, Peta Kawasan Hutan SK No. 259, Peta Kawasan Hutan SK No. 936, Peta Kawasan Hutan SK No. 733, Peta Indikatif Penundaan Pemberian Izin Baru (PIPPIB), Peta Legalisasi Aset dan Peta Kadastral HGUPeta-peta tematik wilayah Kabupaten Batang (peta administrasi, peta kemiringan lereng, peta curah hujan, peta ketinggian) dalam bentuk *shape file* dengan atributnya yang disimpan dalam bentuk *.zip.*
2. *Software-software* PostgreSQL, XAMPP, PHP dan OpenStreetMap

Berikut ini merupakan gambar perbandingan cara analisis spasial konvensional, digital dan program otomasi yang diteliti.



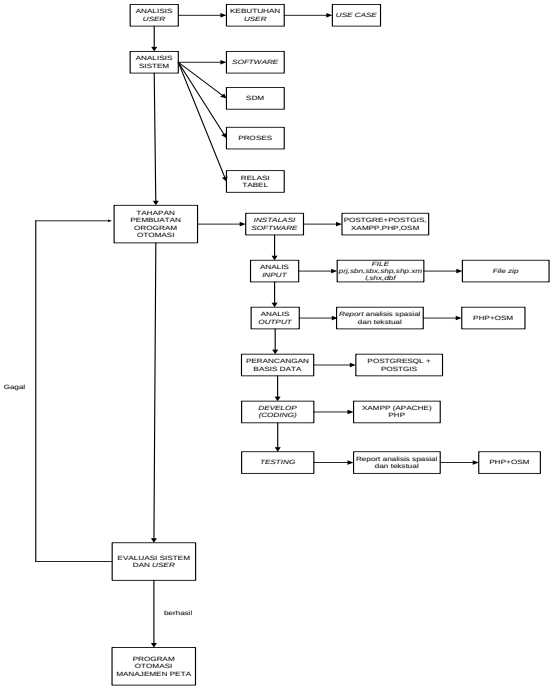
Gambar 1. Perbandingan Cara Analisis Spasial Konvensional, Digital dan Program Otomasi

Program otomasi yang diteliti setelah melihat gambar 1 maka diperoleh skema kerangka pemikiran seperti gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. Skema Kerangka Pemikiran

Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3. Tahapan Penelitian

Pertama, mengetahui potensi dan masalah yang ada terkait pekerjaan identifikasi informasi geospasial. Dari masalah tersebut kita dapat mengetahui kebutuhan yang seharusnya ada dengan melakukan analisis *user* dan sistem.

Kedua, melakukan instalasi *software-software open source* seperti PostgreSQL, XAMPP, PHP.

Ketiga, membangun manajemen peta-peta vektor analog ke dalam sistem penyimpanan basis data PostgreSQL pada ekstensi Postgis. Peta-peta vektor tersebut terdiri dari berbagai *file* yaitu .prj, .sbn, . sbx, .shp, .shp.xml, .shx, .dbf disatukan menjadi Format.zip. Peta-peta analog di-scan terlebih dahulu kemudian dicatat meta datanya. Kedua jenis peta tersebut setelah itu siap dimasukkan ke dalam basis data, dengan demikian manajemen peta berhasil dibangun. Kemudian dilanjutkan dengan mendefinisikan sistem koordinat yang diinginkan (sesuai dengan daerah masing-masing) ke dalam basis data sehingga dapat dilakukan pemrosesan baik untuk manajemen peta maupun untuk keperluan analisis spasial. Pendefinisian tersebut dapat dilakukan dengan menyalin kode EPSG dan SRID yang ada pada http://spatialreference.org/ ke dalam sistem basis data PostgreSQL.

Keempat, setelah manajemem peta berhasil dibangun maka dilanjutkan dengan pembangunan otomasi analisis spasial menggunakan perintah-perintah (*query)* dengan *software* PHP. Analisis spasial yang digunakan adalah *intersect* hasil dari overlay beberapa peta. Hasil analisis spasial ini berupa informasi spasial dan keterangan luas hasil intersect-intersect dari overlay beberpa peta, kemudian disajikan dalam bentuk yang informatif.

Kelima, program otomasi ini setelah dibuat maka dilakukan evaluasi terhadap *user*. Hal ini berfungsi untuk memperbaiki sistem agar sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

HASIL & PEMBAHASAN

Program otomasi ini dibuat dengan melakukan analisis *input* dan *output*. Analisis *input* yaitu mengelompokkan jenis-jenis peta vektor yang terdiri dari *file .prj, .sbn, . sbx, .shp, . shp.xml, .shx, .dbf* menjadi *format .zip* dan peta analog yang diitegrasikan. Analsis *output* yang dihasilkan adalah penyajian hasil analisis spasial berupa informasi spasial dan hasil penghitungan luasan hasil *intersect* dari *overlay* beberapa peta. Peta-peta vektor dan analog tersebut dimasukkan ke dalam basis data PostgreSQL, kemudian membuat perintah-perintah (*query*) analisis spasial dengan *software* PHP. PostgreSQL dan PHP dihubungkan dengan *software* XAMPP. Hasil analisis spasial tersebut ditampilkan melalui *browser* dan dihubungkan dengan OpenStreetMap. Program otomasi ini mampu melakukan analisis spasial dengan berbagai sistem koordinat seperti TM 3˚ Zona 49.1, TM 3˚ Zona 49.2, UTM Zona 49 N, UTM Zona 49 S dan sistem koordinat lain sesuai kebutuhan yang ditampilkan dengan menggunakan OpenStreetMap (SRID 93857 dan EPSG 3857), kemudian untuk penghitungan luas hasil *intersect* dihitung dengan menggunakan sistem koordinat TM 3˚ Zona 49.1. Proses analisis spasial tersebut dilakukan dengan cepat dan akurat serta disajikan dalam bentuk yang informatif. Ketelitian penghitungan yang dihasilkan antara *software* ArcGis dengan program otomasi ini tidak terjadi perbedaan yang signifikan dan masuk pada ketentuan tolerasi luas yang ada pada PMNA No. 3 Tahun 1997. Program otomasi ini setelah dibuat kemudian dilakukan evaluasi terhadap sistem dan kepuasan *user*. Hasil dari evaluasi tersebut bahwa program otomasi yang dibangun dapat dikatakan layak dan sesuai dengan kebutuhan *user*.

Program otomasi ini dijalankan menggunakan sistem *desktop* (masih *offline*), namun dalam pengembangan nantinya dapat juga

dikoneksikan dengan jaringan internet (diakses *online*).

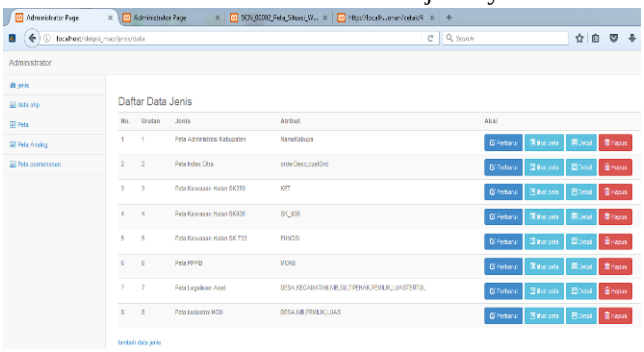
Berikut ini merupakan hasil program otomasi yang telah dibuat.



Gambar 4. Tampilan Menu Program Otomasi

Menu jenis merupakan menu yang berisi kumpulan dari 8 (delapan) jenis peta yang dijadikan sebagai peta dasar untuk keperluan analisis spasial (*overlay*). Di dalam menu tersebut diurutkan mulai jenis peta yang paling awal digunakan sampai yang paling akhir untuk analisis spasial kemudian menuliskan atribut-atribut yang akan digunakan dalam analisis spasial.

Pada menu tersebut terdapat menu seperti perbaharui, lihat peta, detail dan hapus. Fungsi menu perbaharui untuk memperbaharui jenis peta seperti nama jenis peta, atribut yang akan digunakan dan urutan proses analisis spasial *(overlay*). Kemudian adalah fungsi detail adalah untuk melihat jenis peta dan atribut yang digunakan untuk analisis spasial. Fungsi menu hapus adalah untuk menghapus jenis peta yang telah dimasukkan. Untuk lebih jelasnya bisa

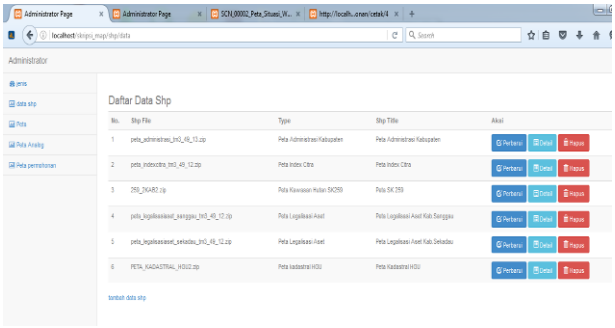


Gambar 5. Tampilan Menu Jenis

Menu Data *Shp* Merupakan menu yang digunakan untuk meng-*upload file-file* dalam bentuk *.zip* sesuai dengan jenis petanya kedalam peta dasar. *File .zip* tersebut merupakan penggabungan dari beberapa *file* seperti *.prj, .sbn, . sbx, .shp, .shp.xml, .shx* pada 1 (satu) jenis peta. Peta-peta tersebut di-*upload* kemudian diberi keterangan seperti jenis peta, judul peta dan sistem koordinatnya (kode EPSG dan SRID). Selanjutnya siap disimpan ke dalam basis data.

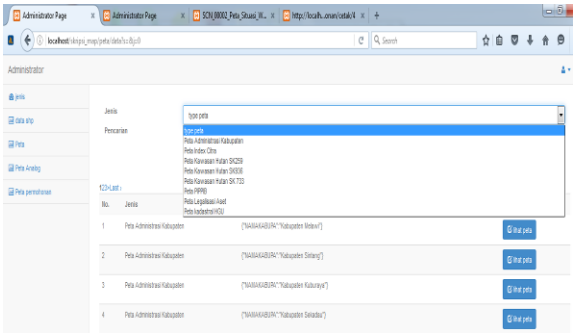
Setelah *file* dari salah satu jenis peta di-*upload* maka secara otomatis *file* tersebut akan terverifikasi apakah *file .zip* tersebut benar atau belum jika belum maka secara otomatis sistem akan menolak proses peng-*upload*-an dengan memberikan peringatan, namum jika berhasil maka secara otomatis *file* tersebut akan ter-*upload* dan siap disimpan ke basis data. Tujuan verifikasi otomatis ini adalah untuk mencegah kerusakan basis data akibat data-data yang tidak benar format-nya. *File* yang sudah ter-*upload* dapat juga dilakukan dengan menu cek peta untuk mengetahui kebenaran posisinya.Menu yang lain sama seperti dengan menu yang ada pada menu jenis yaitu perbaharui, detail dan hapus.

Jenis-jenis peta tersebut diurutkan berdasarkan urutan proses analisis yang pertama hingga terakhir. Kumpulan jenis-jenis peta tersebut disebut dengan peta dasar dengan 1 (satu) sistem koordinat yaitu TM 3 Zona 49.1 . Dijadikannya kedalam 1 (satu) sistem koordinat peta tersebut adalah untuk mempermudah dalam menyatukan peta dan menghitung luas hasil analis spasial. Gambar 6 berikut merupakan tampilan menu Data *Shp*.



Gambar 6. Tampilan Menu Data *Shp*

Menu Peta merupakan menu yang digunakan untuk mencari peta-peta vektor yang telah masuk ke dalam basis data dengan cepat dan melihatnya pada OpenStreetMap. Pada menu ini kita juga dapat mengetahui jumlah bidang yang telah ter-*upload* sesuai *file .shp* yang ada. Gambar 7 berikut ini merupakan tampilan Menu Peta.



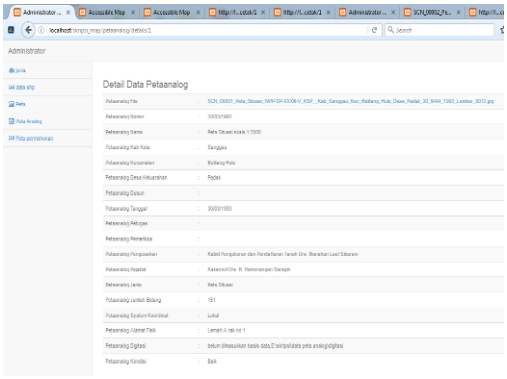
Gambar 7. Tampilan Menu Peta

Menu Peta Analog merupakan menu yang digunakan untuk manajemen peta analog yang sudah di-*scan* dengan berbagai kondisi misalnya:

a. sudah di-*scan* saja
b. sudah di-*scan* dan didigitasi
c. sudah di-*scan*, didigitasi, direktifikasi
d. sudah di-*scan*, didigitasi, direktifikasi dan dimasukkan ke dalam basis data

Peta yang sudah di-*scan* kemudian di-*upload* pada sistem kemudian melakukan pencatatan meta data yang ada pada peta analog tersebut seperti judul peta, nomor peta, letak posisi peta secara administratif, tanggal peta, petugas, pemeriksa, pengesahan, pejabat, jenis, jumlah bidang, sistem koordinat, alamat penyimpanan, alamat penyimpanan digitasi dan kondisi. Pada menu ini berfungsi untuk melakukan pencarian peta analog dengan cepat berdasarkan atribut (meta data) peta analog yang ada.

Pada menu peta analog juga terdapat beberapa menu diantaranya perbaharui, detail dan hapus. Gambar 8 berikut ini merupakan tampilan Menu Peta Analog.

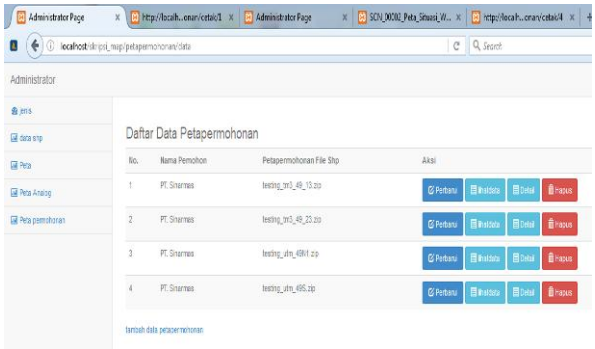


Gambar 8. Tampilan Menu Peta Analog

Menu Peta Permohonan merupakan menu yang digunakan untuk analisis spasial permohonan identifikasi informasi geospasial. Pada menu ini dapat menampilkan laporan hasil analisis spasial baik hasil *intersect* dari proses *overlay* dengan peta dasar maupun laporan tekstual luasan masing-masing hasil *intersect* secara keseluruhan.

Pada menu ini data permohonan yang akan dilakukan analisis spasial (*overlay*) dengan beberapa peta dasar berupa *file.zip* yang di-*upload* terlebih dahulu. Sistem akan membaca apakah *file* tersebut sudah sesuai ketentuan apa belum jika belum secara otomatis sistem akan menolak. Setelah berhasil di-*upload* maka dilanjutkan dengan mengisi data-data terkait *file* yang di-*upload* seperti jenis permohonan, nama pemohon, tanggal permohonan, luas permohonan, dusun, desa, kelurahan, kecamatan, kabupaten, EPSG, SRID, tanggal analisis dan petugas analisis.

Menu detail berfungsi untuk melihat hasil analisis spasial beserta informasi-informasi terkait. Di dalam menu detail terdapat menu tampilkan data dengan *filter* yang berfungsi untuk menyajikan hasil *intersect* secara keseluruhan atau hasil *intersect* sesuai dengan jenis peta dasar yang dipilih. Hasil menu tersebut adalah informasi hasil *overlay* terhadap jenis peta dasar yang bersinggungan disertai dengan jumlah luasan hasil *intersect* dalam satuan hektar (ha). Pada bagian akhir disertai dengan kesimpulan lokasi yang *clear and clean* dan dapat dilakukan pengukuran kadastral. Menu cetak dokumen berfungsi untuk mencetak laporan tekstual hasil analisis spasial secara keseluruhan. Menu tampilkan peta berfungsi untuk menampilkan hasil *overlay* secara keseluruhan atau berdasarkan jenis peta dasar yang dipilih. Pada menu ini dihubungkan secara *online* dengan peta OpenStreetMap dan untuk penyimpanannya dengan menggunakan *software* snipping tool yang secara otomatis tersimpan dalam bentuk gambar (.JPEG). Hal yang perlu dipahami disini adalah peta yang disajikan belum memenuhi kaidah peta sesuai ketentuan, namun peta hasil analisis spasial ini lebih difokuskan kepada penyajian informasinya. Gambar 9 merupakan tampilan Menu Peta Permohonan.



Gambar 9. Tampilan Menu Peta Permohonan

Program Otomasi Manajemen Peta Untuk Identifikasi Informasi Geospasial mampu melakukan manajemen peta-peta vektor dan analog. Sistem manajemen peta yang baik dapat digunakan untuk analisis spasial secara cepat dan akurat. Kemudian hasil dari analisis spasial yang dihasilkan informatif.

Keunggulan program otomasi ini sebenarnya juga dapat digunakan untuk analisis spasial dengan berbagai jenis peta yang digunakan sesuai dengan kebutuhan. Sebagai contoh misalnya jenis-jenis peta yang ada dapat ditambahkan atau diganti dengan peta

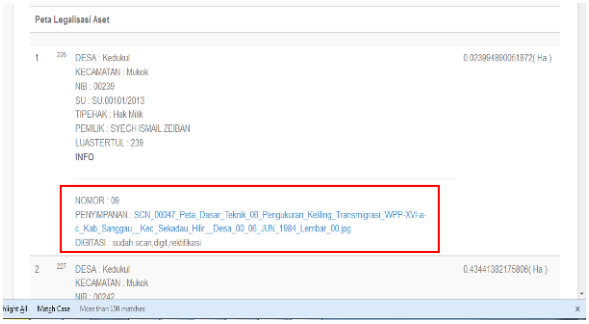
penggunaan tanah, kemampuan tanah dan peta-peta tematik lainnya, sehingga analisis spasial yang dihasilkan sesuai dengan kebutuhan. Untuk lebih jelasnya mengenai hasil analisis spasial program otomasi yang telah dapat dilihat pada gambar 10, 11 dan 12 berikut ini.



KESIMPULAN

KESIMPULAN 1		
PETA IG	255151.48872503 Ha	
Peta Kawasan Hutan SK259		53897.548840816 Ha
Peta Legalisasi Aset		9089.3568480017 Ha
Peta kadastral HGU		493.93293403747 Ha
SUBTOTAL	255151.48872503 Ha	63480.838622855 Ha
SISA	191670.65010217 Ha	
KESIMPULAN 2		
PETA IG	255151.48872503 Ha	
Peta Legalisasi Aset		9089.3568480017 Ha
Peta kadastral HGU		493.93293403747 Ha
SUBTOTAL	255151.48872503 Ha	9583.2897820392 Ha
SISA	245568.19894299 Ha	

Gambar 11. Hasil Analisis Spasial Berupa Informasi Tekstual



Gambar 12. Hasil Analisis Spasial Terintegrasi Dengan Informasi Peta Analog

KESIMPULAN & SARAN

Kesimpulan :

1. Program Otomasi Manajemen Peta Untuk Identifikasi Informasi Geospasial ini dibuat dengan mengintegrasikan *software-software open source* diantaranya PostgreSQL untuk penyimpanan basis data, OpenStreetMap untuk menampilkan peta, XAMPP untuk server yang berdiri sendiri (*localhost*) dan PHP sebagai bahasa pemrogramannya.
2. Program Otomasi Manajemen Peta Untuk Identifikasi Informasi Geospasial ini dapat melakukan manajemen peta vektor dengan berbagai sistem koordinat dan peta analog dengan berbagai kondisi, kemudian digunakan untuk keperluan analisis spasial. Analisis spasial dapat dilakukan dengan cepat dengan hasil yang akurat. Kecepatan dan keakuratan tersebut diperoleh dari perbandingan analisis spasial program otomasi dengan *software* ArcGis. Keakuratan tersebut dibuktikan dengan selisih luas *intersect* yang dihasilkan rata-rata 0,000156732 m^2.
3. Program Otomasi Manajemen Peta Untuk Identifikasi Informasi Geospasial dapat memfasilitasi kebutuhan analisis spasial yang belum ada pada aplikasi Geo KKP. Pada aplikasi Geo KKP hanya terdapat *warning system* apabila terjadi tumpang tindih bidang tanah, namun program otomasi ini mampu melakukan analisis spasial untuk penghitungan luasan yang tumpang tindih disertai dengan penampilan spasialnya.
4. Program otomasi juga akan digunakan sebagai alat atau piranti pengambil kebijakan pimpinan dalam kegiatan identifikasi informasi geospasial seperti analisis spasial terhadap lokasi permohonan HGU, analisis spasial terhadap lokasi legalisasi aset dan analisis spasial terhadap lokasi pengadaan tanah untuk kepentingan umum sebelum melakukan pengukuran kadastral menuju pembangunan yang berkelanjutan.

Saran :

1. Diharapkan program Otomasi Manajemen Peta Untuk Identifikasi Informasi Geospasial dapat segera diterapkan di Bidang SPP Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat kemudian dapat dijadikan percontohan bagi Kantor Wilayah BPN dan Kantor Pertanahan seluruh Indonesia.
2. Perlu penelitian dan pengembangan lebih lanjut agar program otomasi ini bisa diintegrasikan dengan program aplikasi lain yang sudah berjalan di Kantor Pertanahan yaitu Geo KKP.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih dan penghargaan karena tulisan ini dapat diselesaikan dengan baik antara lain ditujukan kepada :

1. Kanwil BPN Provinsi Kalimantan Barat : Dr. A. Samad Soemarga, S.H., M.H. Kepala Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat, Ir. R. Roestomo Eko Ernanto, M. Sc. Kepala Bidang SPP, Yuliana, S.H., M.Eng. Kepala Seksi Pengukuran Bidang, Chandra Setiawan, S.ST., M.Eng. Kepala Seksi Tematik, Fitzas, S.T. Staf Bidang SPP, Fathonah E.P. S.Tr. Staf Bidang SPP, seluruh Staf Bidang SPP.
2. STPN : Nuraini Aisiyah, S.Si.T, M.T., Tullus Subroto, S.Si., M.Si, Dr. Setiowati, M.Si., Ir. Eko Budi Wahyono, M.Si, Wahyuni, S.H., M.Eng, James J.F. Tirayoh, S.H., M.Si.

Daftar Pustaka

Gie, The Liang. 1992. *Administrasi Perkantoran Modern*. Yogyakarta: Liberty

Kraak, Menno-Jan dkk.2007. *Kartografi Visualisasi Data Geospasial Edisi Kedua*. Yogyakarta: Gajah Mada University

Press

Kadir, Abdul. 1999. *Konsep Dan Tuntunan Praktis Basis Data*. Yogyakarta: Andi Offset

Muhammad Zarnuji. 2015. Pembangunan Sistem Informasi Kearsipan Untuk pengelolaan GU (Studi di Kantor Pertanahan Kabupaten Lombok Utara). *Skripsi*. Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, (tidak dipublikasikan). Yogyakarta

Prahasta, Eddy. 2002. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis.* Bandung: Informatika

Prahasta, Eddy. 2012. *Tutorial PostGreSQL, PostGis dan pgRouting*. Bandung: Informatika

Riyanto, dkk. 2009. *Pengembangan Aplikasi Sistem Informasi Geografis Berbasis Desktop dan Web*. Yogyakarta: Gava Medi

Sugiono. 2013. *Metode Penelitian Pendidikan (Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D).* Bandung: Alfabeta

PERATURAN DAN PERUNDANG-UNDANGAN

Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial

Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi dan Transaksi Elektronik

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997.

WEBSITE

FauzanGhifari,PengertianOtomasi:http://fauzanghifari.blogspot.co.id/2013/08/pengertian-otomasi.html

http://naufansapoetra.blogspot.co.id/2015/11/cara-menghitung-kuesioner-skala-likert.html

http://spatialreference.org/ref/epsg

http://postgis.net/docs/index.html

Contact person :

Farizal Arma Bandhono, S.Tr.
Staf Seksi SPP Kantor Wilayah BPN Provinsi Kalimantan Barat
HP.085724143096
e-mail : woyoudodo@gmail.com

Membangun Basis Data Pertanahan Desa Melalui Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T) Partisipatif

Hary L. Prabowo[a]

[a,] Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN, Kantor Wilayah BPN Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta
(bersihbersinar@yahoo.co.id)

ABSTRAK

Sesuai amanat TAP MPR IX/2001 bahwa untuk merumuskan Arah Kebijakan Pembaruan Agraria perlu diselenggarakan pendataan pertanahan melalui inventarisasi dan registrasi penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah secara komprehensif dan sistematis dalam rangka pelaksanaan landreform. Pemerintah dalam hal ini Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) menyelenggarakan kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T). IP4T adalah kegiatan pendataan penguasaan, pemilikan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah, yang diolah dengan sistem informasi geografis, sehingga menghasilkan peta dan informasi mengenai penguasaan tanah oleh pemohon. Sayangnya, capaian kegiatan IP4T tersebut belum dapat memenuhi harapan. Basis data pertanahan belum terbangun secara menyeluruh. Untuk itu perlu ditempuh upaya untuk meningkatkan capaian dengan melibatkan partisipasi stake holder terkait.

Kegiatan IP4T selama ini diselengarakan oleh ATR/BPN, dan di sisi lain masyarakat merupakan obyek/sasaran kegiatan tersebut. Kegiatan IP4T itu sendiri terdiri dari (i) penyuluhan/sosialisasi kepada masyarakat, (ii) pengumpulan data P4T, sket dan toponimi, (iii) pengumpulan data potensi desa, (iv) pembuatan peta P4T desa, (v) analisa data dan (vi) pelaporan. Dalam tulisan ini akan dijelaskan mekanisme kegiatan IP4T yang melibatkan partisipasi aktif masyarakat dan pemerintah desa mulai dari penyusunan kelompok masyarakat sadar tertib pertanahan (pokmasdartibnah); proses pengumpulan dan pengolahan data; integrasi dengan peta desa dan pembangunan basis data pertanahan desa; dan proyeksi pemanfaatan hasil IP4T dalam pelayanan pertanahan oleh pemerintah desa.

Penyelenggaraan kegiatan IP4T oleh masyarakat dan pemerintah desa tidak akan menghilangkan peran ATR/BPN. ATR/BPN menyusun norma, standar dan kontrol kualitas pelaksanaan kegiatan IP4T. Diharapkan hasil kegiatan IP4T partisipatif tersebut dapat meningkatkan kualitas pelayanan pertanahan di tingkat desa sehingga memperlancar kegiatan sertipikasi tanah oleh ATR/BPN.

Kata kunci Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T), pemetaan partisipatif, peta desa

Pendahuluan

Dalam Ketetapan Majelis Permusyawaratan Rakyat nomor IX/MPR/2001 tentang Pembaruan Agraria dan Pengelolaan Sumber Daya Alam disebutkan dalam Pasal 5 ayat (1)c bahwa untuk merumuskan arah kebijakan pembaruan agraria perlu diselenggarakan pendataan pertanahan melalui inventarisasi dan registrasi penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah secara komprehensif dan sistematis dalam rangka pelaksanaan landreform (MPR, 2001). Sebagai implementasinya, pemerintah dalam hal ini Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN) menyelenggarakan kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T).

IP4T adalah kegiatan pendataan penguasaan, pemilikan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah, yang diolah dengan sistem informasi geografis, sehingga menghasilkan peta dan informasi mengenai penguasaan tanah oleh pemohon (ATR/BPN, 2016). IP4T telah dilaksanakan oleh ATR/BPN dengan berbagai variasi kegiatan sejak tahun 90an hingga sekarang. Selama ini, target kegiatan IP4T pertahun kurang dari 150.000 bidang, sehingga capaian kegiatan IP4T tersebut belum dapat memenuhi harapan. Dalam Rencana Strategis Kementerian ATR/BPN Tahun 2015 – 2019 kegiatan IP4T ditargetkan sebanyak lebih dari 18 (delapan belas) juta bidang (ATR/BPN, 2015). Akan tetapi kemampuan pemerintah dalam hal ini Kementerian ATR/BPN diragukan untuk memenuhi target kegiatan IP4T sekitar 4.500.000 bidang per tahun. Akibatnya, tujuan pembangunan basis data pertanahan untuk merumuskan arah kebijakan pembaruan agraria belum dapat dicapai.

Untuk itu perlu ditempuh upaya untuk meningkatkan cakupan IP4T di seluruh Indonesia dengan melibatkan partisipasi aktif *stake holder* terkait. *Stake holder* tersebut adalah masyarakat dan pemerintah daerah, dalam hal ini pemerintah desa.

Kegiatan IP4T

Sebagaimana telah disebutkan di muka, bahwa IP4T adalah kegiatan pendataan penguasaan, pemilikan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah, yang diolah dengan sistem informasi geografis, sehingga menghasilkan peta dan informasi mengenai penguasaan tanah oleh pemohon. Terdapat 4 (empat) komponen yang disebutkan dalam kegiatan IP4T, yaitu penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah. Penjelasannya sebagai berikut :

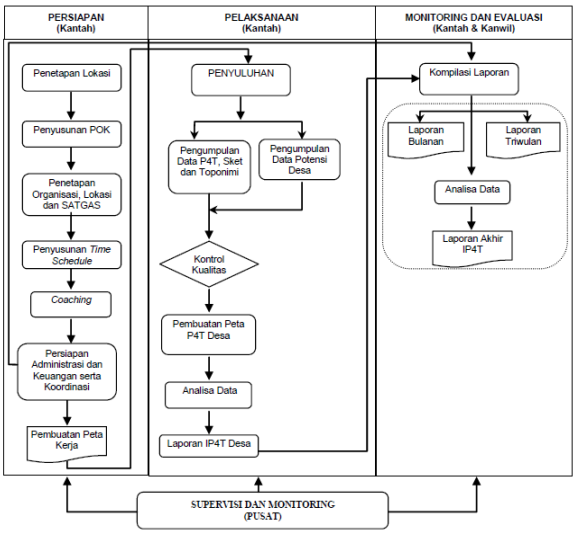
1. Penguasaan Tanah
   Penguasaan tanah adalah hubungan hukum antara orang per orang, kelompok orang, atau badan hukum dengan tanah sebagaimana dimaksud dengan Undang-undang Nomor 5 Tahun 1960 (BPN, 2004).
2. Pemilikan Tanah
   Pemilikan tanah adalah hubungan hukum antara per orang, kelompok orang, atau badan hukum yang dilengkapi dengan bukti kepemilikan baik yang sudah terdaftar (sertipikat hak atas tanah) maupun yang belum terdaftar (BPN, 2004).
3. Penggunaan Tanah
   Penggunaan tanah adalah wujud tutupan permukaan bumi baik yang merupakan bentukan alami maupun buatan manusia (BPN, 2004).
4. Pemanfaatan Tanah
   Pemanfaatan tanah adalah kegiatan untuk mendapatkan nilai tambah tanpa mengubah wujud fisik penggunaan tanahnya (BPN, 2004).

Selanjutnya 4 (empat) komponen tersebut diolah dan dikelola menggunakan sistem informasi geografis sehingga tersusun basis data pertanahan dalam tingkat satuan permukiman tertentu dalam bentuk peta, informasi dan hasil analisa.

Seluruh pengelolaan dan pengolahan kegiatan IP4T selama ini diselengarakan oleh ATR/BPN, dan di sisi lain masyarakat merupakan obyek/sasaran kegiatan tersebut. ATR/BPN berkoordinasi dengan pemerintah desa sebagai pemangku wilayah. Selanjutnya ATR/BPN menyelenggarakan pendataan P4T terhadap bidang-bidang tanah milik masyarakat tersebut.

Tahapan Kegiatan IP4T

Dalam pelaksanaannya, kegiatan IP4T dikelompokan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu: persiapan, pelaksanaan, dan monitoring dan evaluasi (monev). Sesuai Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah Tahun 2016 tahapan pelaksanaan kegiatan IP4T dapat dilihat pada Gambar 1. (ATR/BPN, 2016) berikut ini.



Gambar 1. Tahapan Pelaksanaan Kegiatan IP4T

Sumber : ATR/BPN, 2018

Tahap Persiapan

Tahapan Persiapan terdiri dari: (i) Penetapan Lokasi Kegiatan; (ii) Penyusunan Petunjuk Operasional Kegiatan (POK); (iii) Penetapan Pelaksana dan Satuan Tugas; (iv) Penyusunan Waktu Pelaksanaan Kegiatan (Time Schedule); (v) Pembekalan (Coaching); (vi) Persiapan Administrasi dan Keuangan dan (vii) Pembuatan Peta Kerja.

Untuk lokasi kegiatan IP4T diarahkan pada desa/kelurahan yang dalam wilayah administrasinya memenuhi salah satu kriteria sebagai berikut:

1. Desa/Kelurahan yang merupakan lokasi tanah obyek landreform (TOL) sesuai SK. TOL Lama atau SK. Kepala Inspeksi Agraria (Kinag) yang belum teridentifikasi secara tepat bidang-bidang Tanah dimaksud dalam SK.
2. Desa/Kelurahan yang terdapat Tanah Negara dengan penggunaan tanah pertanian yang dapat ditegaskan menjadi Tanah Obyek Landreform.
3. Desa/Kelurahan yang terdapat Tanah Kelebihan Maksimum, Absentee, Swapraja dan Bekas Swapraja.
4. Desa/Kelurahan yang memiliki potensi untuk ditindaklanjuti untuk kegiatan legalisasi aset seperti PRONA, Konsolidasi Tanah, dan lain-lain.
5. Desa/Kelurahan yang merupakan desa kegiatan IP4T tahun sebelumnya, namun belum desa/kelurahan lengkap.
6. Desa/Kelurahan yang terdapat konflik/sengketa pertanahan.
7. Desa/Kelurahan yang terdapat Lokasi Transmigrasi

8. Desa/Kelurahan yang terdapat Hak Guna Usaha yang dilepaskan secara sukarela kepada Negara
9. Desa/Kelurahan yang terdapat hasil penertiban Tanah Terlantar yang telah diterbitkan SK Tanah Cadangan Umum Negara (TCUN).
10. Desa/Kelurahan yang terdapat Tanah yang telah dilepaskan dari Kawasan Hutan

Tahap Pelaksanaan

Tahap Pelaksanaan terdiri dari (i) penyuluhan/sosialisasi kepada masyarakat, (ii) pengumpulan data P4T, sket dan toponimi, (iii) pengumpulan data potensi desa, (iv) kontrol kualitas, (v) pembuatan peta P4T desa, dan (vi) analisa data.

1. Penyuluhan
   Keberhasilan pelaksanaan kegiatan IP4T sangat ditentukan oleh kegiatan penyuluhan. Penyuluhan dilaksanakan oleh petugas/pelaksana yang berasal dari Kantor Pertanahan dan atau Kanwil BPN. Petugas/Pelaksana penyuluhan adalah mereka yang memahami dan mengerti kegiatan IP4T. Penyuluhan dilaksanakan di desa/kelurahan lokasi kegiatan. Hasil penyuluhan dituangkan dalam suatu Berita Acara dengan melampirkan Daftar Hadir Peserta Penyuluhan. Materi penyuluhan meliputi:
   a. Gambaran Umum Kegiatan IP4T yang mencakup: latar belakang, tujuan, dan tahapan pelaksanaan kegiatan.
   b. Peran serta masyarakat terhadap pelaksanaan kegiatan IP4T antara lain: berpartisipasi secara aktif dalam memberikan informasi tentang P4T terhadap bidang tanahnya masing-masing.
2. Pengumpulan Data P4T, Sket dan Toponimi
   Pengumpulan Data P4T, Sket dan Toponimi adalah kegiatan pendataan/survei P4T. Setiap bidang tanah yang ada di desa/kelurahan baik yang dikuasai perseorangan, bersama atau badan hukum (swasta/pemerintah), baik sudah bersertipikat maupun yang belum bersertipikat, baik pertanian atau non pertanian termasuk fasilitas umum dan sosial. Pengumpulan Data P4T secara langsung di lapangan dengan menggunakan Daftar Isian dan Peta Kerja. Pengumpulan Data P4T dilaksanakan dengan menggunakan Daftar Isian yang telah disediakan.
   Pengumpulan Data P4T juga dilengkapi dengan Sket dan Toponiminya yang dapat dibantu dengan alat GPS Navigasi. Pembuatan sket dan toponimi dilakukan pada Peta Kerja dengan cara mendelineasi garis batas bidang-bidang tanah.
   Pengumpulan Data P4T, Sket dan Toponimi dilaksanakan oleh Satgas Pengumpul Data P4T. Hasil pengumpulan data P4T di lapangan selanjutnya ditabulasi. Tabulasi data P4T dapat menggunakan format .xls (Excel).
3. Pengumpulan Data Potensi Desa/Kelurahan
   Pengumpulan data potensi desa/kelurahan adalah kegiatan mengumpulkan data sekunder desa/kelurahan guna memperoleh gambaran umum dan potensi desa/ kelurahan kegiatan IP4T. Data sekunder tersebut dapat diperoleh dari Kantor Desa Lokasi Kegiatan IP4T, Monografi Desa dan atau data profil desa dari Kantor Badan Pusat Statistik (BPS) setempat. Data Sekunder yang dikumpulkan bermanfaat untuk penyusunan laporan IP4T per desa/kelurahan. Pengumpulan Data Potensi Desa/Kelurahan dilaksanakan oleh Satgas Pengumpul Data P4T.
4. Kontrol Kualitas
   Kontrol kualitas mempunyai tugas untuk memastikan kelengkapan hasil pengumpulan data P4T, baik data P4T maupun data potensi desa/kelurahan sehingga akan diperoleh data yang lengkap dan valid sesuai Daftar Isian. Kontrol kualitas dilaksanakan oleh petugas yang ditunjuk. Hasil kontrol kualitas tersebut dibuatkan dalam suatu Berita Acara.
5. Pembuatan Peta P4T
   Sebelum pembuatan peta P4T, terlebih dahulu dilakukan penggabungan antara data spasial (Peta Deleniasi Sket Bidang Tanah) dan Data P4T yang telah ditabulasi dalam format Excel. Penggabungan kedua data base ini melalui *field* kunci yang sama, yaitu Nomor Inventarisasi. Pada tahap ini harus diyakinkan bahwa nomor inventarisasi dalam data spasial harus sama dengan nomor inventarisasi dalam data P4T.
   Setelah penggabungan kedua data base ini selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan Peta P4T oleh Petugas yang ditunjuk dengan menggunakan perangkat lunak berbasis Sistem Informasi Geografi (ArcGIS).
   Peta P4T dibuat dalam format shp yang terdiri dari: Peta Penguasaan Tanah, Peta Pemilikan Tanah, Peta Penggunaan Tanah, Peta Pemanfaatan Tanah yang dilengkapi dengan batas administrasi Desa/Kelurahan. Peta IP4T dibuat dalam ukuran A3 dengan legenda dan pewarnaan peta P4T mengacu kepada juklak yang ada dan merupakan bagian dari Laporan IP4T Desa/Kelurahan.
6. Analisa Data
   Analisa data merupakan kegiatan kategorisasi dan kalkulasi beberapa data P4T guna memperoleh informasi yang dibutuhkan. Analisa data P4T yang dilakukan meliputi:
   a. Struktur penguasaan dan pemilikan tanah;
   b. Jenis penggunaan dan pemanfaatan tanah;
   c. Potensi obyek landreform (tanah kelebihan maksimum, tanah absente, tanah bekas

swapraja dan tanah-tanah yang telah ditegaskan sebagai tanah obyek landreform) serta tanah-tanah garapan yang berstatus tanah negara;

d. Potensi legalisasi aset dan kegiatan pertanahan lainnya di desa/yang bersangkutan.
e. Lain-lain seperti indikasi tanah terlantar, sengketa, konflik dan perkara pertanahan.

Analisa data dilakukan oleh petugas yang ditunjuk.

Monitoring dan Evaluasi

Monitoring dan evaluasi (monev) dilaksanakan oleh petugas dari Kanwil BPN. Kegiatan monev tersebut untuk memantau dan memastikan bahwa pelaksanaan kegiatan IP4T sesuai dengan tahapan dan ketentuan yang telah diatur dalam Juklak IP4T.

IP4T Partisipatif

Di atas telah disampaikan mengenai prosedur IP4T yang diselenggarakan oleh ATR/BPN. Prinsip kegiatan IP4T adalah menuju "desa/kelurahan lengkap". Konsep desa lengkap adalah seluruh bidang-bidang tanah secara sistematis pada satu desa menjadi obyek kegiatan IP4T (yang dapat dilaksanakan dalam 1 tahun anggaran atau lebih dari satu tahun anggaran).

Untuk menghasilkan peta desa lengkap merupakan melalui kegiatan IP4T tidak bisa mengandalkan kemampuan pemerintah semata. Diperlukan alternatif upaya dengan melibatkan partisipasi aktif *stake holder* terkait yang disebut dengan IP4T Partisipatif. *Stake holder* tersebut antara lain : masyarakat, pemerintah desa, pemerintah kabupaten/provinsi dan kementerian lainnya. Selanjutnya akan disampaikan konsep IP4T partisipatif sebagai berikut :

Konsep umum

Bahwa seluruh proses tahapan inventarisasi P4T melibatkan peran aktif masyarakat, dari tahap persiapan, tahap pelaksanaan dan monitoring dan evaluasi. Masyarakat bertindak sebagai pelaksana sekaligus sebagai peserta. Pemerintah menyusun norma, standar dan kontrol kualitas pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif. Pemerintah juga menyelenggarakan pelatihan teknis untuk satgas dan menyediakan data dasar untuk menjamin *one map policy*.

Dalam pelaksanaannya, kegiatan IP4T Partisipatif dikelompokan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu: persiapan, pelaksanaan, dan monitoring dan evaluasi (monev).

Persiapan

Tahap persiapan meliputi : (i) Penyusunan petunjuk pelaksanaan kegiatan; (ii) Pembentukan kepanitiaan tingkat desa; (iii) Pembentukan pokmasdartibnah dan satuan tugas; (iv) Penyusunan waktu pelaksanaan kegiatan (*time schedule*); (v) Pembekalan (*coaching*); (vi) Persiapan administrasi dan keuangan dan (vii) Pembuatan peta kerja.

Penyusunan Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan

Petunjuk pelaksanaan kegiatan (juklak) memuat norma, standar dan kontrol kualitas pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif. Juklak disusun oleh ATR/BPN dengan maksud sebagai pedoman agar setiap pelaksana kegiatan memahami dan mengerti, serta mampu melaksanakan kegiatan IP4T dengan baik pada setiap tahapan kegiatan mulai dari persiapan, pelaksanaan kegiatan, monitoring dan evaluasi hingga pelaporan.

Pembentukan kepanitiaan tingkat desa

Panitia IP4T tingkat desa (Panitia Desa) diketuai oleh kepala desa/lurah dan beranggotakan perangkat desa terkait urusan pertanahan dan pembangunan.

Adapun tugas Panitia desa adalah sebagai berikut :

1. Mengkoordinasikan pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif.
2. Mengadakan pengorganisasian dan bimbingan kepada masyarakat.
3. Melakukan musyawarah dalam rangka pelaksanaan IP4T Partisipatif.
4. Memfasilitasi pembentukan organisasi/ kelompok masyarakat sadar tertib pertanahan (pokmasdartibnah) dan satuan tugas (satgas)
5. Mengevaluasi dan mengarahkan pelaksanaan IP4T Partisipatif.
6. Memecahkan dan menangani masalah yang timbul dalam pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif.
7. Melaksanakan monitoring dan evaluasi bersama ATR/BPN
8. Lain-lain yang dianggap perlu.

Pembentukan kelompok masyarakat sadar tertib pertanahan (pokmasdartibnah) dan satuan tugas (satgas)

Apabila dalam masyarakat belum terdapat organisasi/kelompok, Panitia Desa memfasilitasi pembentukan organisasi/kelompok non formal yang dilengkapi dengan pengurus, tugas dan fungsi pengurus dengan contoh (optional) sebagai berikut:

Susunan pengurus terdiri dari : (i) Ketua; (ii) Sekretaris; (iii) Bendahara; (iv) Satgas Pengumpul data P4T; (v) Satgas Pemetaan P4T; (vi) Satgas Pengolahan dan analisis P4T.

Untuk tugas dan fungsi pengurus, sebagai berikut :

1. Ketua

   a. Memimpin anggota membuat rencana kegiatan dalam mendukung kegiatan IP4T Partisipatif;
   b. Menampung aspirasi seluruh anggota untuk dimusyawarahkan bersama;
   c. Mengurus kepentingan seluruh anggota.
2. Sekretaris
   a. Mencatat dan menginventarisir setiap kegiatan yang melibatkan anggota dalam mendukung pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif;
   b. Menginventarisir kebutuhan seluruh anggota dalam pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif;
   c. Mengumpulkan dan mendistribusikan urusan administrasi kegiatan IP4T Partisipatif.
3. Bendahara
   a. Mengelola dana kompensasi dari anggota dalam rangka mendukung kegiatan kegiatan IP4T Partisipatif;
   b. Membukukan dana dimaksud dalam kas organisasi peserta;
   c. Mempertanggungjawabkan dana dimaksud kepada seluruh anggota Organisasi Peserta (prinsip: dari, oleh dan untuk peserta).
4. Satgas Pengumpul data P4T
   a. Mengumpulkan data penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah sesuai dengan formulir yang telah disediakan;
   b. Melaksanakan survei, pengumpulan dan pengolahan data primer;
   c. Mengumpulkan data potensi desa;
   d. Mengumpulkan dan mengolah data sekunder yang diperlukan.
5. Satgas Pemetaan P4T
   a. Melaksanakan pemetaan bidang-bidang tanah baik berupa sket maupun peta;
   b. Melengkapi sket/peta dengan toponimi;
   c. Membuat dan menyajikan peta-peta P4T.
6. Satgas Pengolahan dan analisis P4T
   a. melaksanakan tabulasi hasil pendataan P4T;
   b. melaksanakan integrasi hasil data pendataan P4T dengan data spasial;
   c. melaksanakan analisa data P4T;
   d. menyajikan hasil analisa dan peta P4T.

Penyusunan waktu pelaksanaan kegiatan (time schedule)

Waktu pelaksanaan kegiatan dialokasikan satu tahun anggaran. Penyusunan waktu pelaksanaan kegiatan sesuai dengan kesiapan masyarakat.

Persiapan administrasi dan keuangan

Dalam kegiatan IP4T Partisipatif tetap diperlukan pembiayaan. Pembiayaan tersebut dapat menggunakan dana yang dihimpun masyarakat maupun dana dari pemerintah. Dana tersebut dikelola oleh pokmasdartibnah dan diawasi oleh seluruh peserta dan Panitia Desa.

Pelaksanaan IP4T Partisipatif memungkinkan adanya *cost sharing* antara masyarakat dengan pemerintah, baik pemerintah desa, pemerintah kabupaten/provinsi dan kementerian-kementerian terkait.

Pembekalan (coaching)

Pembekalan diberikan oleh ATR/BPN dalam hal teknis seperti pengumpulan data, pemetaan bidang dan pengolahan dan analisis P4T.

Pembuatan peta kerja.

Peta kerja dapat disediakan oleh pemerintah maupun masyarakat sendiri. Peta kerja dapat menggunakan peta dasar pendaftaran tanah, peta rupa bumi, peta desa, peta citra maupun peta lainnya. Penyediaan peta kerja oleh masyarakat harus memperhatikan peta dasar yang diakui oleh pemerintah.

Pelaksanaan

Proses ini pada dasarnya sama dengan IP4T reguler, perbedaaannya adalah pada pelaksana pengumpul dan pengolah data. Seluruh proses pengumpulan dan pengolahan data dilaksanakan oleh anggota pokmasdartibnah. Sedangkan seluruh formulir mengacu pada kegiatan IP4T reguler.

Tahap pelaksanaan IP4T Partisipatif sebagaimana Tahap Pelaksanaan IP4T reguler terdiri dari (i) penyuluhan/sosialisasi kepada masyarakat, (ii) pengumpulan data P4T, sket dan toponimi, (iii) pengumpulan data potensi desa, (iv) kontrol kualitas, (v) pembuatan peta P4T Partisipatif, dan (vi) analisa data.

Penyuluhan

Penyuluhan dilaksanakan oleh Panitia Desa dibantu oleh ATR/BPN dan dinas/instansi terkait. Kementerian lain maupun dinas/instansi dapat dilibatkan apabila memungkinkan. Penyuluhan dilaksanakan di lokasi kegiatan.

Materi penyuluhan meliputi:

1. Gambaran umum kegiatan IP4T Partisipatif yang mencakup: latar belakang, tujuan, dan tahapan pelaksanaan kegiatan.
2. Peran serta masyarakat terhadap pelaksanaan kegiatan IP4T antara lain: berpartisipasi secara aktif dalam memberikan informasi tentang P4T terhadap bidang tanahnya masing-masing.

Pengumpulan Data P4T, Sket dan Toponimi

Pengumpulan Data P4T, Sket dan Toponimi adalah kegiatan pendataan/survei P4T. Setiap bidang tanah yang ada di desa/kelurahan baik yang dikuasai

perseorangan, bersama atau badan hukum (swasta/pemerintah), baik sudah bersertipikat maupun yang belum bersertipikat, baik pertanian atau non pertanian termasuk fasilitas umum dan sosial. Pengumpulan Data P4T secara langsung di lapangan dengan menggunakan daftar isian dan peta kerja. Pengumpulan data P4T dilaksanakan oleh Satgat Pengumpul data IP4T dengan menggunakan daftar isian yang telah disediakan.

Pengumpulan data P4T juga dilengkapi dengan sket dan toponiminya yang dapat dibantu dengan alat GPS navigasi. Pembuatan sket dan toponimi dilaksanakan oleh Satgas Pemetaan P4T. Sket dan toponimi dibuat pada peta kerja dengan cara : (i) mendelineasi garis batas bidang-bidang tanah; selain itu, (ii) dilakukan secara teristris yaitu pengukuran langsung di lapangan oleh masyarakat sendiri maupun surveyor berlisensi. Teknik pemetaan P4T sesuai dengan kemampuan dan kesepakatan masyarakat. Diharapkan partisipasi aktif masyarakat dalam proses pembuatan sket tersebut. Masyarakat secara bersama-sama menetapkan batas bidang tanah masing-masing sekaligus membantu dalam proses pengukuran dan pemetaannya.

Hasil pengumpulan data P4T di lapangan selanjutnya ditabulasi. Tabulasi data P4T dapat menggunakan format .xls (Excel).

Pengumpulan data potensi desa/kelurahan

Pengumpulan data potensi desa/kelurahan adalah kegiatan mengumpulkan data sekunder desa/kelurahan guna memperoleh gambaran umum dan potensi desa/ kelurahan kegiatan IP4T. Data sekunder tersebut dapat diperoleh dari kantor desa lokasi kegiatan IP4T, monografi desa dan atau data profil desa dari kantor Badan Pusat Statistik (BPS) setempat. Data sekunder yang dikumpulkan bermanfaat untuk penyusunan laporan IP4T per desa/kelurahan. Pengumpulan data potensi desa/kelurahan dilaksanakan oleh Satgas Pengumpul data P4T.

Kontrol kualitas

Kontrol kualitas mempunyai tugas untuk memastikan kelengkapan hasil pengumpulan data P4T, baik data P4T maupun data potensi desa/kelurahan sehingga akan diperoleh data yang lengkap dan valid sesuai Daftar Isian. Kontrol kualitas dilaksanakan oleh petugas yang ditunjuk. Hasil kontrol kualitas tersebut dibuatkan dalam suatu Berita Acara.

Pembuatan peta P4T

Sebelum pembuatan peta P4T, terlebih dahulu dilakukan penggabungan antara data spasial (Peta Sket Bidang Tanah) dan data tekstual (data P4T) yang telah ditabulasi dalam format excel. Penggabungan kedua data base ini melalui field kunci yang sama, yaitu Nomor Inventarisasi. Pada tahap ini harus diyakinkan bahwa nomor inventarisasi dalam data spasial harus sama dengan nomor inventarisasi dalam data P4T.

Setelah penggabungan kedua data base ini selesai, selanjutnya dilakukan pembuatan peta P4T oleh Satgas Pemetaan P4T/petugas yang ditunjuk dengan menggunakan perangkat lunak berbasis sistem informasi geografi.

Peta P4T dibuat dalam format shp yang terdiri dari: Peta Penguasaan Tanah, Peta Pemilikan Tanah, Peta Penggunaan Tanah, Peta Pemanfaatan Tanah yang dilengkapi dengan batas administrasi Desa/Kelurahan. Peta IP4T dibuat dalam ukuran A3 dengan legenda dan pewarnaan peta P4T mengacu kepada juklak yang ada dan merupakan bagian dari Laporan IP4T Desa/Kelurahan.

Analisa Data

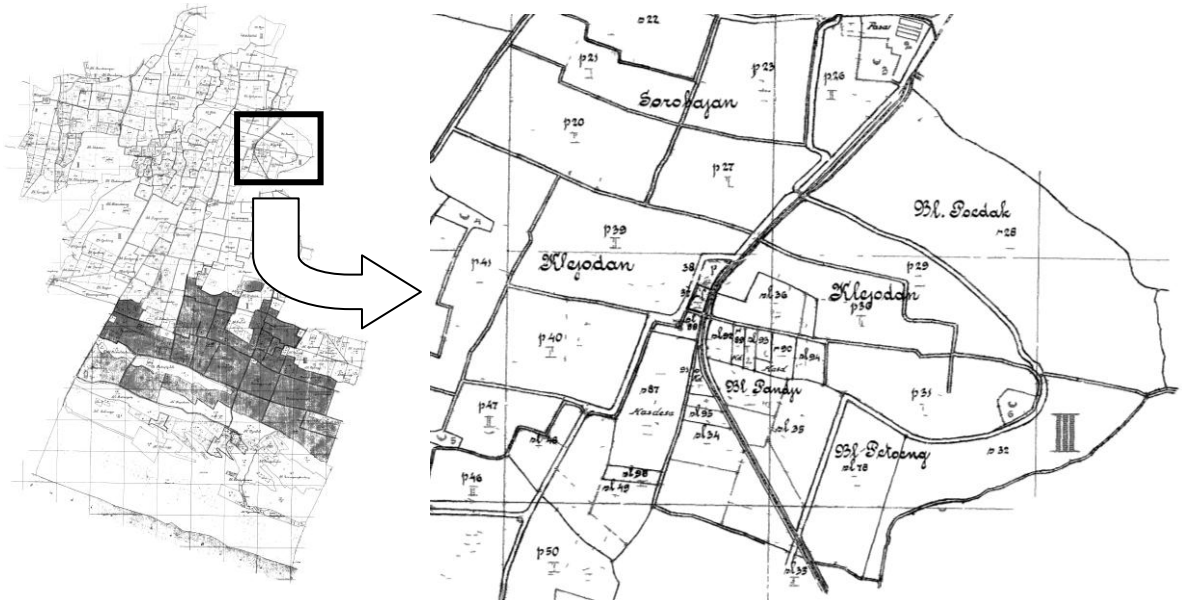
Analisa data merupakan kegiatan kategorisasi dan kalkulasi beberapa data P4T guna memperoleh informasi yang dibutuhkan. Analisa data P4T yang dilakukan meliputi:

1. Struktur penguasaan dan pemilikan tanah;
2. Jenis penggunaan dan pemanfaatan tanah;
3. Potensi obyek landreform (tanah kelebihan maksimum, tanah absente, tanah bekas swapraja dan tanah-tanah yang telah ditegaskan sebagai tanah obyek landreform) serta tanah-tanah garapan yang berstatus tanah negara;
4. Potensi penataan pertanahan melalui konsolidasi tanah baik berupa lingkungan siap bangun (lisiba) maupun kawasan siap bangun (kasiba).
5. Potensi legalisasi aset dan kegiatan pertanahan lainnya di desa/yang bersangkutan.
6. Dukungan data dan informasi pertanahan untuk program pembangunan pemerintah lainnya, seperti Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B), pengentasan kawasan kumuh, peningkatan infrastruktur, dan sebagainya
7. Lain-lain seperti indikasi tanah terlantar, sengketa, konflik dan perkara pertanahan.

Analisa data dilakukan oleh Satgas Pengolahan dan analisa P4T.

Integrasi dengan peta desa dan pembangunan basis data pertanahan desa

Dalam proses pengolahan data P4T sekaligus dilakukan integrasi dengan administrasi pertanahan desa setempat. Komponen administrasi pertanahan desa terdiri dari peta desa dan buku induk letter C (Letter C). Pada umumnya, kedua komponen tersebut berupa hardcopy (peta dan buku). Softcopy peta tersedia dalam bentuk image (format jpeg, tiff, bmp), sementara untuk buku induk letter C sebagian besar masih berupa buku kuno. Peta desa merupakan peta yang menyajikan informasi mengenai status penggunaan tanah, kelas tanah, nomor persil. Sementara buku induk letter C memuat daftar bidang tanah yang dimiliki oleh setiap warga desa tersebut.



Gambar 2. Contoh tampilan peta desa

Karakteristik peta desa

Secara umum karakteristik Peta Desa adalah sebagai berikut :

1. Merupakan hasil/produk pengukuran dan pemetaan masa penjajahan Belanda dengan skala dan sistem koordinat tertentu.
2. Menampilkan informasi mengenai status penggunaan tanah, kelas tanah, nomor persil.
3. Sebagaimana peta pada umumnya, peta desa menampilkan wilayah desa tersebut, jaringan jalan, jaringan sungai/saluran air dan tempat-tempat penting tertentu pada saat peta tersebut dibuat.
4. Status penggunaan tanah terdiri dari Pekarangan (P), Sawah (Sawah), Tegalan (D), Tanah Sultan (Sultan Ground, SG), Sawah Lungguh (SL, sawah Tanah Kas Desa), Kas desa.
5. Kelas tanah diberi notasi dengan angka romawi (I, II, III, dan seterusnya). Angka romawi kecil menunjukkan kelas tanah yang lebih tinggi. Terdapat sub kelas yang diberi notasi dengan huruf kecil (a, b, c, dan seterusnya).
6. Nomor persil merupakan nomor blok (hamparan) bidang tanah pada wilayah desa tersebut secara berurutan, tidak tergantung dengan status tanah.
7. Informasi lainnya adalah nama tempat, seperti nama kampung/permukiman dan nama lahan pertanian yang disebut dengan Bulak.

Karakteristik Buku Induk Letter C

Secara umum karakteristik Letter C adalah sebagai berikut :

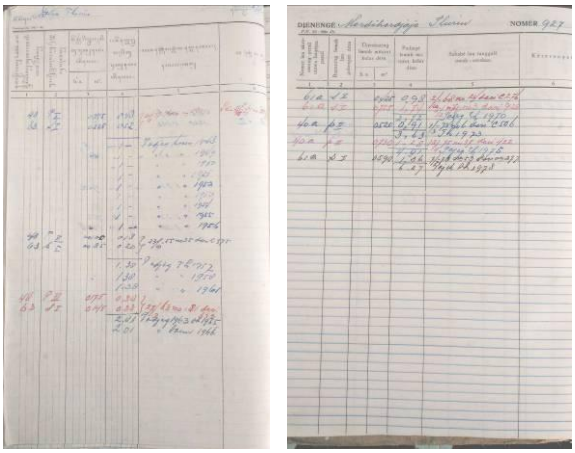
1. Mirip dengan Daftar Nama (Daftar Isian 204) dalam tata pendaftaran tanah.
2. Merupakan himpunan seluruh pemilik tanah di wilayah desa tersebut dan diberi nomor urut mulai dari angka 1 dan seterusnya.
3. Setiap pemilik tanah memiliki nomor unik yang disebut dengan nomor C, contohnya Mardihardjoyo terdaftar di Letter C Nomor 927 (C.927).
4. Dalam setiap nomor C berisi daftar bidang-bidang tanah yang dimiliki oleh yang tertera nama tersebut.
5. Informasi yang tertera meliputi : nomor persil, status penggunaan tanah dan kelasnya, luas bidang tanah, pajak tanah, perubahan/peralihan tanah dan keterangan lain.

Integrasi peta desa dan letter C

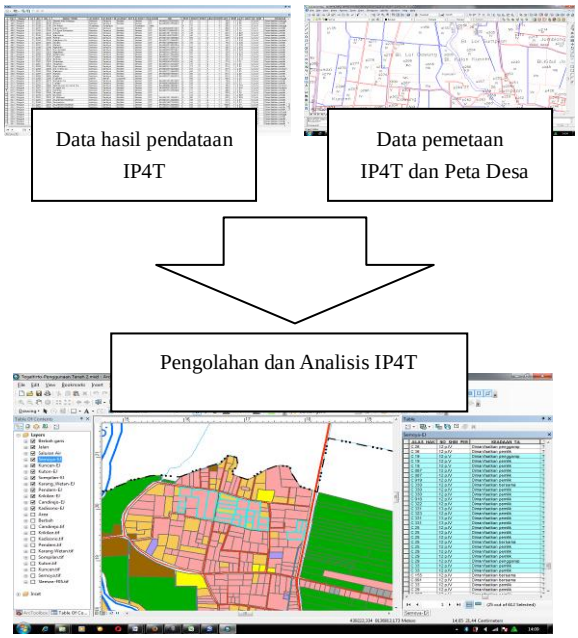
Mengingat karakteristik komponen administrasi desa tersebut di atas maka keduanya harus dikonversi ke dalam format digital. Untuk peta desa dikonversi ke format data vektor (dwg, shp) dan Letter C langsung diterapkan pada formulir pendatan P4T. Informasi dalam peta desa dan Letter C direkam pada formulir pendataan P4T dan diverifikasi dalam peta/sket bidang tanah hasil pemetaan P4T.

Seluruh data hasil pendataan P4T dan peta/sket

bidang tanah disusun menggunakan perangkat lunak sistem informasi geografi yang tersedia.



Gambar 3. Contoh tampilan Letter C



Gambar 4. Ilustrasi integrasi data IP4T dan pembangunan basis data pertanahan desa

Proyeksi pemanfaatan hasil IP4T dalam pelayanan pertanahan tingkat desa

Berikut ini beberapa proyeksi pemanfaatan hasil IP4T dalam pelayanan pertanahan tingkat desa :

1. Memudahkan dalam pengumpulan alas hak (pemberkasan/identifikasi subyek dan obyek/pengumpulan data yuridis) pada saat proses sertipikasi.
2. Menyediakan informasi bidang-bidang tanah yang sudah atau belum bersertipikat maupun dalam proses sertipikasi.
3. Menyediakan informasi bidang-bidang tanah yang sudah atau belum diproses peralihan tanahnya (terutama pewarisan).
4. Menyediakan informasi mengenai struktur penguasaan dan pemilikan tanah, baik tanah pertanian maupun non pertanian;
5. Menyediakan informasi mengenai jenis penggunaan dan pemanfaatan tanah beserta perubahannya.
6. Menyediakan informasi mengenai potensi obyek landreform (tanah kelebihan maksimum, tanah absente, tanah bekas swapraja dan tanah-tanah yang telah ditegaskan sebagai tanah obyek landreform) serta tanah-tanah garapan yang berstatus tanah negara;
7. Menyediakan informasi mengenai potensi penataan pertanahan melalui konsolidasi tanah baik berupa lingkungan siap bangun (lisiba) maupun kawasan siap bangun (kasiba).
8. Menyediakan informasi mengenai potensi legalisasi aset dan kegiatan pertanahan lainnya di desa.
9. Menyediakan informasi lain seperti indikasi tanah terlantar, sengketa, konflik dan perkara pertanahan.
10. Menyediakan dukungan data dan informasi pertanahan untuk program pembangunan pemerintah lainnya, seperti Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B), pengentasan kawasan kumuh, peningkatan infrastruktur, dan sebagainya.

Monitoring dan evaluasi

Monitoring dan evaluasi (monev) dilaksanakan Panitia Desa dibantu oleh petugas ATR/BPN. Kegiatan monev tersebut untuk memantau dan memastikan bahwa pelaksanaan kegiatan IP4T sesuai dengan tahapan dan ketentuan yang telah diatur dalam Juklak IP4T.

Output kegiatan

Hasil kegiatan IP4T Partisipatif berupa :

1. Laporan IP4T Desa/Kelurahan

Laporan tersebut berisi :

a. Data tekstual terdiri dari hasil pengumpulan data P4T dan potensi desa/kelurahan.
b. Data spasial P4T terdiri dari Peta Penguasaan Tanah, Peta Pemilikan Tanah, Peta Penggunaan Tanah, Peta Pemanfaatan Tanah yang dilengkapi dengan batas Administrasi Desa/Kelurahan dalam format digital (vektor maupun *image*)
c. Hasil Analisis P4T yang meliputi: sebaran P4T, struktur dan ketimpangan P4T, potensi obyek landreform, potensi penataan pertanahan, potensi legalisasi aset dan kegiatan pertanahan lainnya, dan dukungan data untuk program pembangunan lainnya.

2. Laporan Akhir IP4T
   Laporan Akhir IP4T berisi aspek administrasi kegiatan dan sebagai pertanggung jawaban kepada masyarakat.

Persamaan dan perbedaan IP4T reguler dengan IP4T Partisipatif

Berikut ini persamaan antara IP4T reguler dengan IP4T Partisipatif :

1. Tahapan kegiatan
   Secara umum tahapan kedua jenis IP4T tersebut adalah sama, yaitu adanya persiapan, pelaksanaan dan monitoring dan evaluasi
2. Obyek kegiatan
   Obyek kegiatan kedua jenis IP4T Obyek adalah unsur penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah.

Adapun perbedaannya, yaitu :

1. Pelaksana kegiatan
   Dalam IP4T Partisipatif seluruh kegiatan dilaksanakan oleh masyarakat. Keterlibatan pemerintah terbatas dalam hal dukungan data, pembekalan, penyuluhan dan monitoring dan evaluasi.
2. Tingkat partisipasi masyarakat
   Dalam IP4T reguler partisipasi aktif masyarakat diharapkan dalam memberikan informasi tentang P4T terhadap bidang tanahnya masing-masing. Sementara dalam IP4T Partisipatif, partisipasi masyarakat dimulai sejak persiapan sampai dari awal sampai tahap pelaporan.
3. Pembiayaan
   Pembiayaan IP4T reguler adalah dari APBN Kementerian ATR/BPN, sementara IP4T Partisipatif dapat menghimpun pembiayaan dari masyarakat maupun dari APBD atau APBN kementerian lain.

Kesimpulan dan Saran

Selama ini pembangunan basis data pertanahan tingkat desa melalui IP4T belum menunjukkan hasil yang memuaskan. Diperlukan upaya untuk membangun basis data pertanahan dengan melibatkan seluruh stake holder yang ada. Upaya tersebut adalah IP4T Partisipatif. Penyelenggaraan kegiatan IP4T Partisipatif oleh masyarakat dan pemerintah desa tidak akan menghilangkan peran ATR/BPN. ATR/BPN menyusun norma, standar dan kontrol kualitas pelaksanaan kegiatan IP4T Partisipatif. Norma, standar dan kontrol kualitas tersebut diwujudkan dalam bentuk peraturan perundangan yang wajib dipedomani oleh seluruh pelaksana kegiatan IP4T Partisipatif. Selain itu, ATR/BPN tetap bertanggung jawab dalam penyediaan data spasial yang kredibel untuk menjamin penerapan *one map policy*.

Diharapkan hasil kegiatan IP4T partisipatif tersebut dapat meningkatkan kualitas pelayanan pertanahan di tingkat desa sehingga memperlancar kegiatan sertipikasi tanah oleh ATR/BPN.

Selanjutnya, perlu dikembangkan IP4T Partisipatif dengan melibatkan kementerian lain seperti Kementerian Desa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Kepala Bidang Pengaturan dan Penataan Pertanahan Kanwil BPN Daerah Istimewa Yogyakarta, Bapak Kepala Seksi Konsolidasi Tanah dan Bapak Kepala Seksi Landreform

Daftar Pustaka

ATR/BPN, 2015, Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 25 Tahun 2015 tentang Rencana Strategis Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional Tahun 2015 – 2019, Kementerian ATR/BPN, Jakarta

ATR/BPN, 2016, Petunjuk Pelaksanaan Kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan, Pemanfaatan Tanah Tahun 2016, Direktorat Jenderal Penataan Agraria Kementerian ATR/BPN, Jakarta

BPN, 2004, Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2004 tentang Penatagunaan Tanah, BPN, Jakarta.

MPR RI, 2001, Ketetapan Majelis Permusyawaratan Rakyat Republik Indonesia Nomor IX/MPR/2001 tentang Pembaruan Agraria dan Pengelolaan Sumber Daya Alam, MPR RI, Jakarta

Pemetaan Partisipatif Nagari Pamatang Panjang Kecamatan Sijunjung Kabupaten Sijunjung Sumatera Barat Guna Mendukung Percepatan Pembuatan Peta Desa

Dwi Arini[a*], Masrinedi Umar[b], Octavernandes[c], Fajrin[d], Dwi Marsiska Driptufany[e], Isna Uswatun Khasanah[f]

[a*] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (dwiarini.get09@gmail.com)
[b] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (masrinedi.umar@gmail.com)
[c] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (dbro.vernandes@gmail.com)
[d] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (fajringeo@gmail.com)
[e] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Padang (dwidayana@gmail.com)
[f] Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan PerencanaanInstitut Teknologi Padang (ikhasanah31@gmail.com)

ABSTRACT

Pemetaan partisipatif adalah metode pemetaan yang menempatkan masyarakat sebagai salah satu pelaku pemetaan wilayahnya, dalam hal ini Nagari Pamatang Panjang Kecamatan Sijunjung, sekaligus juga sebagai penentu perencanaan pengembangan wilayah tersebut. Tujuan pemetaan ini adalah menghasilkan peta nagari yang nantinya dapat digunakan sebagai administrasi pertanahan, maupun keperluan lain terkait masalah pemetaan nagari. Metode pengukuran yang digunakan adalah metode pengukuran terestris data detail daerah pemetaan dan teknologi GNSS untuk mendapatkan data posisi batas antar Jorong dan Nagari yang melibatkan partisipasi masyarakat dalam penentuan batasnya. Berdasarkan pemetaan partisipatif ini diperoleh peta administrasi Nagari Pematang Panjang yang terdiri dari sebelas Jorong, yaitu Sitampuang, Limau Sundai, Koman Kaciak, Kalumpang, Pondok Jago, Kambuik Koman, Parak Gadang, Duri, Paleh, Koran dan Koto Tangah dilengkapi dengan peta sebaran fasilitas umum sebagai peta pendukung.

Keywords : Pemetaan Partisipatif, Batas desa, Jorong, Nagari

Pendahuluan

Pemetaan suatu wilayah harfiahnya telah dilakukan pertahap dari waktu ke waktu sehingga Indonesia memiliki peta dasar yang dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan. Salah satu peta yang harus disiapkan adalah peta Desa atau dalam paper ini disebut dengan Nagari. Nagari merupakan pembagian wilayah administrasi sesudah kecamatan untuk daerah Sumatera Barat. Dimana setiap Nagari terbagi menjadi beberapa wilayah yang disebut Jorong. *Jorong/Korong adalah sekumpulan pemukiman yang berdekatan dan tidak dibatasi oleh suatu lahan bukan pemukiman. Secara umum, Nagari di Sumatera Barat merupakan sekumpulan Jorong/Korong yang dipisahkan oleh sungai, persawahan, ladang, kebun, atau hutan. Nagari mencakup semua wilayah ini*

Berdasarkan Majalah Geospasial (2015) dari Badan Informasi Geospasial (BIG) menyebutkan tentang penetapan dan penegasan batas desa bahwa "persoalannya sampai saat ini baru sekitar 3% dari jumlah desa yang mencapai 74.093 yang sudah ditegaskan sebagaimana diatur Permendagri Nomor 39/2015". Hal tersebut menunjukan masih banyak Desa yang belum ditetapkan dan ditegaskan batasnya. Kondisi di lapangan masih dijumpai desa yang belum mempunyai peta batas atau peta administrasi. Ketika belum ada peta batas suatu desa, maka dapat dikatakan bahwa proses penetapan dan penegasan batas di Lapangan belum dapat dilakukan.

Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 47/2015 atas perubahan PP Nomor 43/2014 tentang Peraturan Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 6/2014 tentang Desa serta PP 22/2015 tentang Dana Desa Bersumber dari APBN menunjukan bahwa posisi desa menjadi fokus dalam penyelenggaraan pemerintahan. Oleh karena itu, keberadaan peta desa harus segera dilakukan. Mendukung hal tersebut, diperlukan metode pemetaan yang tepat sehingga dapat mempercepat keberadaan peta

desa.

Pemetaan desa untuk wilayah terpencil yang masih belum terjangkau oleh tim pemetaan yang dilakukan oleh pemerintah masih tersebar dibeberapa daerah sehingga tidak tersedianya peta dasar dalam hal ini peta administrasi yang menunjukkan batas-batas daerah.

Salah satu kasus yang terjadi adalah di Nagari Pamatang Panjang, Kecamatan Sijunjung, yang belum memiliki peta batas antar Jorong di Nagari Pamatang panjang. Agar pemetaan dapat berjalan dengan lancar dan menghindari adanya perselisihan antar warga dalam penentuan batas-batas daerah masing-masing Jorong, maka pemetaan partisipatif adalah metode pemetaan yang paling sesuai. Hal ini terkait belum adanya peta pasti yang terdapat di daerah tersebut, sehingga wargalah yang berperan penting dalam proses pemetaan batas antar Jorong, karena yang tahu pasti batas-batas daerah tersebut adalah warga sekitar.

Dalam penelitian ini, proses pemetaan melibatkan Kepala Jorong dan warga yang memang tahu batas-batas antar Jorong. Tujuan akhirnya adalah menghasilkan peta administratif awal yang menunjukan batas-batas Jorong dengan dilengkapi peta sebaran fasilitas umum sebagai peta pendukung.

Metodologi

Lokasi

Lokasi pemetaan adalah di Nagari Pamatang Panjang, Kecamatan Sijunjung, Kabupaten Sijunjung. Batas Nagari Pamatang Panjang adalah sebagai berikut:

1. Batas Utara : Nagari Koto tuo dan Nagari Muaro

2. Batas Timur : Kecamatan Sijunjung

3. Batas Selatan : Nagari Lalan

4. Batas Barat : Nagari Kandang Baru

Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

1. GPS Mapping dan GPS Navigasi, digunakan untuk tracking batas Jorong dan marking titik-titik fasilitas umum.

2. ArcGIS 10.1, digunakan untuk pengolahan data dan overlay peta.

3. Microsoft Office, untuk penulisan laporan.

4. Citra Google Earth, digunakan untuk identifikasi awal batas antar Jorong.

5. Peta Administrasi Kecamatan Sijunjung.

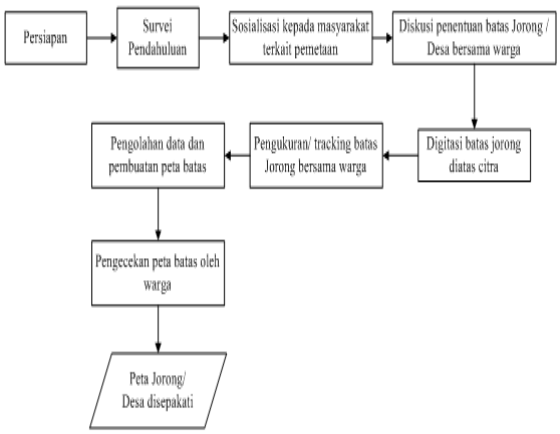
Pelaksanaan Penelitian

Proses pemetaan batas Jorong di Nagari Pamatang Panjang menggunakan metode pemetaan partisipatif. Pemetaan partisipatif pada intinya melibatkan masyarakat atau anggota kampung secara langsung sejak perencanaan, proses pemetaan dan penggunaannya.

Pemetaan dilakukan melibatkan masyarakat di dalamnya, dimana masyarakat memiliki peranan penting dalam proses pemetaan, hanya saja untuk pekerjaan teknis seperti pengukuran menggunakan alat-alat ukur dilakukan oleh tim pemetaan dari Institut Teknologi Padang (ITP).

Masyarakat berperan penting dalam menunjukkan batas-batas jorong yang ada di dalam nagari tersebut sehingga tim pemetaan tahu daerah mana yang akan dipetakan sepanjang Nagari Sijunjung ini.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan GPS Mapping dan navigasi untuk mendapatkan batas-batas Jorong. Gambar 1 menunjukkan diagram alir metodologi yang digunakan.



Gambar 1. Diagram alir pemetaan partisipatif Nagari Pamatang Panjang, Sijunjung

Pada tahap persipan dilakukan pengurusan ijin kerjasama antara kedua belah pihak, dalam hal ini program Studi Teknik Geodesi ITP dengan Kepala Nagari Pamatang panjang. Selain itu persiapan alat dan bahan yang digunakan dalam proses pemetaan.

Survei Pendahuluan dilakukan untuk menentukan daerah mana yang dapat dilakukan pemetaan partisipatif. Tujuan survei pendahuluan adalah untuk melihat gambaran awal lokasi yang akan dipetakan, sehingga dapat ditentukan metode dan

alat yang tepat yang digunakan untuk pemetaan. Dengan melakukan survey pendahuluan ini, kita dapat menentukan daerah mana yang dapat dipetakan dengan baik dan yang membutuhkan peta untuk berbagai keperluan kedepannya, berhubung masih banyak daerah Sumatera Barat yang belum dipetakan.

Langkah selanjutnya adalah Sosialisasi dan diskusi penentuan batas jorong di Nagari Pamatang Panjang. Sosialisasi dilakukan untuk mengenalkan metode pemetaan partisipatif dan menyampaikan tujuan dari kegiatan ini kepada Masyarakat. Gambar sosialisasi yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Sosialisasi kegiatan pemetaan partisipatif Nagari Pamatang Panjang, Sijunjung

Setelah masyarakat paham akan tujuan dan perannya dalam kegiatan pemetaan partisipatif ini, maka dilanjutkan proses penentuan batas jorong diatas peta sebagai gambaran awal batas setiap Jorong di Nagari Pamatang Panjang. Pada proses ini, semua pihak yang berhubungan seperti Kepala Nagari, Wali Jorong dan staff pemerintahan di Nagari Pamatang Panjang duduk bersama untuk menentukan batas antar Jorong diatas peta. Hal ini dilakukan agar tidak adanya selisih paham yang terjadi antar masyarakat di Jorong yang berlainan.

Setelah disepakati batas antar jorong di atas peta, maka dilanjutkan digitasi on screen batas antar Jorong Nagari Pamatang Panjang. Digitasi dilakukan diatas Citra yang telah terektifikasi (tergeoreference)

Kegiatan lapangan yang dilakukan adalah tracking batas wilayah Jorong yang dilakukan oleh tim teknis pengukuran dan didampingi oleh warga masyarakat yang mengetahui batasnya secara baik. Kegiatan dilapangan dapat dilhat pada Gambar 3.





Gambar 3. Tracking Batas Jorong bersama warga/kepala Jorong

Pelaksanaan tracking dilakukan bersama warga atau perwakilan kepala jorong, misal untuk tracking batas antar Jorong Sitampuang dan Limau Sundai maka dihadiri oleh perwakilan dari setiap Jorong sehingga mendapatkan batas yang sesuai dengan kesepakatan bersama. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari konflik yang mungkin terjadi antar kedua belah pihak.

Setelah mendapatkan keseluruhan data yang dibutuhkan, dilakukan pengolahan data batas hasil tracking dan overlay dengan hasil digitasi diatas citra. Hal tersebut ditujukan untuk mengetahui perbedaan hasil pengukuran di lapangan dengan hasil penentuan batas diatas peta. Kemudian dilakukan analisis perbedaan tersebut, sehingga memperoleh peta batas Jorong yang paling benar dan sesuai.

Hasil Peta Batas Jorong Nagari Pamatang Panjang menampilkan batas-batas Jorong yang telah dsepakati bersama. Selanjutnya peta tersebut di cek ulang oleh masyarakat dalam hal ini pihak wali Nagari, wali Jorong, dan staff pemerintahan Nagari Pamatang Panjang. Gambar 4 menunjukan proses pengecekkan peta yang telah dibuat oleh tim teknis oleh pihak masyarakat.



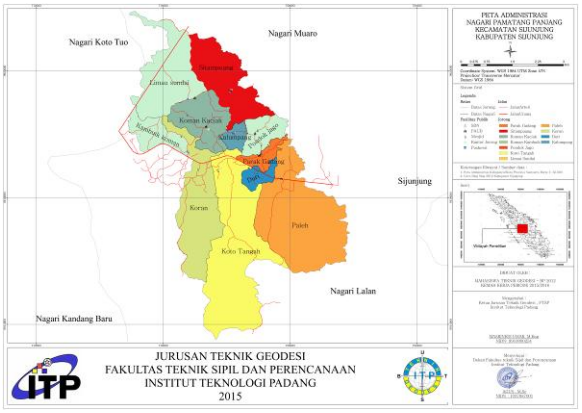
Gambar 4. Proses Pengecekkan Peta

Hasil dan Pembahasan

Seluruh rangkaian pekerjaan yang telah dilakukan dapat menghasilkan peta Nagari Pamatang Panjang. Peta yang dibuat meliputi peta batas Jorong dan peta faslitas umum yang terdapat di Nagari

Pamatang Panjang yang disepakati.

Nagari Pematang Panjang memiliki sebelas Jorong, yaitu Sitampuang, Limau Sundai, Koman Kaciak, Kalumpang, Pondok Jago, Kambuik Koman, Parak Gadang, Duri, Paleh, Koran dan Koto Tangah. Batas administratif dari sebelas Jorong tersebut dapat dilihat pada peta yang disajikan pada Gambar 5. Berdasarkan Peta tersebut, Jorong dengan daerah terluas adalah Jorong Koto Tangah dan Jorong dengan daerah terkecil adalah Jorong Kalumpang.

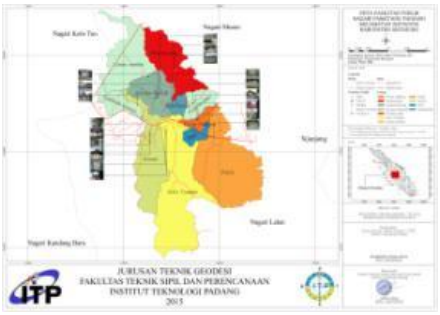


Gambar 5. Peta Batas Administrasi Nagari Pematang Panjang Kabupaten Sijunjung

Nagari Pamatang Panjang belum mempunyai peta desa sebelumnya. Peta batas Jorong di Nagari Pamatang Panjang diharapkan mempu menjadi peta awal untuk proses pengembangan dan perencanaan di Nagari tersebut.

Peta yang dihasilkan dari pemetaan partisipatif ini adalah peta batas Jorong yang telah disepakati oleh masyarakat di Nagari Pamatang Panjang, sehingga harapannya dapat meminimalisir konflik-konflik yang mungkin muncul berkaitan dengan kawasan perbatasan. Berdasarkan peta tersebut, Wali Nagari dan Wali Jorong dapat lebih memaksimalkan pengembangan dan perencanaan untuk Nagarinya. Peta ini juga merupakan peta administrasi awal untuk Nagari Pamatang Panjang.

Gambar 6 menunjukan peta yang dilengkapi dengan beberapa fasiltas umum yang tersebar di beberapa Jorong. Fasilitas umum yang ditampilkan meliputi fasilitas kesehatan, tempat ibadah, sekolah, dan kantor pemerintahan. Peta fasilitas umum diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat tentang lokasi-lokasi fasilitas umum yang ada di Nagari mereka. Hal tersebut dapat memudahkan masyarakat untuk menuju tempat tersebut.



Gambar 6. Peta fasilitas umum Nagari Pematang Panjang Kabupaten Sijunjung.

Pemetaan partisipatif Batas Nagari di Pamatang panjang adalah proses pemetaan dari dan untuk masyarakat, pemetaan ini membantu masyarakat untuk memetakan daerah tempat tinggalnya. Oleh karena itu, Peta yang dihasilkan oleh tim diberikan kepada Wali Nagari sebagai bukti telah selesainya kegiatan pemetaan partisipatif di Nagari Pamatang Panjang. Gambar 7 menunjukan kegiatan penyerahan peta batas Jorong di Nagari Pamatang Panjang.



Gambar 7. Serah Terima Peta Nagari Pematang Panjang

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Pemetaan partisipatif batas Jorong di Nagari Pamatang Panjang menghasilkan peta administrasi Nagari Pamatang Panjang yang disepakati oleh masyarakat sehingga tidak menimbulkan konflik dan dapat dilakukan proses pemetaan dengan lebih cepat. Hal ini dapat membantu pemerintah untuk mempercepat keberadaan Peta Desa di Negara Indonesia. Nagari Pamatang Panjang memiliki 11 Jorong dengan Jorong paling luas adalah Jorong Koto Tangah dan Jorong terkecil adalah Jorong Kalumpang.

Saran

Pemetaan Batas dilakukan menggunakan alat yang

memiliki ketelitian lebih tinggi. Setelah diperoleh peta awal administrasi Nagari, dilanjutkan ke proses berikutnya sehingga peta yang dihasilkan dapat menjadi peta Administrasi yang diakui secara hukum oleh pemerintah.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada ITP yang mendukung dalam pendanaan pemetaan, Tim lapangan dan pihak Nagari Pamatang Panjang.

Daftar Pustaka

Majalah Geospasial.2015. "Menata Batas Wilayah, MEnjaga Keutuhan NKRI". Edisi 5, Mei-Agustus 2015. Badan Informasi Geospasial: Bogor.

Anonim, nd, "Pelatihan Pemetaan Partisipatif". (169_Pemetaan Partisipatif.pdf)

Anonim, nd, "Pemetaan Partisipatif dan Identifikasi Wilayah Adat". (Upaya Pemetaan Partisipatif.pdf)

Membangun Peta Kadaster Kelautan dalam Perspektif UU RI No. 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial
(Wilayah Studi: Kota Cirebon Provinsi Jawa Barat)

Suhadi Maulana[1], Yackob Astor[2], Dedi Supriyadi[3]

1. Jurusan Teknik Geodesi, FTSP – Institut Teknologi Nasional, Bandung
Email: suhadimaulana1@gmail.com
2. Peneliti Kadaster Kelautan (Politeknik Negeri Bandung)
3. Dinas Kelautan Kota Cirebon

ABSTRAK

Kota Cirebon merupakan salah satu kota yang memiliki wilayah laut dan pesisir. Permasalahan yang terjadi di wilayah pesisir dan laut Kota Cirebon disebabkan tidak jelasnya pengelolaan pesisir dan laut antar daerah maupun sektoral. Oleh karena itu diperlukan implementasi konsep Kadaster Kelautan (*marine cadastre*) di Indonesia, khususnya di Kota Cirebon sebagai wilayah studi penelitian.

Definisi kadaster kelautan untuk Indonesia sebagai negara kepulauan adalah operasional sistem kompleks dan dinamik dalam pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan laut dalam lingkup penetapan batas laut wilayah (*restriction*), batas kewenangan (*right*/izin dan *responsibility*), yang membentuk keterpaduan antara wilayah administrasi skala nasional, skala provinsi, dan skala kabupaten/kota dengan memperhatikan keberadaan masyarakat adat, serta keharmonisan dan sinergi antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah (Astor, SULASDI, Hendriatiningsih, Wisayantono, 2016). Penyelenggaraan kadaster kelautan dimulai dari pembuatan Peta Kadaster Kelautan Indonesia sebagai peta tunggal di dalam penyelenggaraan pengelolaan sumber daya kelautan.

Penelitian ini membangun Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon berdasarkan ruang laut yang berbeda yaitu permukaan laut, kolom laut, dan dasar laut. Bertujuan agar setiap kegiatan yang mempergunakan ruang laut dapat dipetakan. Hasil penelitian ini adalah Peta Kadaster Kelautan Permukaan Laut, Peta Kadaster Kelautan Kolom Laut, dan Peta Kadaster Kelautan Dasar Laut.

Peta Kadaster Kelautan dapat dijadikan sebagai acuan bersama oleh pemerintah pusat (kementerian), pemerintah daerah (provinsi dan kabupaten/kota), swasta maupun masyarakat hukum adat di dalam menentukan lokasi beserta batas-batas suatu kegiatan pengelolaan sumber daya kelautan. Di dalam peta kadaster kelautan terdapat unsur *right*/izin, *restriction* dan *responsibility* yang dapat dijadikan sebagai dasar untuk menerbitkan Izin Lokasi dan Izin Pengelolaan kegiatan di permukaan laut, kolom laut dan dasar laut yang diterbitkan oleh pemerintah dan pemerintah daerah.

Kata kunci: kadaster kelautan, permukaan laut, kolom laut, dasar laut

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan (*archipelagic state*) yang memiliki wilayah laut seluas 3.374.668 km² yang lebih luas dari wilayah darat yang hanya 1.922.570 km², 13.466 pulau dan garis pantai sepanjang 99.093 km (Badan Informasi Geospasial, 2013) menjadikan Indonesia memiliki sumberdaya alam laut yang lebih banyak dibandingkan dengan sumberdaya alam darat. Pengelolaan wilayah pesisir dan laut di Indonesia sebagai negara kepulauan yang berbasis pada sistem otonomi daerah ini memiliki tingkat kesulitan yang tinggi mengingat jumlah kabupaten/kota yang ada di Indonesia sebanyak 497 kabupaten/kota, 324 kabupaten/kota tersebut memiliki wilayah pesisir (Kemendagri, 2010).

Diterbitkan UU RI No.32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah, pemerintah pusat memberikan kewenangan atau otoritas kepada daerah tidak hanya sebatas urusan pemerintahan semata, akan tetapi diberikan pula dalam hal pemanfaatan dan pengelolaan kekayaan sumberdaya yang dimiliki, termasuk sumber daya kelautan. Pada tahun 2014, UU RI No.32 Tahun 2004 diamandemen oleh UU RI No.23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah. Terjadi perubahan yang sangat signifikan mengenai fungsi batas wilayah laut daerah kabupaten/kota yang semula berfungsi sebagai batas acuan penyelenggaraan kewenangan, kini hanya sebagai batas acuan bagi hasil sumber daya kelautan dimana kewenangan bidang kelautan sejauh 12 mil laut berada pada daerah provinsi. Hingga saat ini penentuan dan penegasan batas laut wilayah secara operasional masih diatur di dalam Permendagri No.76 Tahun 2012 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah amandemen dari Permendagri No.1 Tahun 2006.

Implementasi dari Undang Undang Pemerintahan Daerah ternyata belum dapat diwujudkan oleh tiap-tiap provinsi dan kabupaten/kota yang terletak di wilayah pesisir dan laut Indonesia. Kota Cirebon merupakan salah satu kota yang memiliki wilayah pesisir dan laut. Permasalahan yang terjadi di pesisir dan laut Kota Cirebon akibat tidak jelasnya pengelolaan pesisir dan pengelolaan laut antar sektor perhubungan laut, sektor industri, sektor permukiman, dan sektor pariwisata.

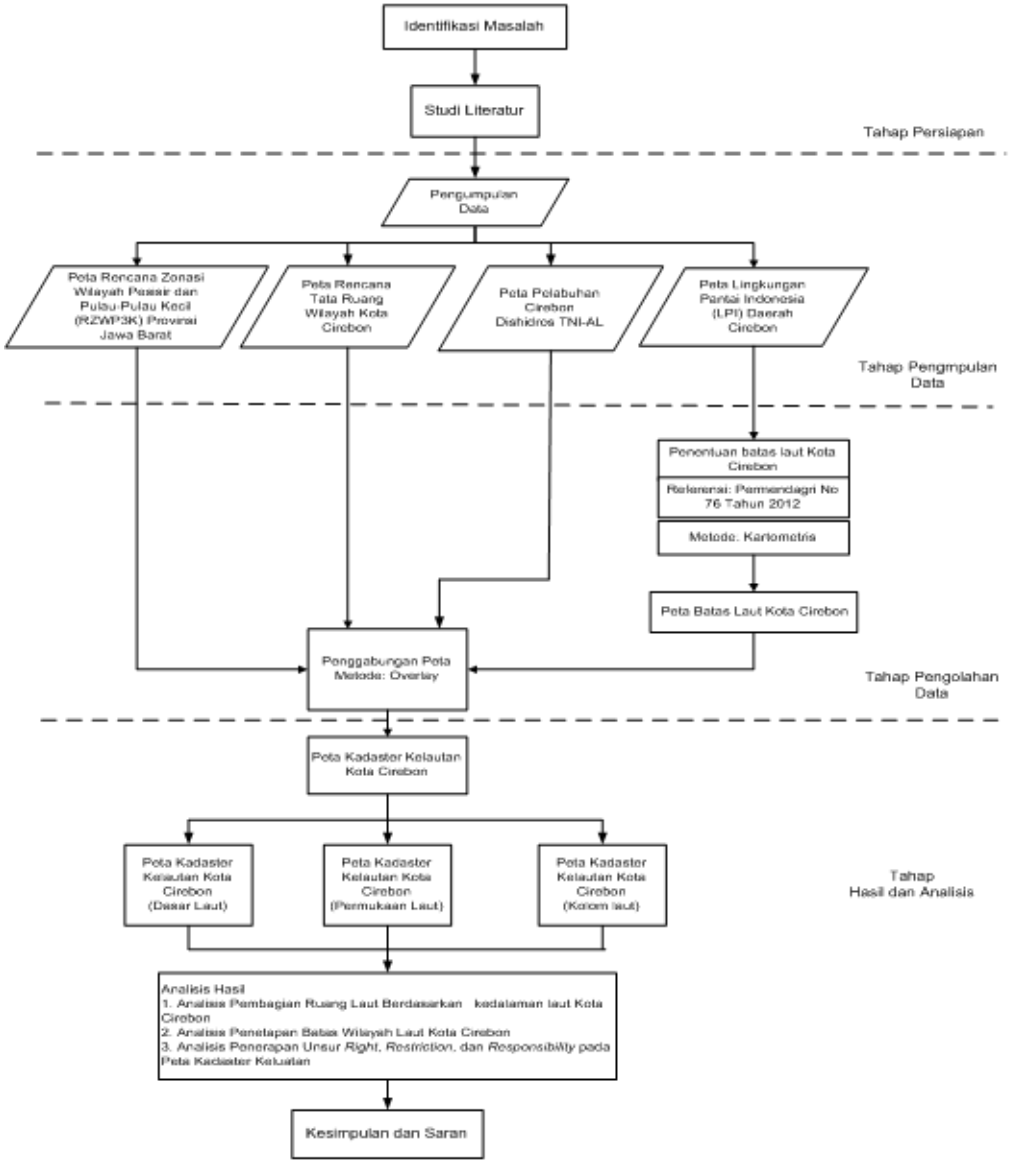
Kondisi tersebut menimbulkan konflik pengelolaan ruang di wilayah pesisir dan laut Kota Cirebon, diantaranya konflik masyarakat dengan sektor pelabuhan, tanah timbul akibat sedimentasi alami maupun buatan, lokasi kegiatan pemanfaatan pesisir laut yang saling berdampingan. Maka dari itu perlu konsep kadaster kelautan sebagai sistem dalam pembangunan kelautan.

Kadaster kelautan adalah operasional sistem kompleks dan dinamik dalam pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan laut dalam lingkup penetapan batas laut wilayah (*restriction*), batas kewenangan (*right*/izin dan *responsibility*), yang membentuk keterpaduan antara wilayah administrasi skala nasional, skala provinsi dan skala kabupaten/kota dengan memperhatikan keberadaan masyarakat adat, serta keharmonisan dan sinergi antara pemerintah pusat dan pemerintah daerah (Astor, 2015). Dengan adanya kadaster kelautan seharusnya pemerintah Kota Cirebon dapat meyelenggarakan sistem pengelolaan sumber daya wilayah pesisir dan laut dengan baik dalam lingkup penetapan batas laut wilayah laut dan batasan pemanfaatan kegiatan di laut. Dikarenakan keterbatasan sumber daya manusia dan sumber dana yang belum memadai, konsep kadaster kelautan belum sepenuhnya terlaksana.

Penyelenggaraan kadaster kelautan dimulai dari pembuatan Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon sebagai peta tunggal di dalam penyelenggaraan pengelolaan sumber daya kelautan. Peta Kadaster Kelautan yang dibuat melingkupi permukaan laut, kolom laut, dan dasar laut

2. Metodologi

Lokasi penelitian berada pada 108˚34’57” BT dan 6˚41’56” LS di Kota Cirebon, Provinsi Jawa Barat. Metodologi penelitian ditunjukan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Berikut adalah penjelasan diagram alir Penelitian :

1. Tahap Persiapan

a. Identifikasi Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini mengenai banyaknya kegiatan-kegiatan yang mepergunakan pesisir dan ruang laut Kota Cirebon. Solusi pemecahan masalah di Kota Cirebon dengan mengumpulkan informasi kegiatan-kegiatan di perairan dan membuat Peta Kadaster Keluatan berdasarkan ruang laut

b. Studi literatur

Bertujuan untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan kadaster kelautan, peraturan pemerintah mengenai tata ruang kelautan.

2. Tahap pengumpulan data

Pengumpulan data untuk membangun Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon terdiri dari:

a. Peta Lingkungan Pantai Indonesia skala 1:50.000 tahun 2013.
b. Peta Renacan Zonasi Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat skala 1:850.000 tahun 2011-2029.
c. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Cirebon skala 1:40.000 tahun 2011-2031.
d. Peta Pelabuhan Cirebon Dishidros TNI-AL skala 1:50.000 tahun 2008.
e. Data arsip Dinas Kelautan Perikanan, Peternakan, Pertanian Kota Cirebon.

a. Pengolahan data yang pertama kali dilakukan adalah penarikan batas laut daerah Kota Cirebon dengan Kabupaten Cirebon dengan menggunakan metode kartometrik sesuai Permendagri No.76 Tahun 2012 Tentang Pedoman Penegesan Batas, Penarikan batas menggunakan prinsip sama jarak pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia.
b. Penggabungan peta dilakukan untuk memetakan kegiatan-kegiatan yang mempergunakan wilayah pesisir dan laut Kota Cirebon.
c. Pembuatan Peta Kadaster Kelautan berdasarkan ruang laut yaitu permukaan laut, kolom laut, dan dasar laut.

3. Hasil dan Pembahasan

Seluruh kegiatan pemanfaatan sumber daya wilayah pesisir dan laut harus mengacu pada Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon dengan tetap memperhatikan daya dukung lingkungan dan teknologi yang diterapkan serta ketersediaan sarana dan izin yang diterbitkan oleh pemerintah Kota Cirebon. Banyaknya pemanfaatan sumber daya wilayah pesisir dan laut Kota Cirebon dalam penelitian ini harus memperhatikan ruang laut yang terdiri dari permukaan laut dan ruang udara diatasnya, kolom laut, dasar laut dan tanah dibawahnya.

3.1 Pembagian Ruang Laut Bardasarkan Kedalaman Laut Kota Cirebon

Kewenangan Pemerintah Kota Cirebon dalam mengelola lautnya adalah 1/3 dari 12 mil laut kewenangan provinsi. Sesuai dengan Peta Lingkungan Pantai Indonesia kedalaman laut Kota Cirebon berkisar 0 sampai 10 meter. Maka dari itu dalam membangun Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon akan membaginya sesuai kedalaman laut Kota Cirebon dan interval kontur yang ada pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia.

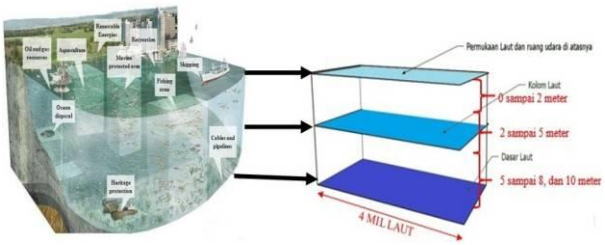
Interval kontur kedalaman laut (SNI-6726-2012 Peta LPI skala 1:50.000) adalah:

0 sampai 10 meter adalah pada 2, 5, 8 meter (interval kontur kedalaman laut Cirebon)
10 sampai 50 meter tiap 5 meter
50 sampai 100 meter tiap 10 meter
100 sampai 500 meter tiap 20 meter
500 sampai 1000 meter tiap 50 meter
Lebih dari 1000 meter tiap 100 meter

3. Tahap Pengolahan Data

Pembagian Peta Kadaster Kelautan berdasarkan interval kontur ditunjukan pada Gambar 2.

a. Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon
(Permukaan laut dan ruang udara di atasnya)
Pemabagian interval kontur lautnya berkisar antara 0 sampai 2 meter
b. Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon
(Kolom Laut)
Pembagian interval kontur lautnya berkisar antara 2 sampai 5 meter
c. Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon (Dasar Laut)
Pemabagian interval kontur lautnya berkisar antara 5, 8 sampai 10 meter



Gambar 2. Visualisasi pembagian ruang laut berdasarkan kedalaman laut Kota Cirebon (Modifikasi dari *Towards a Marine Cadastre*, 2009)

Tujuan dibangunya Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon berdasarkan ruang laut dan membaginya sesuai dengan interval kontur adalah agar kegiatan-kegiatan yang menggunakan laut sebagai aktivitasnya dapat terpetakan sesuai ruang laut yang digunakanya sehingga menghindari tumpang tindih klaim antar sektoral.

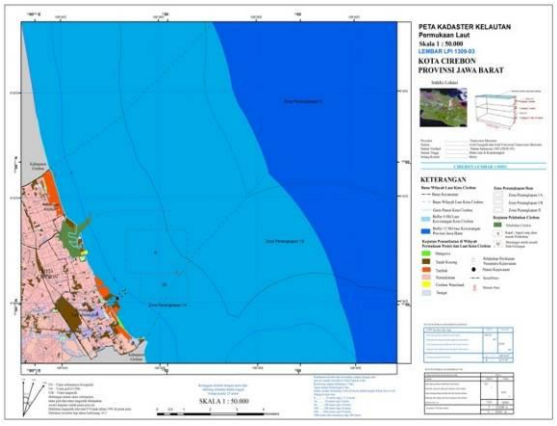
3.2 Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon

Peta kadaster kelautan yang dibangun dengan skala 1:50.000 sesuai dengan skala pada Peta Lingkungan Pantai Indonesia daerah Cirebon. Sistem proyeksi yang digunakan adalah Universal Transverse Mercator, sistem grid yang digunakan Grid Geografi dan Grid Universal Transverse Mercator, datum horizontal yang

digunakan Datum Indonesia 1995 (DGN-95), garis pantai yang digunakan berdasarkan pasang surut terendah.

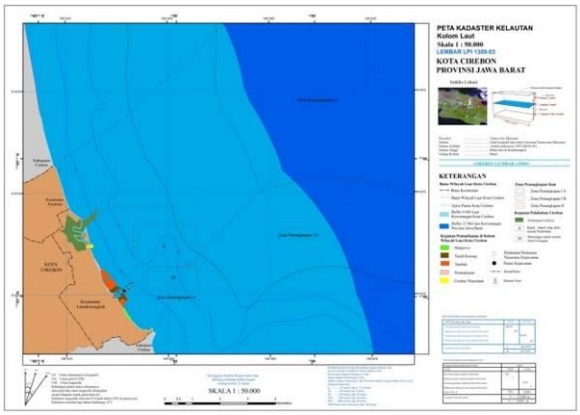
Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon terdiri dari:

a. Peta Kadaster Permukaan Laut



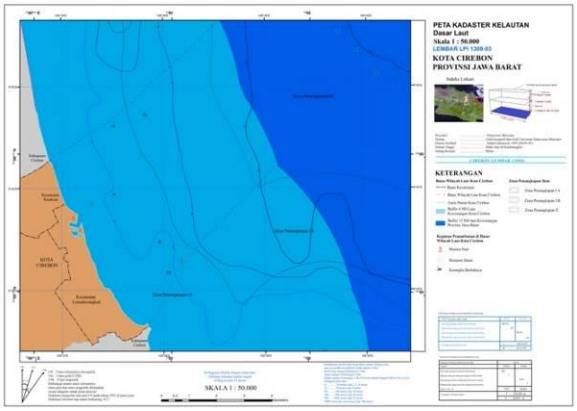
Gambar 3. Peta Kadaster Kalautan Permukaan Laut

b. Peta Kadaster Kolom Laut



Gambar 4. Peta Kadaster Kelautan Kolom Laut

c. Peta Kadaster Dasar Laut



Gambar 5. Peta Kadaster Dasar Laut

3.3 Unsur-unsur Peta Kadaster Kelautan

a. Batas laut wilayah terdiri dari batas laut wilayah provinsi maupun kabupaten/kota. Seperti yang ditunjukan pada gambar 3.2 sampai 3.4

- Batas laut Kota Cirebon dengan Kabupaten Cirebon dengan simbol garis putus-putus berwarna hitam.
- Warna biru muda menggambarkan batas laut kewenangan Kota/kabuapten Cirebon sejauh 4 mil laut.
- Warna biru tua menggambarkan batas laut kewenangan Provinsi Jawa Barat sejauh 12 mil laut.

b. Jenis kegiatan dan lokasi pemanfaatan ruang laut, terdiri dari:

- Permukaan Laut dan ruang udara diatasnya. Contoh kegiatan yang menggunakan permukaan laut dan ruang udara diatasnya di pesisir dan laut Kota Cirebon adalah Pelabuhan Cirebon, Pelabuhan Perikanan Nusantara Kejawanan, tambak ikan dan udang, permukiman, zona penangkapan ikan, Cirebon *Waterland*, dan mercusuar.
- Kolom Laut

  Penggunaan kolom laut tidak dapat dipisahkan dengan ruang udara diatasnya, yaitu permukaan laut. Artinya adalah setiap kegiatan yang mempergunakan kolom laut akan selalu menggunakan permukaan laut, contoh kegiatan yang ada di Pesisir dan Laut Kota Cirebon adalah kegiatan lintas kapal di Pelabuhan Cirebon, zona penangkapan ikan, sedimentasi yang dijadikan permukiman, tambak, mercusuar.
- Dasar laut dan tanah dibawahnya.

  Contoh kegiatan yang menggunakan dasar laut dan tanah dibawahnya di

pesisir dan laut Kota Cirebon adalah rumpon dasar, zona penangkapan ikan, mercusuar dan kerangka berbahaya.

c. Zonasi pemanfaatan ruang laut

Terdapat zonasi-zonasi pemanfaatan ruang laut contoh yang terjadi di wilayah pesisir dan laut Kota Cirebon adalah Pusat Kegiatan Nasional (PKN). sesuai dengan Perda Jawa Barat No 16 Tahun 2013 Tentang RZWP3K Provinsi Jawa Barat Tahun 2013-2029 Pelabuhan Cirebon akan dijadikan PKN dengan skala internasional, nasional, dan provinsi.

d. Pola Kegiatan, dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yakni:

- Berpindah tempat

  Kegiatan dilakukan dengan cara begerak untuk berpindah dari satu lokasi ke lokasi lain secara teratur berdasarkan acuan yang digunakan, contoh kegiatan yang terjadi di wilayah laut Kota Cirebon adalah kegiatan penangkapan ikan, pelayaran mengikuti alur yang telah ditetapkan.

- Tidak berpindah tempat (menetap)

  Kegiatan dilakukan disatu lokasi tertentu dengan tidak bergerak untuk berpindah ke lokasi lain, contoh kegiatan yang terjadi di wilayah laut Kota Cirebon adalah Pelabuhan Cirebon, pemasangan rumpon dasar laut.

e. Waktu kegiatan, dapat dibedakan menjadi 2 (dua), yakni:

- Kontinyu

  Dikatakan kontinyu jika kegiatan dilakukan secara terus menerus, teratur dan berkelanjutan. Waktu kegiatan secara kontinyu dimiliki oleh pola kegiatan yang tidak berpindah tempat (menetap), contoh kegiatan dengan waktu kegiatan yang kontinyu adalah Pelabuhan Cirebon.

- Periodik

  Jika kegiatan diselanggerakan hanya pada waktu tertentu secara teratur dan berkelanjutan, dapat ditemui pada kegiatan yang memiliki pola menetap maupun tidak menetap. Contoh kegiatan yang memiliki pola menetap dan diselenggarakan secara periodik adalah kegiatan rutin survei yang dilakukan oleh Dishidros TNI-AL di perairan Laut Jawa Barat bagian utara. Sedangkan contoh kegiatan yang memiliki pola berpindah tempat dan diselenggarakan secara periodik adalah kegiatan pelayaran dan kegiatan penangkapan ikan di laut.

f. Batasan pemanfaatan (luasan)

perlu ditentukan luas maksimal untuk masing-masing jenis kegiatan pemanfaatan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil. Penentuan batas pemanfaatan dapat dilakukan menggunakan konsep *water boundaries* dengan tetap memperhatikan kelestarian ekosistem pesisir dan pulau-pulau kecil, masyarakat, nelayan tradisional, kepentingan nasional, kegiatan-kegiatan pemanfaatan eksiting lainnya dan hak lintas damai bagi kapal asing. Penentuan batas keluasan tertentu digunakan sebagai unsur penting di dalam pemberian Izin Lokasi (Astor, 2016)

4. Kesimpulan

1. Peta kadaster Kelautan Kota Cirebon dapat dibangun berdasarkan jenis ruang laut yang berbeda, terdiri dari Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon Permukaan laut, Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon Kolom Laut, Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon Dasar Laut.

2. Peta Kadaster Kelautan Kota Cirebon terdapat unsur *right* (izin/hak), *restriction* (batasan), dan *responsibility* (tanggungjawab) yang dapat dijadikan sebagai dasar untuk menerbitkan Izin Lokasi dan Izin Pengelolaan kegiatan di permukaan laut, kolom laut, dan dasar laut yang diterbitkan oleh Pemerintah Kota Cirebon.

3. Manfaat dibangunnya Peta Kadaster Kelautan Cirebon berdasarkan ruang laut

dapat memberikan informasi lebih mengenai batas wilayah laut, posisi, luasan, pola kegiatan, waktu kegiatan, ruang laut yang digunakan, serta tanggungjawab antar sektor mengenai kegiatan-kegiatan yang memanfaatkan wilayah laut Kota Cirebon.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Badan Perencanaan Pembangunan Provinsi Jawa Barat, Badan Perencanaan Pembangunan Kota Cirebon, Dinas Kelautan Perikanan, Peternakan dan Pertanian Kota Cirebon dalam kontribusinya menyediakan data terkait penelitian ini.

Daftar pustaka

Astor, Y., (2015): *Pola Penyelanggaraan Kadaster Kelautan Di Indonesia Dalam Prespektif Indonesia Sebagai Negara Kepulauan* (Studi Kasus: Selat Madura Provinsi Jawa Timur), Disertasi, Program Studi Geodesi dan Geomatika, ITB.

Badan Perenacanaan Pembangunan Daerah Kota Cirebon, (2007), Program Perencanaan Pembangunan Ekonomi Kegiatan Koordinasi Perencanaan Pembangunan Bidang Ekonomi, Kota Cirebon.

Yuwono. 2006. *Pemanfaatan Survai dan Pemetaan Laut Untuk Menyongsong Kadaster Laut (Marine Cadastre)*. Pertemuan Ilmiah Tahunan III- Teknik Geomatika ITS, Surabaya.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2014 tentang Pemerintahan Daerah.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2014 tentang Kelautan.

Peraturan Menteri Dalam Negeri Republik Indonesia Nomor 76 Tahun 2012 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 16 Tahun 2013 tentang Rencana Zonasi Wilayah Pesisir Dan Pulau-Pulau Kecil Provinsi Jawa Barat Tahun 2013-2029.

Membangun Pendaftaran Tanah Tepat Guna untuk Percepatan Proses Pendaftaran Tanah di Indonesia

Muh Arif Suhattanto[a]

[a,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (suhatt@stpn.ac.id)

ABSTRACT

Based on data from the Ministry of Agrarian and Spatial Planning/ National Land Agency, from all parcels in Indonesia, there are only about ± 39% parcels were already registered, and only about ± 77% registered parcels are known their location and shape, the rest still don't have position on the ground. With so many parcels that have not registered, Ministry of Agrarian and Spatial Planning / National Land Agency took a policy to accelerate the process of land registration. The small percentage of parcels that have been mapped and the quality of spatial data that has been produced should be taken into consideration in the implementation of the acceleration program so that it must be directly proportional between the quality of the resulting land records and the acceleration of land registration. By learning the process of land registration in Indonesia that has been and are being implemented, as well as by using the principles of fit for purpose land registration and evolving technologies, this paper aims to find an alternative solution for an acceleration of land registration model in Indonesia.

Keywords acceleration, land registration, fit for purpose

Pendahuluan

Pendaftaran tanah dan kadaster merupakan pelengkap satu sama lain, pendaftaran tanah menitikberatkan pada hubungan antara subjek hak dan hak sedangkan kadaster menitikberatkan pada hubungan hak dan objek hak, dengan kata lain pendaftaran tanah menjawab pertanyaan siapa dan bagaimana sedangkan kadaster menjawab pertanyaan dimana dan berapa banyak. Namun demikian, seiring dengan perkembangan teknologi informasi dimana pada jaman dahulu pendaftaran tanah dan kadaster dikelola terpisah pada daftar dan peta-peta, pendaftaran tanah dan kadaster terkini memanfaatkan komputer dan aplikasinya dengan mengelola ke dua data tersebut dalam sebuah database yang terintegrasi.

Kegiatan pengukuran kadaster merupakan sub kegiatan yang vital karena menentukan kualitas data pertanahan. Pengukuran kadaster dilakukan oleh petugas ukur atau lebih dikenal sebagai juru ukur yang secara internasional lebih dikenal sebagai Surveyor Kadastral. Oleh karena itu terdapat anggapan dengan adanya kuantitas dan kualitas Surveyor Kadastral yang cukup maka program pendaftaran tanah akan dapat berhasil dengan baik. Namun demikian, kadaster tentu saja melibatkan banyak komponen yang harus dipertimbangkan untuk menguji efektifitas dan efisiensinya dalam memberikan pelayanan ke masyarakat, sehingga metode untuk menilai kinerja sistem tidak hanya dilihat dari faktor tenaga pengukurannya saja.

Dalam pemilihan atau pengembangan sebuah sistem pendaftaran tanah hal pertama yang harus diperhatikan adalah fokus kepada tujuan sedangkan proses serta sarana dan prasarana yang digunakan bisa berubah seiring dengan dinamika sosial maupun teknologi. Berkaitan dengan hal tersebut, setiap negara mempunyai kondisi yang berbeda, begitu pula Indonesia yang merupakan negara unik dan mempunyai kondisi yang berbeda dengan negara lain, dalam pemilihan sistem pendaftaran tanah maupun sistem kadasternya Indonesia harus memperhatikan karakter yang ada dalam negaranya sendiri.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik, penduduk Indonesia tercatat sejumlah 258.7 juta yang menempati wilayah kepulauan dengan pulau terpadat di Jawa sementara banyak sekali pulau-pulau dengan akses transportasi terbatas. Terdapat 73.709 desa di Indonesia dimana 5.552 desa mempunyai kondisi jalan yang tidak bisa dilalui sepanjang tahun dan 2321 desa jalan tidak bisa dilalui musim hujan (BPS, 2016). Dengan mengingat kondisi geografis dan sarana prasarana tersebut, jika Indonesia mengandalkan sistem kadastral yang digunakan pada saat ini tentu akan memerlukan usaha dan biaya yang besar. Hal tersebut dikarenakan survey kadaster yang digunakan masih mengandalkan survey teristris yang menuntut mobilitas surveyor kadaster di permukaan bumi yang tentu saja harus ditunjang dengan sarana transportasi yang mahal dengan kemampuan pengumpulan data terbatas. Hal lain yang perlu diperhatikan Indonesia yang merupakan negara berkembang mempunyai kesenjangan pembangunan yang tinggi antara pulau jawa dengan pulau-pulau

yang lain, pemerataan ekonomi yang masih timpang ditunjukkan dengan indeks gini sebesar 0,41 pada bulan oktober 2016. Masih terdapat pendududuk dengan jumlah yang besar yang belum mampu mencukupi kebutuhan dasar. Tentu saja dengan konsep pendaftaran tanah sporadik dimana masyarakat harus membayar untuk proses pendaftaran tanahnya akan sangat memberatkan bagi golongan masyarakat tidak mampu.

Dengan memperhatikan masalah-masalah diatas diperlukan sebuah sistem pendaftaran tanah yang mampu untuk memenuhi kebutuhan *stake holder* pendaftaran tanah dalam hal ini masyarakat dan pemerintah. Masyarakat mempunyai kebutuhan atas jaminan perlindungan hukum atas tanah mereka serta informasi properti untuk transaksi ekonomi sementara pemerintah sebagai pengambil kebijakan pembangunan mempunyai kebutuhan akan kelengkapan data pertanahan untuk menunjang implementasi kebijakan pembangunan. Dalam menerapkan sebuah sistem pendaftaran tanah, karakteristik dari setiap bangsa/ negara harus senantiasa diperhatikan, terutama Indonesia sebagai salah satu negara berkembang, pilihan terhadap sistem pendaftaran tanah harus memperhatikan kemampuan dan kekuatan yang dimilikinya tanpa harus mengikuti atau menjiplak sistem pendaftaran tanah di negara maju. Namun demikian, pilihan akan sistem pendaftaran tanah yang dipakai harus berorientasi pada ketepatan serta kegunaan dengan proses yang efektif dan efisien sesuai dengan kondisi lokal.

Metodologi

Paper ini menggunakan metode pustaka dalam proses penulisannya, dalam hal ini penulis berusaha mengelaborasikan perkembangan pendaftaran tanah secara internasional yang didapat dari referensi publikasi ilmiah dengan kondisi pendaftaran tanah di Indonesia.

Hasil dan Pembahasan

Pendaftaran Tanah di Indonesia

Berdasarkan data yang diperoleh dari Direktorat Pengukuran dan Pemetaan Dasar yang dikemekakan oleh Widianto (2015) Data bidang-bidang tanah yang terdapat di Indonesia adalah sebagai berikut: Jumlah bidang tanah di Indonesia 90.622.503 bidang dengan jumlah bidang terdaftar 35.789.766 bidang. Dapat diketahui bahwa sebanyak ± 61% bidang tanah belum terdaftar. Hal tersebut tentu saja bukan merupakan prestasi yang memuaskan bagi jajaran Badan Pertanahan Nasional sebab selama kurun waktu lebih dari 3 dasawarsa sejak adanya lembaga khusus untuk mengelola Pendaftaran Tanah masih lebih dari 50 persen bidang tanah di seluruh Indonesia yang belum terdaftar. Berdasarkan data dari Direktorat Pengukuran dan Pemetaan Dasar juga disebutkan ternyata baru sekitar 27, 7 juta bidang tanah yang terdaftar yang diketahui letak dan bentuknya. Sisanya masih merupakan bidang-bidang tanah yang melayang-layang tanpa diketahui posisinya diatas permukaan bumi.

Mengingat banyaknya bidang tanah yang belum terdaftar, Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN mengambil kebijakan untuk melakukan percepatan proses pendaftaran tanah. Dalam hal ini strategi proses pendaftaran tanah yang diterapkan di Indonesia terdiri dari 2 pola pendaftaran tanah yaitu pendaftaran tanah sporadik dan pendaftaran tanah sistematik. Pendaftaran tanah sporadik adalah kegiatan pendaftaran tanah untuk pertamakali mengenai satu atau beberapa objek pendaftaran tanah dalam wilayah atau bagian wilayah suatu desa/kelurahan secara individual atau massal. Sedangkan pendaftaran tanah Sistematik adalah kegiatan pendaftaran tanah untuk pertama kali yang dilakukan secara serentak yang meliputi semua objek pendaftaran tanah yang belum didaftar dalam wilayah atau bagian wilayah suatu desa/kelurahan. Namun seperti ditunjukkan data-data diatas, hasil dari penerapan 2 pola Pendaftaran tanah tersebut masih belum memuaskan sehingga Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN merasa perlu untuk mengambil kebijakan-kebijakan untuk lebih mempercepat Proses Pendaftaran Tanah.

Di Indonesia dalam rangka proses Percepatan pendaftaran tanah telah diinisisi dengan pemberdayakan pihak swasta dalam proses pendaftaran tanah yang dimulai sejak dikeluarkannya Peraturan Menteri Negara Agraria /Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 2 Tahun 1998 tentang Surveyor Berlisensi. Peraturan tersebut mempunyai tujuan untuk semakin melibatkan Surveyor swasta atau dikenal dengan surveyor berlisensi untuk aktif berperan dalam pekerjaan-pekerjaan pengukuran kadaster sehingga semakin mempercepat pelayanan pendaftaran tanah di Indonesia. Setelah melalui kurun waktu 15 tahun Peraturan Menteri Negara Agraria /Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 2 Tahun 1998 diubah menjadi Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013.

Tabel 1. Asumsi Penambahan SDM Pengukuran pertahun dengan Bidang yang terukur selama 5 tahun

	Jumlah Petugas Ukur PNS (orang)	Jumlah ketersediaan Surveyor Berlisensi (orang)	Asumsi Penambahan Surveyor Berlisensi atau Petugas Ukur PNS (orang/tahun)	Total penambahan Surveyor Berlisensi atau Petugas Ukur PNS (orang)	Jumlah Tenaga Ukur/tahun (orang)	Bidang Terukur (bidang/tahun) 5 bidang perhari selama 200 hari kerja/tahun
tahun 1 (2017)	1,837	2,190	1,000	1,000	5,027	5,027,000
tahun 2 (2018)	1,691		3,000	4,000	7,881	7,881,000
tahun 3 (2019)	1,605		3,000	7,000	10,795	10,795,000
tahun 4 (2020)	1,507		3,000	10,000	13,697	13,697,000
tahun 5 (2021)	1,428		3,815	13,815	17,433	17,433,000
Total bidang terukur selama 5 tahun						54,833,000

Dari data simulasi diatas pengadaan petugas ukur swasta di Indonesia dalam jumlah yang sangat besar masih diperlukan dalam rangka percepatan pendaftaran tanah, namun juga harus dipikirkan bahwa peran surveyor berlisensi sejak dikeluarkannya Peraturan Menteri Negara Agraria /Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 2 Tahun 1998 tentang Surveyor Berlisensi sampai dengan sekarang dalam membantu pekerjaan pengukuran di BPN belum cukup maksimal. Hal ini dapat terjadi karena beberapa faktor yaitu: faktor keuntungan dimana biaya yang dikeluarkan oleh oleh surveyor berlisensi untuk melaksanakan pekerjaan-pekerjaan pengukuran kadastral tidak sebanding dengan nilai pekerjaannya (kurang *profitable*) serta faktor distribusi dimana surveyor berlisensi di Indonesia penyebarannya masih belum merata, dalam hal ini sebagian besar masih terkonsentrasi di kota-kota besar Jawa.

Selain Sumber Daya Manusia yang digunakan dalam proses pengumpulan data terdapat komponen yang tidak kurang penting yaitu Sistem Manajemen Data Pertanahan (SMDP). BPN telah melakukan pengembangan-pengembangan teknologi dengan proyek-proyek berbasis Teknologi Informasi dalam rangka mengembangkan Sistem Informasi Pertanahan di Indonesia. Proyek Komputerisasi Pelayanan Pertanahan pertamakali diluncurkan pada tahun 1997 melalui proyek yang bernama *Land Office Computerization* (LOC). Proyek-proyek berbasis Teknologi Informasi untuk meningkatkan proses pelayanan pertanahan tersebut berlangsung hingga saat ini dimana LOC yang merupakan proyek awal komputerisasi pelayanan pertanahan berubah nama menjadi Komputerisasi Kantor Pertanahan (KKP). Sebagai sebuah proyek terpadu penggunaan Teknologi Informasi untuk pelayanan pertanahan selama lebih kurang 2 dasawarsa tentunya diharapakan proyek tersebut dapat memberikan manfaat kepada *stake holders* pertanahan baik itu di dalam internal BPN sendiri maupun masyarakat sebagai pengguna informasi dan penerima manfaat pelayanan pertanahan.

Perkembangan Konsep Kadaster dan Pendaftaran Tanah

Seiring dengan perkembangan teknologi dan kondisi sosial, konsep kadaster dan pendaftaran tanah secara internasional berkembang dari waktu ke waktu. FIG atau *International Federation of Surveyor* merilis pengertian dari kadaster yaitu kadaster biasanya berdasar pada persil dan merupakan sistem informasi pertanahan yang meliputi data-data yang terkait dengan persil tersebut (*rights, restriction, responsibilities*). Kadaster biasanya mencakup diskripsi geometrik dari persil yang terhubung dengan data-data kepemilikan tanah dan juga terkadang juga nilai dari persil tersebut. Kadaster bertujuan untuk keperluan penarikan pajak, keperluan jaminan kepastian hukum untuk menunjang manajemen pertanahan dan penatagunaan tanah serta pembangunan yang berkelanjutan dan perlindungan lingkungan. *UN-ECE Guidlines on Land Administration* mengganti istilah kadaster dengan administrasi pertanahan yang memperluas pengertian kadaster yang definisinya adalah proses untuk menentukan, mengumpulkan dan menggunakan informasi tentang kepemilikan, nilai, dan penggunaan tanah dalam rangka menerapkan kebijakan manajemen pertanahan. Perluasan makna tersebut merupakan hasil dari kemajuan teknologi Informasi yang pesat dalam mengelola data dan informasi pertanahan yang tentu saja sangat mendukung negara-negara berkembang untuk dapat mempercepat transisi ekonomi melalui proses pendaftaran tanah. Pergeseran makna tersebut tidak mengkotakkan pendaftaran tanah yang berbasis hak, nilai tanah ataupun penggunaan tanah namun secara lebih luas menggunakan informasi yang ada untuk membatu reformasi pertanahan di negara berkembang (Enemark, 2010).

Tujuan dari Pendaftaran Tanah bukan hanya mencatat tapi juga harus bisa membantu dalam mengimplementasikan kebijakan yang berhubungan dengan tanah. Menurut Soto (2000) Banyak sistem title di negara-negara berkembang yang tidak mampu memproduksi kapital karena ia tidak menyadari perannya yang lebih luas dari sekedar memberi perlindungan terhadap properti itu sendiri. Pengembangan sistem pendaftaran tanah dengan hanya menggunakan pendekatan teknologi saja menemui banyak kegagalan di beberapa negara berkembang, hal tersebut dikarenakan tidak adanya kontrak sosial yang menjangkau properti secara mapan, sistem hukum properti formal tidak bisa menjangkau komunitas-komunitas ekstra legal, karena orang-orang di komunitas tersebut tidak menemukan alasan untuk mendaftarkan properti mereka secara legal, hanya jika hukum formal bisa menggantikan kesepakatan-kesepakatan ekstra legal sebagai sumber perlindungan properti maka sistem pendaftaran tanah yang dibangun baru bisa meng *generate capital* yang berfungsi untuk pemerataan kesejahteraan yang merupakan tujuan utama dari setiap negara.

Dalam rangka Administrasi Pertanahan di dunia internasional juga berkembang tentang istilah *fit for purpose Land Administration*. Istilah ini diperkenalkan oleh FIG atau *International Federation of Surveyor* untuk menjawab isu tentang pembangunan dan pengembangan administrasi pertanahan yang secara mendasar adalah *fit for purpose* atau dalam pemaknaan penulis merupakan administrasi pertanahan yang tepat guna, yang tidak hanya menggunakan solusi teknologi paling baru untuk menghasilkan data pengukuran yang teliti.

Tepat guna disini bisa diartikan sesuai dengan karakteristik setiap negara dimana negara-negara berkembang mempunyai karakteristik yang lebih heterogen dengan masih terdapatnya kesenjangan ekonomi antara kaya dan miskin yang tinggi dibadingkan negara maju yang sudah mapan. Dalam hal ini sesuai kutipan dari FIG (2015) konsep *fit and purpose* memberikan element-element pendekatan dalam metode pendaftaran tanah yang *pro poor* atau berpihak pada kalangan ekonomi lemah yaitu:

- Fleksibel dalam pengumpulan data spasial untuk meyediakan data untuk berbagai kebutuhan.
- Mencakup semua hak atas tanah
- Partisipatoris dalam pendekatan pengumpulan data dengan menggunakan bantuan komunitas
- Terjangkau untuk pemerintah dalam menjalankan serta untuk masyarakat dalam menggunakannya
- Terpercaya dalam hal informasi yang diberikan dan selalu *up to date*
- Dapat dicapai penerapan sistem pada periode waktu yang singkat dan dengan sumber daya yang ada
- Bisa dilakukan *upgrade* atau peningkatan sistem untuk menyikapi kebutuhan sosial, legal dan kesempatan ekonomi

Sedangkan dalam hal pengumpulan data *fit for purpose* menggunakan 4 prinsip yaitu:

- Menggunakan *General Boundary* dibandingkan *Fixed Boundary*
- Menggunakan Pemotretan udara daripada metode survey teristris
- Ketelitian tergantung pada tujuan dibandingkan pada standar teknis
- Kesempatan untuk melakukan update dan upgrade

Pada negara-negara berkembang khususnya di afrika pendekatan pendaftaran tanah yang metodenya disesuaikan dengan keperluan negara setempat sudah pernah dilakukan, berikut diintisarikan dari Byamugisha (2013) pengalaman pendaftaran tanah dengan orientasi tujuan dan tepat guna sesuai dengan karakter setiap negara:

- Ghana

Selama lebih kurang 5 tahun di Ghana telah dilakukan pengukuran terhadap *Castumory land* (Tanah adat) dengan menggunakan metode pengukuran kadastral yang teliti (*fix Boudary*) namun dampak yang ditimbulkan adalah output yang minim dengan dana yang besar dikarenakan kondisi wilayah yang penuh dengan pepohonan serta kesulitan dalam kesepakatan batas antara komunitas adat. Sehingga Bank Dunia turun tangan dengan menggunakan mekanisme *Alternative Disputre Resolution* untuk membantu komunitas adat menyepakati batas-batas tanahnya sebelum Surveyor melakukan pengukuran. Sementara untuk pelaksanaan pendaftaran tanah sistematik pengukuran kadastral yang teliti (*fix boundary*) dilakukan dengan bantuan dana dari bank dunia namun hasilnya tidak seperti yang diharapkan disamping memerlukan waktu yang lama biaya yang dikeluarkan juga besar hal tersebut dikarenakan survey kadastral teliti hanya cocok untuk daerah urban dan semi urban atau daerah komersial untuk daerah rural, pada daerah yag nilai tanahnya rendah, penggunaan *general boundary* dirasa lebih cocok.

- Tanzania

Tanzania telah melakukan pengukuran 60 persen tanah-tanah adat yang ada di wilayahnya. Pendaftaran tanah atas hak-hak individu berjalan sangat lambat kurang dari 200.000 persil dari total 25 juta persil berhasil diukur dan diberikan sertifikat kepemilikan. Pendaftaran Tanah sistematik di Tanzania mulai memperkenalkan pendekatan ajudikasi berbasiskan citra satelit terutama untuk sertipikat hak adat (*certificates of customary right of occupancy* / CCRO) yang hasilnya bisa mereduksi biaya jika hanya melakukan pendekatan pengukuran teristris teliti.

- Uganda

Uganda juga melaksanakan program pendaftaran sistematik dengan pembiayaan dari Bank Dunia. *Pilot Project* yang telah dilaksanakan telah sukses dalam menggunakan pendekatan *partycipatory mapping* yang mampu menghemat biaya. Dari Uganda juga diperoleh pembelajaran tentang pengukuran kadastral teliti cocok untuk daerah dengan nilai tanah tinggi dan komersil sedangkan untuk daerah dengan nilai tanah rendah lebih cocok jika digunakan pendekatan *general boundary* berbasiskan foto udara/ citra satelit resolusi tinggi.

Dari pengalaman negara-negara tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa di negara-negara berkembang dimana sistem pemberian haknya dipengaruhi oleh banyak budaya lokal dan terdapatnya masyarakat adat pendekatan teknis dengan semata hanya menggunakan teknologi pengukuran modern untuk memperoleh hasil pengukuran yang teliti tidak bisa langsung memberikan kemanfaatan dalam mempercepat proses pendaftran tanah, oleh karena itu diperlukan metode yang disesuaikan tujuan dari proses pendaftaran tanah yang sebenarnya tidak hanya akurasi hasil data spasial tapi lebih pada kemanfaatan data yang telah dikumpulkan dengan tidak mengurangi jaminan hukum (formalitas) atas kepemilikan hak atas tanah.

Pendaftaran Tanah Tepat Guna di Indonesia

Mengingat indonesia sebagai negara berkembang dengan kodisi sosial dan geografis yang beragam

serta kebutuhan akan sistem pendaftaran tanah yang mampu untuk mensejahterakan masyarakat dan meningkatkan kemampuan ekonomi masyarakat Indonesia tanpa terkecuali, pemanfaatan konsep *fit for purpose* dalam membangun sistem pendaftaran tanah Indonesia perlu untuk dipertimbangkan. Sistem Pendaftaran Tanah harus bisa menjadi *tools* bagi pemerintah untuk melaksanakan program-program pembangunan di satu sisi dan memberikan jaminan kepastian hukum serta memberikan informasi pertanahan bagi masyarakat di sisi lain sehingga efeknya adalah kemajuan dan kesejahteraan masyarakat.

Dalam hal ini penulis berusaha menghubungkan kondisi *existing* pendaftaran tanah di Indonesia dan prinsip-prinsip *fit for purpose* sehingga terdapat alternatif solusi perbaikan pendaftaran tanah di Indonesia.

- Aspek Spasial

Selama ini Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ BPN telah melakukan pembangunan Infrastruktur Data Spasial untuk menunjang Pengumpulan dan Pemetaan Data Spasial. Program Program seperti Pengadaan Titik Dasar Teknis, Pengadaan CORS, Pengadaan Peta Foto skala besar serta Komputerisasi Kantor Pertanahan adalah beberapa usaha yang telah dilakukan di BPN untuk mempercepat proses pengumpulan data spasial dan penyampaian informasi spasial. Namun demikian, program-program yang menggunakan teknologi terkini di bidang pengukuran dan pemetaan tersebut perlu dibarengi dengan penerapan prinsip *fit for purpose* dimana setiap teknologi yang dipakai harus bisa menjamin efektifitas dan efisiensi proses dengan tanpa melupakan tujuan utama pendaftaran tanah yaitu sebagai daya dukung pemerintah untuk implementasi kebijakan pemerataan pembangunan serta memberikan jaminan hukum atas kepemilikan atas tanah.

Pada pelaksanaan Pendaftaran Tanah di Indonesia terdapat beberapa permasalahan utama yang antara lain sebagai berikut:

a. Anggaran negara untuk proses Pendaftaran Tanah terbatas sementara Pengukuran kadaster teliti seperti yang diterapkan di Indonesia selama ini merupakan komponen yang memakan biaya besar.
b. Jumlah Petugas ukur yang terbatas sementara untuk penambahannya diperlukan biaya yang tidak sedikit.
c. Luas daerah yang akan dipetakan yang besar dengan kondisi indonesia merupakan negara kepulauan, kondisi geografis yang beragam, dengan kondisi sarana transportasi yang beragam pula.
d. Banyaknya masyarakat yang masih belum tercukupi kebutuhan pokoknya sehingga tidak begitu memperhatikan untuk mengikuti proses pendaftaran tanah.
e. Banyaknya daerah dengan kondisi sosial dan sistem adat yang bervariasi
f. Masih fokus pada usaha pemberian perlindungan hukum dengan pengukuran akurat dan belum memperhatikan kelengkapan informasi pertanahan yang bisa digunakan untuk pelaksanaan pembangunan maupun pihak-pihak yang membutuhkan.

Mengingat kondisi-kondisi tersebut perlu dilakukan langkah-langkah terobosan untuk perbaikan sistem dengan menggunakan prinsip-prinsip *fit for purpose* yang yaitu:

a. Dengan kondisi sosial dan kebutuhan masyarakat akan proses pendaftaran tanah yang beragam, BPN perlu melakukan pemilahan terhadap Objek Pendaftaran Tanah berdasarkan ketelitian data spasial yang akan didapatkan. Dengan pemilahan tersebut diharapkan *cost* atau pembiayaan untuk pengukuran dapat ditekan. Untuk wilayal rural atau semi urban ketelitian pengukuran bidang tanah bisa lebih rendah dibandingkan dengan daerah urban, begitu juga untuk *social title* seperti tanah adat mempunyai ketelitan lebih rendah dibandingkan *individual title*/*freehold title* (hak milik). Ketelitian tersebut dapat secara bertahap ditingkatkan berdasarkan kebutuhan.
b. Menggunakan teknologi *Remote Sensing*/Fotogrametri untuk mendapatkan data dengan skala relatif luas dan cepat dengan jumlah Sumber Daya Manusia yang mengoperasikan relatif lebih sedikit dibandingkan dengan pengukuran teristris.
c. Untuk bidang-bidang tanah yang mempunyai kenampakan geografis sebagai penanda batas bidang tanah (*General Boundary*) bisa dilakukan *participatory parcel mapping* yang melibatkan komunitas masyarakat setempat. Metode ini bisa dilakukan untuk pengukuran dan pemetaan tanah-tanah adat yang luas dan terdapat di rural area atau pada lahan persawahan yang batasnya bisa dilihat dari pemotretan udara/ citra satelit resolusi tinggi. Pertimbangan penggunaan general boundary terhadap bidang tanah dengan batas yang sudah terbangun seperti pematang atau tembok adalah potensi terjadinya konflik batas tanah kecil karena secara tidak langsung pihak yang berbatasan sudah sepakat dengan batas yang sudah permanen berdiri (asas kontradiktur delimitasi terpenuhi). Sedangkan untuk *castumery land* (Tanah adat) penggunaaan *general boundary* lebih bisa diimplementasikan daripada melakukan pengukuran secara teristris yang mahal. Hal tersebut dikarenakan tanah adat biasanya relatif luas dan terletak pada daerah-daerah yang sulit dijangkau. Disamping

itu kesepakatan batas bisa lebih mudah dilakukan karena dapat langsung menghadirkan pemuka adat setempat yang mengetahui secara persis kondisi alam batas-batas tanahnya pada satu waktu dengan sarana foto udara/ citra satelit yang sudah dicetak.

d. Pembangunan pola pikir di lingkungan Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN bahwa data yang lengkap, terpercaya tidak harus selalu akurat dalam metode pengukurannya karena keakuratan tanpa kelengkapan menjadi tidak signifikan. Kebutuhan akan administrasi pertanahan yang lengkap dan terpercaya jauh lebih besar daripada mengejar akurasi.

- Aspek Legal dan Institusional

Permasalahan utama dari sisi legal dalam pendaftaran tanah di Indonesia adalah sistem pendaftaran tanah di Indonesia menganut sistem publikasi negatif bertendensikan positif dimana sertipikat merupakan alat bukti yang kuat dan penelusuran riwayat tanah dilakukan secara berhati-hati sehingga memerlukan waktu yang lama untuk proses pendaftaran hak. Di sisi lain masyarakat tidak memahami suatu perbedaan yang berarti antara ada seripikat dan tidak ada sertipikat atas tanahnya terutama pada daerah rural, disamping itu faktor biaya BPHTP yang cukup memberatkan bagi masyarakat ekonomi lemah membuat keengganan masyarakat untuk mendaftar tanahnya (Yamin, 2006).

Sejalan dengan proses pengumpulan data spasial yang memiliki variasi ketelitian dalam hal ini *title* (hak) dapat dibuat bertingkat atau dalam *fit for purpose* disebut *continuum to continuums*, hal tersebut untuk mengakomodasi hak atas tanah yang bersifat informal seperti tanah-tanah adat. Dengan konsep tersebut tingkatan dari *title* bisa berjenjang dari *customary land* menjadi hak milik yang lebih bersifat *private*. Dalam hal ini diperlukan penyamaan persepsi dari para penggiat hukum pertanahan dan legislator untuk membuat kerangka peraturan pendaftaran tanah yang bisa mengakomodasi fleksibilitas dari pengumpulan data mekanisme tenurial yang bersifat bertahap tersebut. Hal tersebut tentusaja harus dikembalikan pada tujuan pendaftaran tanah untuk melindungi hak-hak pemilik tanah dan juga untuk menunjang implementasi kebijakan pembangunan dalam hal ini Land reform yang memerlukan informasi yang lengkap untuk kesejahteraan dan peningkatan taraf ekonomi masyarakat.

Penerapan pendaftaran tanah memerlukan dukungan institusi baik dukungan politik, legal maupun sumberdaya. Hal tersebut harus merupakan komitmen dari berbagai pihak untuk menyamakan tujuan bahwa tujuan pendaftaran tanah, atau jika ingin lebih luas pengertiannya menjadi administrasi pertanahan, adalah untuk pengaturan kebijakan pertanahan demi pemerataan kesejahteraan rakyat. Hal tersebut bisa tercapai jika terdapat data yang komplet dan terpercaya, oleh karena itu *Stake holders* pertanahan harus bersinergi membangun satu visi bahwa pendaftaran tanah harus berorientasi kepada dukungan terhadap masyarakat lemah sehingga mereka mampu untuk memperbaiki kesejahteraannya.

Dalam membangun Pendaftaran Tanah yang tepat guna komitmen yang harus dibangun terdiri dari komitmen pemerintah pusat dan komitmen pada level daerah dan sedapat mungkin mengefektifkan alokasi pendanaan dari pendapatan negara daripada menggantungkan dana dari lembaga donor

Kesimpulan dan Saran

Penerapan konsep-konsep tepat guna memang tidak mudah dikarenakan konsep tersebut bukan semata menggati sarana dan prasarana namun lebih pada perubahan paradigma dalam melakukan pendaftaran tanah. Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ BPN sebagai panglima dalam pendaftaran tanah seyogyanya dapat segera mengambil peran dengan berfokus pada penyiapan kebijakan-kebijakan dan peraturan-peraturan yang mendukung untuk mengadopsi prinsip-prinsip *fit for purpose* tersebut dalam sistem pendaftaran tanah di Indonesia.

Daftar Pustaka

BPS., 2016, *Laporan Bulanan Data Sosial Ekonomi.* Badan Pusat Statistik.

Byamugisha, F. F., 2013, *Securing Africa's Land for Shared Prosperity A Program to Scale Up Reforms and Investment*, The World Bank, Washington DC.

Enemark, S., 2010, From Cadastre to Land Governance. *2nd European Conference On Cadastre*, FIG., Bucharest.

FIG.., 2015, *Fit for Purpose Land Administration*, FIG., Copenhagen.

Soto, H. D., 2000, *The Mystery of Capital*, Qalam.

Widianto, T., 2015, Penguatan Status Surveyor Berlisensi menjadi Pejabat Pengukur Bidang Tanah, *FIT ISI 2015*, ISI, Malang.

Yamin, M., 2006, *Problematika Mewujudkan Jaminan Kepastian Hukum Atas Tanah Dalam Pendaftaran Tanah*, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Studi Pelaksanaan *Graphical Index Mapping* (GIM) dalam Peningkatan Kualitas Basis Data Pertanahan di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo

Yudha Kusuma Dharma[a], Yendi Sufyandi[b], Kusmiarto[c].

a. Alumni DIV Pertanahan STPN Yogyakarta (yudha85kenzi@gmail.com)

b. dan c. Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional

ABSTRAK

Perkembangan Teknologi Informasi yang berada di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional dinilai sudah cukup baik, hal ini dibuktikan dengan adanya Aplikasi Komputerisasi Kantor Pertanahan (KKP) berbasis web. Aplikasi KKPweb mengatur sistem managemen basis data pertanahan yang terdiri atas basis data spasial dan basis data tekstual yang saling terkoneksi satu dengan yang lain. Pada Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo terjadi ketidak seimbangan antara jumlah basis data spasial dengan basis data tekstual. Dalam rangka mengatasi hal tersebut dilakukan kegiatan *Graphical Index Mapping* (*GIM*). Mekanisme pelaksanaan kegiatan GIM yang dilakukan antara lain: (1) Pembangunan basis data spasial dengan digitalisasi bidang tanah yang terdaftar (2) Pemetaan bidang tanah yang belum terpetakan pada Peta Pendaftaran di aplikasi KKPweb. Manfaat dalam pelaksanaan GIM adalah terwujudnya sistem informasi pertanahan yang baik dengan, terwujudnya peta tunggal yang telah terintegrasi pada peta pendaftaran di Aplikasi KKPweb,

Kata kunci: *Graphical Index Mapping*, Basis Data Pertanahan.

1. Pendahuluan

Teknologi informasi yang berkembang telah memberikan paradigma baru dalam kegiatan penyajian informasi maupun pelayanan kepada masyarakat, sehingga dibutuhkan suatu inovasi dalam membangun kepercayaan kepada masyarakat. Seiring dengan itu Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN) dalam mengelola informasi publik yang akurat sebaiknya memenuhi segala kebutuhan masyarakat yang hakikatnya adalah demi kemakmuran rakyat seutuhnya, bukan hanya untuk kepentingan sepihak yang dapat merugikan masyarakat dalam jangka panjang.

Sistem Informasi Pertanahan (SIP) memuat basis data pertanahan seperti data spasial dan data tekstual. Data spasial contohnya Peta Pendaftaran, Gambar Ukur (GU) dan Data tekstual contohnya Surat Ukur, Buku Tanah (BT). Data spasial dan data tekstual yang terkoneksi menjadi satu yang dalam pemetaannya dikenal dengan proses GeoKKP (Muryono, 2012:20). GeoKKP merupakan aplikasi tambahan yang terhubung dengan aplikasi *AutoCAD Map* 3D 2012 yang digunakan untuk menyusun data spasial pertanahan yang terintegrasi dan standar sehingga memudahkan dalam pengelolaan informasi pertanahan dan memudahkan dalam rangka pertukaran data dengan instansi sektoral yang lain (Direktorat Penetapan Batas, Kedeputian Bidang Survei, Pengukuran dan pemetaan BPN RI, 2014:5-6).

Aplikasi GeoKKP selain digunakan untuk proses pelayanan dalam rangka penerbitan sertipikat baru, juga digunakan untuk memetakan bidang-bidang tanah yang sudah bersertipikat tetapi belum terpetakan pada Peta Pendaftaran dalam satu sistem koordinat nasional Transverse Mercator dengan lebar zone 3° (TM-3^0). Data spasial ini selanjutnya koneksikan dengan data tekstual yang berisi informasi bidang tanah yang bersangkutan. Aplikasi GeoKKP ini merupakan *tools* untuk mewujudkan pelayanan berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi di Bidang Pertanahan.

Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo menggunakan aplikasi GeoKKP untuk pengelolaan basis data pertanahan dalam rangka membangun Sistem Informasi Pertanahan. Dalam pelaksanaannya banyak menghadapi kendala antara lain : (a). bidang-bidang tanah yang terdaftar yang belum terpetakan dan tergambar secara digital ; (b). buku tanah dan surat ukur masih banyak yang belum di entry. Berdasarkan pra-survey tanggal 22-02-2016 di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo diperoleh Informasi bahwa besaran jumlah bidang tanah yang terdaftar sebanyak 415.145 bidang, jumlah bidang tanah yang tervalidasi sebanyak 209.379 bidang, sedangkan jumlah bidang tanah yang belum tervalidasi adalah sebanyak 205.766 bidang.

Berkaitan dengan masalah di atas maka sesuai dengan Petunjuk Teknis PMNA Nomor 3 Tahun 1997 peneliti melaksanakan kegiatan *Graphical Index Mapping* (GIM). GIM merupakan penyusunan

informasi mengenai bidang-bidang tanah yang telah terdaftar untuk memberikan data pendukung bagi kegiatan administrasi pertanahan (Petunjuk Teknis PMNA No.3 Tahun 1997). Dengan kegiatan GIM ini, diharapkan dapat meningkatan basis data spasial dan pembangunan basis data pertanahan dapat terwujud, sehingga permasalahan pertanahan seperti sengketa batas bidang tanah dan tumpang tindih hak atas tanah dapat diminimalisir. Pada kenyataannya kegiatan GIM ini memiliki banyak kendala, antara lain kurang optimalnya pelaksana kegiatan GIM di lapangan dan pengolahan data spasial pada GeoKKP dan hal ini merupakan faktor yang bisa mengakibatkan permasalahan dimasa yang akan datang.

2. Metode Penelitian

a. Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif dengan pendekatan kualitatif. Metode deskriptif ini berfokus kepada masalah yang muncul dalam penelitian ini yang menuntut peneliti untuk melakukan berbagai aktivitas eksplorasi dalam rangka memahami, menjelaskan dan mengungkap masalah-masalah yang menjadi fokus penelitian ini serta menggambarkan fakta-fakta tentang masalah yang diselidikinya. Pendekatan kualitatif metode penelitian yang digunakan untuk meneliti kondisi obyek yang alamiah, dimana peneliti adalah instrumen kunci, dan teknik pengumpulan data dilakukan secara triangulasi, analisis data bersifat induktif/kualitatif dan lebih menekankan dari pada generalisasi (Sugiyono, 2014:9)

b. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo Propinsi Jawa Timur, dengan memilih salah satu Desa yaitu Desa Pejangkungan, Kecamatan Prambon Kabupaten Sidoarjo. Desa ini dipilih karena merupakan salah satu desa yang dianggap perlu dilakukan perbaikan basis data spasialnya karena presentase dalam aplikasi KKPweb 42.37 %, artinya dalam satu desa tersebut baru 42.37 % bidang tanah yang terpetakan pada peta pendaftaran dari jumlah keseluruhan.

c. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat pengukuran yaitu CORS merk Javad, GPS Navigasi, Pita Ukur dan untuk pengolahan data digitalnya berupa aplikasi AutoCAD Map 3D 2012, Google Earth, Universal Map Downloader 8.7, Global Mapper 13, dan Chrome.

d. Tahapan Penelitian.

Penelitian ini memiliki tahapan sebagai berikut, antara lain :

1. Inventarisasi Data Pertanahan : Buku Tanah (BT), Gambar Situasi/Surat Ukur (GS/SU).
2. *Download* Data Raster (Citra)
3. Melakukan Kegiatan Koordinasi dengan Kepala Desa dan Perangkat Desa
4. Rektifikasi Citra Satelit Dengan *Ground Control Point* (GCP)
5. Pelaksanaan Kegiatan GIM Langsung Di Lapangan (*On Site*)
6. Proses Pemetaan Bidang Tanah Hasil GIM ke Peta Pendaftaran

3. Hasil dan Pembahasan

Sistem Informasi Pertanahan (SIP) yang baik dalam kegiatan pelayanan sangat dibutuhkan karena merupakan faktor utama dalam pelayanan kepada masyarakat. Untuk mendukung SIP yang baik dan terbaru perlu adanya pembangunan basis data pertanahan, khususnya pada basis data spasial melalui pelaksanaan GIM dalam rangka peningkatan basis data spasial. Pada kenyataannya, saat ini di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo masih banyak ditemui bidang tanah yang belum terpetakan pada Peta Pendaftaran. Hasil Penelitian, diharapkan dapat memberikan peningkatan pada basis data spasial pertanahan, yang selanjutnya dapat mendukung terwujudnya SIP yang mempunyai kualitas basis data pertanahan kualitas nomor 1 (KW 1).

Berdasarkan hasil inventarisasi dapat diketahui bahwa di Desa Pejangkungan Kecamatan Prambon Kabupaten Sidoarjo terdapat Sertipikat bidang tanah yang belum terpetakan dalam Peta Pendaftaran adalah sebagai berikut: Sertipikat Hak Milik 44 bidang tanah, Sertipikat Hak Wakaf 10 bidang tanah, dan Sertipikat Hak Pakai 2 bidang tanah.

SIP yang baik diwujudkan dalam Aplikasi KKP*web*. Aplikasi KKP*web* mempunyai peran penting dalam hal pelayanan kepada masyarakat, oleh sebab itu perlu upaya peningkatan basis data pertanahanan khususnya data spasial. Adapun langkah-langkah pelaksanaan GIM dalam rangka peningkatan kualitas basis data pertanahan sebagai berikut :

a. Inventarisasi Data Pertanahan : Buku Tanah (BT), Gambar Situasi/Surat Ukur (GS/SU).

   Inventarisasi data pertanahan analog meliputi BT, GS/SU dan GU yang setiap data ini disimpan dalam warkah pada setiap masing-masing seksi. Untuk BT tersimpan dalam warkah seksi HTPT dan GS/SU atau GU tersimpan dalam seksi Survei Pengukuran dan Pemetaan (SPP). Kegiatan inventarisasi data pertanahan bertujuan untuk mengetahui jumlah bidang tanah yang terdaftar secara keseluruhan pada setiap desa.

   Hasil inventarisasi basis data pertanahan melalui aplikasi KKPweb yaitu berupa data sertipikat tanah yang berada dalam satu desa, yang meliputi nomor sertipikat, nomor Surat Ukur (SU), NIB,

Luas, dan Jenis Kualitas Data (KW 1 - KW 6).

Tabel 1. Kualitas Data Pertanahan.

Kualitas	Bidang tanah dalam Peta Pendaftaran	GS/SU Spasial	GS/SU Tekstual	Buku Tanah
1	Ada	Ada	Ada	Ada
2	Ada	Tidak Ada	Ada	Ada
3	Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada
4	Tidak Ada	Ada	Ada	Ada
5	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada	Ada
6	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada	Ada

Sumber : Pusdatin BPN RI, 2011:5

b. Analisis Data Pertanahan Pada KKPweb.
Analisis data pertanahan pada KKP*web* dilakukan terhadap dokumen yang telah dikumpulkan pada tahap inventarisasi. Tujuan dari analisis data pertanahan pada KKPweb adalah untuk mengetahui perbedaan jumlah Buku Tanah secara fisik dan digital (sudah dientri) dengan jumlah bidang tanah yang ada pada Peta Pendaftaran, dalam penelitian ini peneliti menemukan banyak sekali Buku Tanah yang tidak mempunyai bentuk geometri bidang tanah pada Peta Pendaftaran di aplikasi KKP*web*. Penemuan tersebut menurut peneliti dapat ditanggulangi dengan pelaksanaan GIM.

c. Digitalisasi Bidang Tanah Yang Terdaftar Sesuai dengan Gambar Ukur (GU).
Kegiatan digitalisasi bidang tanah terdaftar sesuai dengan GU adalah kegiatan penggambaran bidang tanah yang terdaftar dengan aplikasi *AutoCAD Map 3D* 2012 dengan mengacu hasil ukuran yang terdapat pada GU. Pada pengertian GU adalah Dokumen tempat mencantumkan gambar suatu bidang tanah atau lebih dan situasi sekitarnya serta data hasil pengukuran bidang tanah baik berupa jarak, sudut, azimuth ataupun sudut jurusan (Petunjuk Teknis PMNA Nomor 3 Tahun 1997).
Hasil inventarisasi GU di Kantor Pertanahan Kabupaten Sidoarjo ternyata GU dibawah tahun 1997 bersifat melayang artinya GU/bidang tanah masih berkoordinat lokal bukan koordinat nasional (TM-3^0).
Kegiatan digitalisasi bidang tanah yang terdaftar menggunakan aplikasi AutoCAD Map 3D 2012. Pada pengolahan digitalisasi/penggambaran bidang tanah tersebut harus menggunakan standarisasi layer yang sesuai dengan ketetapan BPN, artinya nama layer yang harus diberikan untuk setiap pengolahan data spasial memiliki nama layer yang berbeda. Contohnya untuk layer batas persil dengan layer 020100 dan Nomor Identitas Bidang (NIB) dengan layer 080201 secara jelas dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 2. Standarisasi Layer

No	Nama Layer	Deskripsi	Entitas
1	010500	Batas kelurahan	Polyline
2	020100	Batas Persil	Polyline
3	030100	Batas Sungai	Polyline
4	040100	Batas Jalan	Polyline
5	080105	Nama Desa	Text
6	080301	Nama Sungai	Text
7	080401	Nama Jalan	Text
8	080201	NIB	Text
9	080202	Nomor SU	Text
10	080203	Nomor Hak	Text

Sumber Pusdatin-RI Hal. 2011:9

d. Download Data Raster (Citra).
Pada kegiatan ini peneliti melakukan download data citra dalam satu desa secara gratis dengan menggunakan aplikasi Universal Maps Downloader 8.7. Tujuan dari kegiatan ini dilakukan agar desa yang dijadikan obyek penelitian mempunyai data raster (citra) yang baik, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam kegiatan GIM. Hasil dari kegiatan download data citra dengan aplikasi Universal Maps Downloader 8.7. berupa file data raster dengan format .bmp, setelah itu file data citra dengan format .bmp tersebut di export dengan menggunakan aplikasi Global Mapper 13. Global Mapper 13 ini berfungsi untuk merubah proyeksi data citra yang semula format .bmp menuju format .ecw. Maksud merubah format .bmp menuju format .ecw agar data citra tersebut dapat di olah dalam aplikasi AutoCad Map 3D 2012

e. Persiapan alat ukur yang digunakan.
Persiapan alat ukur yang digunakan dalam pelaksanaan GIM antara lain CORS Merk Javad, Pita Ukur dan GPSmap 79s Merk Garmin.



Gambar 1. Jenis Alat Ukur Yang digunakan.

f. Melakukan Kegiatan Koordinasi dengan Kepala Desa dan Perangkat Desa.
Kegiatan ini bertujuan untuk memberikan penjelasan terkait dengan pelaksanaan kegiatan

Peningkatan Kualitas Basis Data Spasial Pertanahan dengan GIM. Dalam Pelaksanaannya, kegiatan GIM yang dilakukan di lokasi penelitian, didampingi oleh perwakilan perangkat desa dan masyarakat sehingga memudahkan dalam identifikasi batas-batas bidang tanah dengan menggunakan alat yang telah dipersiapkan.

g. Rektifikasi Citra Satelit Dengan Ground Control Point (GCP)
Data raster (citra) yang diperoleh dari download secara gratis, tentunya masih belum mempunyai ketelitian yang akurat, untuk itu diperlukan proses georeferencing ke dalam sebuah sistem koordinat yang disebut koreksi geometrik. Koreksi Geometrik citra adalah korelasi antar koordinat suatu obyek (x,y) pada citra dengan koordinat (X,Y) pada permukaan bumi (Bahan OJT Pengolahan Citra Kanwil BPN Provinsi Jawa Timur 2013:21). Koreksi geometrik dikenal dengan istilah rektifikasi. Parameter tingkat keakuratan dari proses rektifikasi ini adalah nilai yang dipresentasikan oleh selisih antara koordinat titik kontrol hasil transformasi dengan koordinat titik kontrol, atau dikenal dengan RMS (Root Mean Square) Error dan nilai RMS Error yang rendah akan menghasilkan hasil rektifikasi yang akurat (Modul OJT Kanwil Provinsi Jawa Timur 2013:22). Nilai RMS Error yang disarankan maksimal adalah ½ * Resolusi Citra. Misalnya citra yang digunakan adalah Citra Quickbird dengan resolusi 0,63 meter, artinya nilai RMS Eror = ½ * 0,63 meter = 0,315 meter (Modul OJT Kanwil Provinsi Jawa Timur 2013:24)

h. Pelaksanaan Kegiatan GIM Langsung Di Lapangan (On Site)
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, secara teknis kegiatan GIM ini merupakan kegiatan pemetaan kembali bidang tanah yang bersertipikat dengan pengambilan koordinat batas bidang tanah di lapangan menggunakan alat ukur yang telah dipersiapkan sebelumnya. Menurut Rowton Simpson 1976 dalam Kusmiarto dan Eko Budi Wahyono (2016:52) mengklasifikasikan batas bidang tanah menjadi 3 (tiga) jenis yaitu Batas Umum (*General Boundary*), Batas Tetap (Fixed Boudary) dan Batas Terjamin (*Guaranted Boundary*). Jika dikaitkan dengan penelitian ini maka yang lakukan pengambilan koordinatnya adalah Batas Terjamin (*Guaranted Boundary*). Batas Terjamin (*Guaranted Boundary*) adalah tanda batas yang telah dipasang secara permanen dan memenuhi asas *Contradictoire Delimitate* yang telah diukur dan didokumentasikan dalam Gambar Ukur dan Peta Kadastral yang fungsinya dapat digunakan untuk rekonstruksi batas sesuai keadaan semula pada waktu pengukuran pertama jika sesuatu terjadi terhadap tanda batas dikemudian hari, misalnya hilang, rusak atau bergeser ataupun jika terjadi sengketa berkaitan dengan batas bidang tanah.
Proses pengambilan koordinat batas bidang tanah tidak diambil secara keseluruhan, cukup dengan mengambil 2 (dua) patok batas bidang tanah, hal ini dinilai sudah cukup menentukan posisi bidang tanah tersebut.

i. Proses Pemetaan Bidang Tanah Hasil GIM ke Peta Pendaftaran.
Pada kegiatan pemetaan bidang tanah hasil GIM ke Peta Pendaftaran merupakan wujud dari pembangunan basis data pertanahan, karena bidang tanah terdaftar (data spasial) tersebut akan terkoneksi dengan data tekstual, yang ini semua di atur dalam aplikasi KKPweb.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Permasalahan yang ada dalam sistem informasi pertanahan (KKPweb) saat ini yaitu belum terwujudnya basis data pertanahan yang baik. Hal ini ditunjukkan dengan perbedaan jumlah basis data spasial dan tekstual. Berangkat dari permasalahan tersebut peneliti membangun kualitas basis data pertanahan dengan mengoptimalkan kegiatan GIM. Hasil dari kegiatan GIM secara langsung dapat mendukung sistem informasi pertanahan (KKPweb) yang artinya basis data spasial yang semula masih belum lengkap setelah kegiatan GIM menjadi lengkap dan terjadi koneksi antara basis data spasial dengan basis data tekstual. Dengan demikian kegiatan GIM dapat mendukung dalam percepatan pelayanan kepada masyarakat yang berkaitan dengan sistem informasi pertanahan.

Saran

Untuk pelaksanaan GIM dalam rangka peningkatan kualitas basis data pertanahan yang baik, diperlukan dengan membentuk satgas khusus dalam kegiatan ini. Harapannya dengan terbentuknya satgas tersebut bisa fokus terhadap kegiatan peningkatan kualitas basis data pertanahan (KW) dan tidak dibebani dengan pekerjaan rutin yang ada di Kantor Pertanahanan. Untuk meningkatkan efisiensi waktu dalam kegiatan ini diperlukan sumber daya manusia yang handal dengan di adakan pelatihan khusus terkait

Ucapan Terima Kasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada kontributor data, fasilitas, Kepala Jurusan Teknik Geodesi dan rekan-rekan tim Jurnal Geospasial Teknik Geodesi FT-UGM atas kesempatan untuk mengikuti acara CGISE dan FIT-ISI 2016.

DAFTAR PUSTAKA

Aisiyah, Nuraini dan Teguh Tri Erawanta. 2010. *Sistem Informasi Pertanahan Sebagai Alat Untuk Pengembangan.* Jurnal Magistra No.72 Tahun XXII. Yogyakarta

Atmadilaga, Agus Hermawan. 2010. *Kamus Survei dan Pemetaan Berilustrasi*. Badan Sertifikasi Asosiasi Ikatan Surveyor Indonesia. Bandung.

Azwar, Saifuddin. 1997. *Metode Penelitian*. Pustaka Belajar. Yogyakarta.

Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Pusat Bahasa Edisi Keempat*. PT.Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Direktorat Penetapan Batas, Kedeputian Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan BPN RI. 2014. *Bahan Ajar On The Job Training Peningkatan Kualitas Data Spasial Bidang Tanah Terdaftar*, Pusdatin–BPN RI : Jakarta.

Fathansyah. 1999. *Buku Teks Ilmu Komputer Basis Data*. Informatika. Bandung.

Indarto. 2013. *Sistem Informasi Geografis*. Graha Ilmu. Yogyakarta.

Kantor Wilayah BPN Provinsi Jawa Timur. 2013. *Bahan Ajar On The Job Training Pengolahan Citra Penginderaan Jauh*. (Tidak Dipublikasikan).

Kariyono, Yuli Efendi, dan I Made Sumadra. 2015. *Peningkatan Kualitas Data Pertanahan Di Kantor Pertanahan Kota Kendari.* Prosiding Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia. Kota Batu Jawa Timur.

Kusmiarto dan Eko Budi Wahyono. 2016. *Survey Kadaster Ber-SNI ? Why Not.* Prosiding Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis STPN XXII Tanggal 19 Maret 2016. STPN Yogyakarta.

Manurung, Adolf Antonius. 2014. *Aplikasi Continuously Operating Reference Station Untuk Mendukung GeoKKP*. Skripsi, Program DIV STPN Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan).

Marni, Nordina. 2015. *Peningkatan Kualitas Data Spasial Bidang Tanah Terdaftar Pada Program GeoKKP Di Kantor Pertanahan Kabupaten Kotabaru Propinsi Kalimantan Selatan*. Skripsi, Program DIV STPN Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan).

Muryono, Slamet, dkk. 2012. *Efektifitas dan Efisiensi Pelayanan Pertanahan Berbasis Web Di Kantor Pertanahan Kabupaten Magelang,* Jurnal Pertanahan Bhumi Nomor 7 Tahun 4, Yogyakarta.

Prahasta, Eddy. 2002. *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Informatika. Bandung.

Pusdatin. 2011. *Pembangunan Basis Data Spasial Untuk Mendukung Sistem Informasi dan Manajemen Pertanahan Nasional*. Jakarta: (Tidak Dipublikasikan)

Royani, Rischy Venthy. 2013. *Pelaksanaan Penyusunan Basis Data Pertanahan Melalui Kegiatan GeoKKP di Kantor Pertanahan Kabupaten Madiun Provinsi Jawa Timur*. Skripsi, Program DIV STPN Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan)

Sari, Ratna Yusmela. 2014. *Mekanisme Pembangunan Basis Data Pertanahan Melalui Kegiatan GeoKKP (Studi Di Kantor Pertanahan Kabupaten Sumenep, Provinsi Jawa Timur)*. Skripsi, Program DIV STPN Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan).

Sugiyono. 2014. *Metode Penelitian Kuantitaif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta, Yogyakarta.

Sutaryono dan Suharno. 2002. *"Pelaksanaan Land Office Computerization (LOC) di Kantor Pertanahan Kabupaten Wonogiri"*, Jurnal Pertanahan Bhumi Nomor 3 Tahun 2. Yogyakarta.

Syamsi, Ardiyan. 2015. *Migrasi Basis Data Pada KKP Dekstop Ke KKPweb di Kantor Pertanahan Kabupaten Batu.* Skripsi, Program DIV STPN Yogyakarta (Tidak Dipublikasikan)

Yakub. 2012. *Pengantar Sistem Informasi*, Graha Ilmu :Yogyakarta.

Peraturan Perundang – Undangan:

Undang- Undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria.

Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.

Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik.

Undang-Undang Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik.

Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Petunjuk Teknis Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997, Materi Pengukuran dan Pemetaan Pendaftaran Tanah.

Pengembangan Aplikasi Penilaian Tanah Massal Berdasarkan Jaringan Syaraf Tiruan Berbasis Graphical User Interface Untuk Pembuatan Peta Zona Nilai Tanah (Studi di Desa Trihanggo, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman)

Bagong Fery Samodra[a], Senthot Sudirman[b], Nuraini Aisiyah[c]

[a,] Kanwil BPN Provinsi Papua (fery.samodra@gmail.com)
[b,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (senthotsudirman@yahoo.com)
[c,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (aisiyahnuraini@gmail.com)

ABSTRACT

Artificial Neural Network (ANN) model is believed to be used in the mass land valuation. However, the ANN models were still in the form of algorithms are too complicated for mostly users if it is not equipped with a Graphical User Interface (GUI). Therefore, this study aims to develop an applications based on ANN with a GUI to cope such complexity. This research uses Research and Development method. The datas were collected using interviews, direct observations and literature study methods from Trihanggo village as a research location. Samples was collected by multistage random sampling, by choosing 102 parcels which have been traded or on dealing process. A total of 10 (ten) attributes used as independent variables that affect of the land value. The result of this research is an application of mass land valuation, referred as ANNAVAL. Assessment of the ANNAVAL by users indicate that the design of the user interface, ease of operation, the effectiveness of land valuation using the application, and the results of the land valuation, each worth as "pretty", "good", "good", and "excellent". Validation test was done by comparing land value obtained from ANNAVAL calculation with land value from validation datas which generated value ± 13,2%.

Keywords: *applications, land valuation, artificial neural network*

1. Pendahuluan

Informasi nilai tanah yang ada di dalam Peta ZNT saat ini belum akurat karena belum menggambarkan kondisi nilai pasar yang senyatanya di lapangan. Kekurang-akuratan informasi nilai tanah menurut Sudirman *et al*. (2013) disebabkan setidaknya oleh 2 (dua) faktor, yaitu (a) penilaian tanah oleh Kementerian ATR/BPN masih berbasis bentang. (b) kurangnya keterampilan aparatur kantor pertanahan di dalam penilaian tanah.

Salah satu cara di dalam mengatasi kekurang-akuratan informasi nilai tanah adalah melalui pemanfaatan *Automated Valuation Models* (AVM). Salah satu AVM yang dapat digunakan di dalam proses penilaian tanah massal adalah model Jaringan Syaraf Tiruan (JST).

Berdasarkan penelitian Yulianto (2015), JST dapat digunakan untuk memodelkan penilaian tanah massal berbasis bidang serta memiliki tingkat akurasi yang baik. Hasil penelitian tersebut berupa model JST yang masih dalam bentuk algoritma sehingga masih relatif rumit di dalam penggunaan praktis di Kantor Pertanahan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan suatu aplikasi yang berbasis *graphical user interface* (GUI). Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan aplikasi penilaian tanah massal berdasarkan JST berbasis GUI agar lebih mudah digunakan di Kantor Pertanahan di dalam kegiatan penilaian tanah massal dalam rangka pembuatan Peta ZNT.

2. Metodologi

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah: (a) metode survei jika dikaitkan dengan pengambilan data untuk keperluan pengujian aplikasi, (b) metode sampling jika dikaitkan dengan pemilihan data yang diambil dari suatu populasi, dan (c) metode *Research and Development* (R&D) jika dikaitkan dengan analisis teknik pengembangan aplikasi.

Data yang digunakan sebagai bahan pengujian aplikasi diambil dari Desa Trihanggo, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman. Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan secara multistage random sampling. Populasi di dalam penelitian ini adalah semua bidang tanah yang ada di Desa Trihanggo, sedangkan sub-populasinya berupa bidang-bidang tanah yang terjadi transaksi jual-beli dalam kurun waktu 4 (empat) tahun (2013-2016), serta bidang tanah yang dalam proses penawaran untuk dijual.

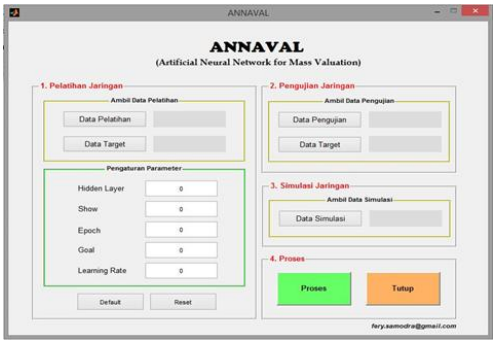
Data variabel bebas yang diduga mempengaruhi nilai tanah antara lain (1) luas bidang tanah (LTH); (2) lebar depan bidang tanah (LD); (3) bentuk bidang tanah (BT); (4) penggunaan tanah (PGT); (5) letak bidang tanah (LH); (6) status kepemilikan atas bidang tanah (SH); (7) fungsi jalan (FJ); (8) jarak bidang tanah ke jalan arteri (JA); (9) jarak bidang tanah ke jalan kolektor (JK); dan (10) jarak bidang tanah ke fasilitas kesehatan (JRS).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Perancangan Desain dan Pemrograman Aplikasi Annaval

Aplikasi penilaian tanah massal di dalam penelitian ini disebut sebagai ANNAVAL (Artificial Neural Network for Mass Valuation). GUI ANNAVAL dikembangkan menggunakan fasilitas GUIDE yang ada di Matlab. Di dalam fasilitas GUIDE tersebut dijumpai beberapa *UI Control* yang akan digunakan untuk membuat desain aplikasi ANNAVAL.

Pembuatan GUI ANNAVAL dilakukan dengan menambahkan berbagai *UI Control* ke dalam *workspace*. Beberapa *UI Control* ditata sedemikian rupa agar menghasilkan tampilan GUI. Ada 4 (empat) jenis *UI Control* yang digunakan di dalam pembuatan GUI ANNAVAL, yaitu panel, *push button, static text* dan *edit text*. Setiap jenis *UI Control* mempunyai fungsi yang berbeda. Masing-masing *UI Control* tersebut selanjutnya diberikan Label dan Tag. Desain akhir aplikasi ANNAVAL disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain Akhir Aplikasi ANNAVAL

Penulisan kode program atau pengkodean *(coding)* dilakukan setelah tahapan perancangan desain. Pengkodean di dalam Matlab berkaitan dengan *callback*. *Callback* merupakan fitur di dalam Matlab untuk mendefinisikan suatu kode terhadap *UI Control*. Beberapa kode perintah yang digunakan diantaranya adalah **get**, **set** dan **close**. Perintah **get** digunakan untuk memanggil *(load)* data. Contoh penggunaan kode perintah **get** dapat ditemukan pada tombol *(push button)* Data Pelatihan, Data Target (Pelatihan), Data Pengujian, Data Target (Pengujian) dan Data Simulasi. Kode perintah **set** digunakan untuk mendefinisikan suatu nilai pada suatu *UI Control* apabila ada interaksi dari *UI Control* yang lain. Sebagai contoh adalah pada saat tombol *Default* ditekan, maka muncul nilai pada masing-masing parameter yaitu *Hidden Layer, Show, Epoch, Goal* dan *Learning Rate*. Kode perintah **close** berfungsi untuk menutup aplikasi yang dapat ditemui pada tombol Tutup. Bagian terpenting di dalam penulisan kode program adalah pada tombol Proses. Di dalam tombol Proses diinputkan kode-kode algoritma JST *backpropation gradien descent.* Oleh karena itu, proses kegiatan penilaian tanah massal dilakukan dengan menekan tombol Proses.

3.2. Pengujian Aplikasi Annaval

3.2.1. Persiapan Data

Data sampel yang berhasil dikumpulkan sebanyak 102 sampel yang terdiri dari 71 data transaksi dan 31 data penawaran. Data sampel tersebut memuat informasi mengenai variabel bebas yang diduga mempengaruhi nilai tanah yaitu (1) LTH; (2) LD; (3) BT; (4) PGT; (5) LH; (6) SH; (7) FJ; (8) JA; (9) JK; dan (10) JRS serta harga tanah transaksi atau penawaran. Data variabel bebas tersebut selanjutnya dilakukan *scoring*.

Tahapan selanjutnya di dalam penyiapan data sampel adalah berupa *adjustment* harga, baik untuk harga transaksi waktu lampau maupun harga penawaran. Adjusment harga tanah dilakukan dengan memproyeksikan harga transaksi waktu lampau maupun harga penawaran tersebut ke dalam harga tanah bulan Mei 2016 (waktu penelitian).

Penghitungan besaran nilai *adjustment* dilakukan dengan terlebih dahulu mengklasifikasikan wilayah Desa Trihanggo ke dalam 9 area. Hal tersebut disebabkan kenaikan harga tanah antararea tidak selalu sama

sehingga diperlukan pengklasifikasian secara spasial. Pada tiap-tiap area dipilih 2 (dua) data dari beberapa sampel yang ada untuk dihitung berapa besar persentase kenaikan nilai tanah dari waktu data sampel pertama ke waktu data sampel kedua. Besaran persentase tersebut kemudian dibagi dengan rentang waktu terjadinya transaksi/ penawaran antara data pertama dengan data kedua sehingga diperoleh besaran nilai adjustment per bulan. Penghitungan besaran nilai adjustment dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\mathbf{A_n} = \frac{(HT2_n - HT1_n) * 100\%}{HT1_n * RW_{1\text{-}2}} \quad (1)$$

An : Besaran persentase nilai *adjustment* per area

$HT1_n$: Harga tanah sampel 1 untuk waktu yang lebih
lampau pada area n

$HT2_n$: Harga tanah sampel 2 untuk waktu yang lebih
baru pada area n

$RW_{1\text{-}2}$: Rentang waktu antara data sampel 1 dengan
data sampel 2 dalam satuan bulan

Rekapitulasi besaran nilai *adjustment* berdasarkan hasil penghitungan dari data sampel pada tiap-tiap area disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rekapitulasi Besaran Nilai *Adjustment* di Tiap-tiap Area

No.	Area	Besaran Nilai *Adjustment* (per bulan)
1	Area 1	3,25 %
2	Area 2	4,25 %
3	Area 3	3,40 %
4	Area 4	3,36 %
5	Area 5	2,00 %
6	Area 6	3,41 %
7	Area 7	2,60 %
8	Area 8	5,02 %
9	Area 9	2,68 %

Sumber: hasil analisis data primer tahun 2016

Besaran nilai *adjustment* selanjutnya digunakan untuk melakukan penyesuaian terhadap harga tanah dari data sampel. Rumus penyesuaian harga tanah data adalah sebagai berikut:

$$\mathbf{NT_n = (HT_n * A_n * RW_n) + HT_n} \quad (2)$$

NT_n : Nilai tanah bidang n (per Mei 2016)

HT_n : Harga tanah bidang n sebelum adjustment/
penyesuaian

An : Besaran adjustment/penyesuaian per bulan
dalam % di area n

RW_n : Rentang waktu dari waktu transaksi/penawaran
bidang n hingga bulan Mei 2016 (dalam bulan)

3.2.2. Seleksi Data

Seleksi data bertujuan untuk memilah variabel bebas yang secara signifikan berpengaruh terhadap nilai tanah melalui analisis regresi. Variabel bebas yang mempunyai nilai signifikansi < 0,05 dikatakan lolos uji dan digunakan untuk keperluan pengujian aplikasi ANNAVAL. Variabel bebas yang tidak lolos uji (nilai sig. > 0,05), tidak digunakan untuk pengujian aplikasi. Berdasarkan hasil hitungan uji regresi hanya ada enam variabel bebas yang mempunyai nilai signifikansi < 0,05 yaitu variabel (1) PGT, (2) LH, (3) FJ, (4) LTH, (5) JA dan (6) JK. Keenam variabel bebas tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai data simulasi untuk keperluan penilaian tanah menggunakan aplikasi ANNAVAL. Hasil uji regresi data sampel selengkapnya disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Uji Regresi dari Data Sampel

Coefficients[a]

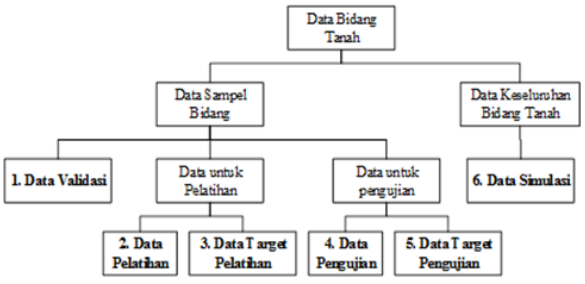
Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.	95.0% Confidence Interval for B	
		B	Std. Error	Beta			Lower Bound	Upper Bound
1	(Constant)	-287570.782	566582.341		-.508	.613	-1413017.001	837875.437
	PGT	234410.783	67941.931	.237	3.450	.001	99452.483	369369.082
	BT	-7099.201	76420.380	-.006	-.093	.926	-158898.898	144700.496
	LH	-382373.709	110502.642	-.278	-3.460	.001	-601873.632	-162873.786
	SH	313.773	98431.124	.000	.003	.997	-195207.563	195835.108
	FJ	858096.619	91124.664	.796	9.417	.000	677088.667	1039104.571
	LTH	-204145.007	65402.090	-.209	-3.121	.002	-334058.225	-74231.788
	LD	-128616.541	65112.819	-.118	-1.975	.051	-257955.157	722.075
	JA	196224.072	72951.351	.176	2.690	.009	51315.174	341132.970
	JK	242075.853	57730.532	.236	4.193	.000	127401.244	356750.463
	JRS	62946.584	57085.772	.069	1.103	.273	-50447.290	176340.459

a. Dependent Variable: NT

Sumber: hasil analisis data primer tahun 2016

3.2.3. Simulasi Penilaian Tanah Massal Menggunakan ANNAVAL

Rangkaian proses simulasi penilaian tanah massal menggunakan ANNAVAL diawali dengan klasifikasi data. Klasifikasi data untuk keperluan simulasi penilaian tanah massal menggunakan ANNAVAL dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Klasifikasi Data untuk Keperluan

Pengujian Aplikasi ANNAVAL

Data validasi merupakan data yang digunakan untuk keperluan validasi nilai tanah hasil hitungan aplikasi ANNAVAL. Jumlah data validasi ditentukan sebanyak 20% dari keseluruhan dari data sampel (102 data), yaitu sejumlah 20 data. Data untuk pelatihan digunakan sebagai dasar pembentukan model jaringan syaraf tiruan sedangkan data untuk pengujian merupakan bahan evaluasi terhadap model jaringan syaraf tiruan tersebut. Perbandingan jumlah data untuk pelatihan dan data untuk pengujian yang diambil dari data sampel (setelah dikurangi data validasi) adalah 80% berbanding 20%. Apabila jumlah data sampel setelah dikurangi data validasi sebanyak 82 sampel, maka jumlah data untuk pelatihan dan data untuk pengujian masing-masing adalah:

data untuk pelatihan = 80% x 82 sampel
= 66 sampel;
data untuk pengujian= 20% x 82 sampel
= 16 sampel.

Data simulasi merupakan data variabel bebas terseleksi hasil uji regresi dari seluruh bidang tanah (7400 bidang) yang ada di Desa Trihanggo.

Proses penilaian tanah massal dilakukan dengan memanggil *(load)* data serta memasukkan nilai parameter algoritma JST. Pemrosesan penilaian tanah menggunakan aplikasi ANNAVAL dilakukan dengan menekan tombol Proses. Pengujian aplikasi ANNAVAL dilakukan sebanyak 6 (enam) kali dengan menggunakan pengaturan parameter yang berbeda. Keenam kondisi pengujian aplikasi ANNAVAL disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaturan Parameter Aplikasi untuk Setiap Kondisi Pengujian

Kondisi Penguji-an	**Parameter**				
	HL	***LR***	***S***	***E***	***G***
1	4	0,2	50	1000	0,01
2	4	0,1	50	1000	0,01
3	4	0,3	50	1000	0,01
4	3	0,2	50	1000	0,01
5	3	0,1	50	1000	0,01
6	3	0,3	50	1000	0,01

Sumber: hasil analisis data primer tahun 2016

Keterangan:
HL : Hidden Layer
LR : Learning Rate
S : Show
E : Epoch
G : Goal

Langkah selanjutnya adalah melakukan uji validasi. Uji validasi dilakukan dengan cara membandingkan nilai tanah hasil hitungan pada 6 kondisi yang berbeda tersebut dengan nilai tanah dari data validasi. Komparasi dilakukan untuk mencari besaran perbedaan antara nilai tanah data validasi dengan nilai tanah hasil hitungan dengan aplikasi ANNAVAL. Besaran perbedaan tersebut dinyatakan dalam persentase. Penghitungan besaran persentase antara nilai tanah dari data validasi dengan nilai tanah hasil hitungan aplikasi ANNAVAL dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\%P_n = \frac{(NTH_n - NTV_n)}{NTV_n} * 100\% \qquad (3)$$

Keterangan:
$\%P_n$: Besaran persentase perbedaan nilai tanah data validasi dengan nilai tanah hitungan pada bidang n
NTH_n : Nilai tanah hitungan menggunakan aplikasi ANNAVAL untuk bidang n
NTV_n : Nilai tanah data validasi untuk bidang tanah n

Persentase besaran perbedaan nilai tersebut ada yang bernilai positif atau negatif. Nilai positif dijumpai apabila nilai tanah hitungan lebih besar daripada nilai tanah data validasi, sebaliknya nilai negatif menunjukkan bahwa nilai tanah hitungan lebih kecil daripada nilai tanah data validasi. Nilai persentase dari tiap-tiap bidang tersebut direratakan dengan ketentuan bahwa nilai negatif dianggap sebagai nilai positif. Nilai rerata untuk nilai tanah hitungan dari Kondisi 1 hingga Kondisi 6 secara lengkap disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Rerata Persentase Perbedaan Nilai Tanah Data Validasi dengan Nilai Tanah Hitungan dari 6 Kondisi

No.	**Kondisi**	**Rerata Persentase Perbedaan Nilai**
1	Kondisi 1	13,4 %
2	Kondisi 2	17,1 %
3	Kondisi 3	20,7 %
4	Kondisi 4	18,4 %
5	Kondisi 5	13,2 %
6	Kondisi 6	16,6 %

Sumber: hasil analisis data primer tahun 2016

Tabel 4 menunjukkan besaran persentase rerata perbedaan nilai antara nilai tanah data validasi dengan nilai tanah hitungan dari 6 kondisi yang berbeda. Angka persentase menunjukkan besaran penyimpangan nilai tanah data validasi dengan nilai tanah hitungan. Semakin besar nilai persentase, semakin besar penyimpangan nilai tanah yang terjadi. Kondisi 5 menunjukkan perbedaan yang lebih kecil dibandingkan dengan kondisi lainnya, yaitu sebesar 13,2%. Nilai 13,2% merupakan *transforming factor* dari nilai tanah hasil hitungan dibandingkan dengan nilai tanah dari data validasi. Oleh karena itu, nilai tanah hitungan yang digunakan sebagai dasar pembuatan Peta Zona Nilai Tanah berasal dari penghitungan nilai tanah pada Kondisi 5 karena mempunyai penyimpangan nilai tanah hitungan terhadap nilai tanah data validasi yang paling kecil.

Hasil penghitungan nilai tanah massal pada Kondisi 5 menghasilkan nilai tanah yang beragam. Nilai tanah minimum dari hasil hitungan pada Kondisi 5 adalah Rp 338.651,-/m^2, sedangkan nilai maksimumnya Rp 4.251.220,-/m^2. Selisih antara nilai minimum dengan nilai maksimum sebesar Rp 3.912.569,-/m^2 serta nilai tanah reratanya sebesar Rp 1.756.381,-/m^2. Pengelompokkan Nilai Tanah dan Warna Zona Nilai Tanah Hasil Hitungan pada Kondisi 5 di dalam Peta Zona Nilai Tanah disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengelompokkan Nilai Tanah dan Warna Zona Nilai Tanah Hasil Hitungan pada Kondisi 5

Zona	Rentang Nilai (/m^2)	Warna		
		R	G	B
1	≤ Rp 550.000,-	56	168	80
2	Rp 550.001,- s/d Rp 1.100.000,-	102	191	80
3	Rp 1.100.001,- s/d Rp 1.650.000,-	155	217	80
4	Rp 1.650.001,- s/d Rp 2.200.000,-	222	242	80
5	Rp 2.200.001,- s/d Rp 2.750.000,-	255	221	80
6	Rp 2.750.001,- s/d Rp 3.300.000,-	255	145	80
7	Rp 3.300.001,- s/d Rp 3.850.000,-	255	72	80
8	≥ Rp 3.850.001,-	255	0	80

Sumber: hasil analisis data primer tahun 2016

4.4. Penilaian Kelayakan Aplikasi ANNAVAL

Penilaian kelayakan merupakan suatu pengujian oleh pihak lain dengan tujuan untuk memberikan penilaian terhadap kelayakan aplikasi tersebut secara keseluruhan. Penilaian kelayakan oleh pihak lain juga sebagai cara untuk menjaring *feedback* sebagai bahan perbaikan aplikasi. Penilaian kelayakan aplikasi ANNAVAL dilakukan oleh 8 orang responden yang berpengalaman di bidang penilaian tanah.

Penilaian kelayakan aplikasi didasarkan pada 4 (empat) kategori, yaitu (1) desain *user interface*; (2) kemudahan pengoperasian; (3) efektivitas penilaian tanah; dan (4) hasil penilaian tanah menggunakan aplikasi ANNAVAL. Bobot penilaian terbagi menjadi 5 kategori, yaitu (1) Tidak Memenuhi; (2) Belum Memenuhi; (3) Cukup Memenuhi; (4) Memenuhi; dan (5) Sangat Memenuhi. Suatu kriteria dikatakan layak apabila ada salah satu di antara kategori bobot penilaian Memenuhi (M) dan Sangat Memenuhi (SM) atau total nilai di antara keduanya (M+SM) memperoleh nilai di atas 60%. Hasil penilaian kelayakan aplikasi ANNAVAL adalah sebagai berikut:

1. Desain User Interface (UI)
   4 (empat) orang (50%) menyatakan bahwa user interface dari aplikasi ANNAVAL ini masuk dalam kategori Memenuhi (M), dan 4 (empat) orang (50%) menyatakan Cukup Memenuhi (CM).

2. Kemudahan pengoperasian
   1 (satu) orang (12,5%) menyatakan bahwa kemudahan pengoperasian aplikasi ANNAVAL ini masuk dalam kategori Sangat Memenuhi (SM), 5 (lima) orang (62,5%) menyatakan Memenuhi (M), dan 2 (dua) orang (25%) menyatakan Cukup Memenuhi (CM).

3. Efektivitas penilaian tanah
   6 (enam) orang (75%) menyatakan bahwa efektivitas penilaian tanah dari aplikasi ANNAVAL ini masuk dalam kategori Memenuhi (M), dan 2 (dua) orang (25%) menyatakan Sangat Memenuhi (SM).

4. Hasil penilaian tanah menggunakan aplikasi ANNAVAL
   1 (satu) orang (12,5%) menyatakan bahwa hasil penilaian tanah menggunakan aplikasi ANNAVAL ini masuk dalam kategori Sangat Memenuhi (SM), 5 (lima) orang (62,5%) menyatakan Memenuhi (M), dan 2 (dua) orang (25%) menyatakan Cukup Memenuhi (CM).

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

A. Aplikasi penilaian tanah massal berdasarkan Jaringan Syaraf Tiruan (JST)

berbasis *Graphical User Interface* (GUI) yang disebut ANNAVAL, telah memenuhi syarat untuk penilaian tanah massal dengan catatan, yaitu: (a) menggunakan algoritma JST *backpropagation gradien descent*; dan (b) menghasilkan nilai *transforming factor* sebesar 13,2% pada uji validasi nilai tanah hasil penghitungan menggunakan aplikasi.

B. Aplikasi penilaian tanah massal hasil penelitian ini dapat mempercepat dan mempermudah penghitungan nilai tanah massal di Desa Trihanggo yang memiliki karakteristik wilayah sebagai berikut: (a) letaknya berada pada pinggiran kota (Kota Sleman dan Kota Yogyakarta); (b) daerahnya dilewati oleh jalan arteri (Jalan Lingkar); (c) perekonomian tidak didominasi oleh usaha pertanian, melainkan usaha jasa dan perdagangan; dan (d) dominasi usaha jasa dan perdagangan menyebabkan peningkatan kebutuhan akan tanah yang ditandai dengan banyaknya transaksi jual beli tanah.

4.2. Saran

A. Perlu penelitian dan pengembangan lebih lanjut berupa perbaikan aplikasi ANNAVAL dengan cara penambahan algoritma jaringan syaraf tiruan yang digunakan agar dapat menambah variasi hitungan nilai tanah;

B. Perlu penelitian lebih lanjut mengenai berapa batas nilai transforming factor yang diperbolehkan agar nilai tanah hitungan aplikasi ANNAVAL tidak *overvalued* atau *undervalued*;

C. Perlu penelitian lebih lanjut terkait efektifitas aplikasi ANNAVAL ini untuk penghitungan nilai tanah massal pada wilayah atau daerah yang mempunyai karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan Desa Trihanggo.

5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada rekan-rekan taruna dan dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Yogyakarta atas segala bantuan yang diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

Hermit, H., 2009, *Teknik Penaksiran Harga Tanah Perkotaan: Teori dan Praktek Penilaian Tanah*, Mandar Maju, Bandung.

Hidayati, W., dan Harjanto, B., 2003, *Konsep Dasar Penilaian Properti*, BPFE-Yogyakarta, Yogyakarta.

Iqbal, M., 2005, "Penerapan Metode Jaringan Syaraf Tiruan untuk Pendugaan Jenis Kelamin Ikan: Studi Kasus Ikan Koi", *skripsi*, Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Kusumadewi, S., 2004, *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Excel Link*, Graha Ilmu, Yogyakarta.

Paulus, E., dan Nataliani, Y., 2007. *Cepat Mahir GUI Matlab,* Penerbit Andi, Yogyakarta.

Siang, J.J., 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sudirman, S., 2013, "Pengadaan dan Rasionalitas Peta Zona Nilai Tanah BPN RI beserta Prospek Pemanfaatannya sebagai Peta Tunggal untuk berbagai Kepentingan Fiskal di Kota Pekalongan", *Laporan penelitian strategis dosen*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Sugiharto, A., 2006, *Pemrograman GUI dengan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sugiyono, 2010, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung.

Utama, A.M., 2009, "Pembuatan Peta Zona Nilai Tanah dengan Metode Quality Rating Value Estimation (QRVE) (Studi di Dusun Patran Desa Banyuraden Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman)", *skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Widodo, P.P., 2013, *Penerapan Data Mining dengan Matlab,* Rekayasa Sains, Bandung.

Yulianto, C., 2015, "Pemodelan Nilai Tanah Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan di Desa Trihanggo Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta", *skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Yunus, H.S., 2010, *Metodologi Penelitian Wilayah Kontemporer,* Pustaka Pelajar, Yogyakarta.

BIOGRAFI PENULIS

1. **Bagong Fery Samodra, S.Tr.**

Penulis lahir di Pati, Jawa Tengah pada tanggal 10 Juni 1988. Penulis menyelesaikan pendidikan tinggi Diploma IV di Sekolah Tinggi Pertanahan dengan status Tugas Belajar pada tahun 2016. Saat ini, penulis aktif sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) di lingkungan kerja Kementerian Agraria dan Tata Ruang pada Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Papua. Keseharian penulis di Kanwil BPN Provinsi Papua sebagai Analis Penilai Tanah dan Pemeta Nilai Tanah sejak tahun 2014 hingga sekarang.

2. Dr. Ir. Senthot Sudirman, M.S.

Penulis lahir pada tanggal 15 Agustus 1964 di Kediri, Jawa Timur. Penulis memperoleh gelar akademik Insinyur Pertanian di UGM tahun 1986-1989, Magister Sains di UGM pada tahun 1990-1992 dan Doktor Ilmu Pertanian di UGM pada tahun 2008-2012. Penulis aktif sebagai dosen tetap di Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional sejak tahun 1993 hingga sekarang dan sebagai dosen tidak tetap di UGM sejak 2013 hingga sekarang.

3. Nuraini Aisiyah, S.Si.T., M.T.

Penulis lahir pada tanggal 9 Maret 1974 di Gunung Kidul, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penulis merupakan alumni Diploma IV Sekolah Tinggi Pertanahan jurusan Perpetaan tahun 2002. Pada tahun 2007, penulis memperoleh gelar akademik Magister Teknik Geomatika dari Universitas Gadjah Mada. Penulis aktif sebagai dosen tetap di Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional sejak tahun 2008 hingga sekarang.

Model Konseptual Sistem Informasi Pertanahan Desa

Diyono

Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No. 2 Yogyakarta (E-mail: diyono@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Implementation of Act No. 6/2014 on Village makes village's role became more strategic in initiating development of the region. Villages are at the forefront of development and government administration. In the context of land for development, improving quality of life and public welfare, there is an urgent need of good governance of land resources at the village level. Therefore a good Land Administration System (LAS) at the village level needs to be built. LAS in Indonesia has been built at national level, which creates the participations and the roles of the villages not optimum. Land Information Systems (LIS) for villages level are required in the implementation of LAS. The implementation of a complete LIS can be used to support the implementation of LAS from village level to national level. This paper describes the conceptual model of an LIS at village level in supporting LAS development. The idea of a Village LIS was based on the availability of Geospatial Information (GI) which was developed nationally and can be accessed by the village government. It can also supports the implementation of Land Information Infrastructure (LII). The availability of GI on a Village LIS and the implementation of the LII are expected to support GI service for land at various purposes. LIS model developed in this study is expected to meet the needs of land information on a various functions of LAS from village level to national level to achieve development goals.

Keyword: *Land Administration System, Land Information System, Land Information Infrastructure*

Pendahulan

Sistem Administrasi Pertanahan (SAP) merupakan suatu proses pencatatan (administrasi) dan diseminasi informasi yang berhubungan dengan: (a) penguasaan Hak Atas Tanah (HAT), (b) nilai tanah, (c) penggunaan tanah, (d) pembangunan tanah (Dale dan McLaughlin, 1988; Enemark, 2001; Enemark, 2004; Williamson dkk., 2010) yang diterapkan untuk mengimplementasikan kebijakan pengelolaan pertanahan (UNECE, 1996). Dalam konteks Indonesia, pencatatan tersebut pada prakteknya dilakukan mulai dari Pemerintah Desa (Pemdes) hingga pemerintah pusat sesuai kebijakan pertanahan nasional.

Kebijakan pertanahan pada umumnya mengatur tiga aspek, yaitu: aspek fisik, aspek fiskal dan aspek legal (Jonsson, 2008; Mukupa, 2011; Steudler dkk., 2004; Williamson dkk., 2010). Kebijakan aspek fisik dimaksudkan untuk pengaturan penggunaan tanah (*land use*) dan pembangunan tanah (*land development*). Kebijakan aspek legal dimaksudkan untuk pengaturan secara *yuridis* tentang penguasaan tanah (*land tenureship*). Kebijakan aspek fiskal dimaksudkan untuk pengaturan nilai ekonomis pemanfaatan suatu bidang tanah (*land valuation*). Pengelolaan tiga aspek tersebut secara nasional pada umumnya dilakukan oleh institusi pemerintah yang berbeda dan dipisahkan (Enemark, 2010; Williamson dkk., 2010).

Di Indonesia pengelolaan informasi pertanahan dengan menggunakan Informasi Geospasial (IG) secara terpisah sudah ada sejak jaman Belanda (Rusmawar dkk., 2012) dan tetap dipraktekan sampai saat ini. Pengelolaan aspek fisik yang menyangkut penggunaan tanah dan penatagunaan tanah dilakukan oleh Badan Pertanahan Nasional (BPN), sedangkan yang berhubungan dengan kegiatan teknis perencanaan, pemanfaatan dan pengendalian pertanahan diselenggarakan oleh Pemerintah Daerah (Pemda). Pengelolaan aspek fiskal, yang menyangkut Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) dilaksanakan oleh Pemda Kabupaten/Kota. Pengelolaan aspek legal, antara lain pemberian dan pengaturan HAT diselenggarakan oleh BPN. Namun semua hal tersebut di atas secara spasial dan administratif perlu diketahui juga oleh tataran Pemdes/Kelurahan, walaupun secara kewenangan pengaturan ada pada tataran pemerintah yang lebih tinggi (Kementerian (K)/Lembaga (L)/Pemda). Oleh sebab itu adanya Sistem Informasi Pertanahan (SIP) berjenjang mulai dari Pemdes, Pemda sampai pemerintah pusat (K/L) yang mempunyai kewenangan pengelolaan informasi pertanahan menjadi penting. Makalah ini akan memberikan gambaran secara konseptual penyelenggaraan SIP untuk mendukung fungsi SAP

secara berjenjang mulai dari tataran Pemdes yang terintegrasi sampai pemerintah pusat (K/L) dengan membangun Infrastruktur Informasi Pertanahan (IIP).

SIP dalam Penyelenggaraan SAP

SAP merupakan proses pencatatan dan diseminasi informasi untuk mengimplementasikan kebijakan pengelolaan pertanahan. SAP juga mengkaji cara manusia mengatur tanah, seperti cara manusia berencana dengan tanah, membangun dan mengelola tanah, memanfaatkan peta, dan membuat konsep dalam melakukan pendekatan praktis untuk mengenali bidang tanah (Williamson dkk., 2010). Informasi bidang-bidang tanah tersebut secara spasial diwujudkan dalam bentuk IG.

Pengelolaan informasi pertanahan secara nasional dirancang, dibangun dan dimonitor oleh SAP dengan kegiatan survei dan pemetaan kadaster sebagai alat utamanya (Williamson dkk., 2010). Survei dan pemetaan kadaster pada umumnya dilakukan untuk memenuhi kebutuhan informasi hak (kadaster hukum) dengan melakukan kegiatan pendaftaran tanah dan memetakan IG bidang-bidang tanah sebagai IG kadaster. Secara konsep IG kadaster dapat juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan IG pada aspek fiskal seperti IG objek pajak dan IG zona nilai tanah, maupun IG aspek fisik pertanahan seperti IG pengunaan tanah dan IG untuk pembangunan tanah. Sedangkan IG pada aspek fisik untuk pembangunan seperti IG lingkungan terbangun dan IG sumberdaya alam kebanyakan dibangun berbasis IG zonasi, sehingga pemakaian IG Dasar (IGD) peta rupabumi (topografi) skala besar lazim digunakan. Oleh sebab itu, lingkup dari IG pertanahan dalam penyelenggaraan SAP mencakup IG kadaster dan IG rupabumi skala besar (Enemark, 2007) yang dikelola secara selaras (Enemark, 2004, 2010).

SAP memiliki sistem dan proses (Ting, 2002). Sistem digunakan untuk meminimalkan terjadinya konflik yang berkenaan dengan Hak, Batasan dan Kewajiban (HBK) atas tanah, sedangkan proses dilakukan untuk penyelenggaraan IG. Penyelenggaraan IG tersebut mencakup: (a) IG penguasaan atau pemilikan tanah, dibangun dalam rangka menjamin kepastian hak, keamanan dan perpindahan HAT dan sumber daya alam; (b) IG nilai tanah dan pajak atas tanah, dibangun untuk menentukan nilai ekonomi suatu bidang tanah sebagai acuan dalam menetapkan pajak atas tanah dan properti serta nilai ganti rugi untuk pembangunan; (c) IG penggunaan tanah, dibangun untuk tujuan perencanaan dan pengaturan pengendalian penggunaan tanah dan sumberdaya alam; dan (d) IG pembangunan tanah sebagai bagian dari peran perencanaan penggunaan tanah dan tata ruang dimasa mendatang yang mencakup pembangunan utilitas dan infrastruktur (Dale dan McLaughlin, 1988; Enemark, 2004; Williamson dkk., 2010). Dalam kadaster modern, IG bidang-bidang tanah dikelola dalam suatu SIP yang eksistensinya dibangun untuk memenuhi berbagai tujuan (Steudler dkk., 2004), sehingga kadaster modern dapat kategorikan sebagai SIP (FIG, 1999).

SIP adalah sistem informasi spasial dengan basisdata yang berisi informasi tentang tanah (*land*). SIP mendeskripsikan geometri bidang-bidang tanah disertai catatan informasi yang berkaitan bidang tanah tersebut dan dapat menggambarkan sifat kepentingan, kontrol pemilikan serta nilai dan pengembangannya (FIG, 1999). SIP juga mendokumentasikan perubahan-perubahan yang terjadi terhadap bidang tanah tersebut. Oleh sebab itu, SIP dapat digunakan dalam pengambilan keputusan yang berkaitan dengan investasi, pembangunan dan pengelolaan pertanahan (Dale dan McLaughlin, 1988).

Salah satu permasalahan yang membatasi fungsi SAP adalah adanya isolasi IG yang digunakan pada SIP di antara fungsi SAP yang berbeda. Padahal dalam sudut pandang SAP modern, IG antar komponen SIP dapat digunakan oleh berbagai pihak. Kemajuan Teknologi Informasi (TI) mendorong SAP modern dapat menawarkan kemudahan dalam akses dan berbagi-pakai IG yang tersedia dalam SIP. Oleh sebab itu, SIP yang terhubung dalam jaringan IIP merupakan simpul penting dalam penyelenggaraan IG nasional (Wallace, dkk., 2005).

Infrastruktur Informasi Pertanahan (IIP)

Istilah IIP di Indonesia sudah diperkenalkan sejak tahun 1997 dengan istilah Infrastruktur Sistem Informasi Pertanahan (I-SIP). I-SIP dibangun sebagai prasarana yang membuat SIP dapat berfungsi dan beroperasi dengan baik serta dapat diakses oleh banyak pengguna (Aziz, 1997). Seiring berkembangnya penggunaan Infrastruktur Data Spasial (IDS) dalam pengelolaan DG/IG, istilah IIP digunakan dalam lingkup pengelolaan IG pertanahan untuk penyelenggaraan SAP (Enemark, 2001; Enemark, 2004).

IIP merupakan kerangka kerja untuk memfasilitasi akses, tukar-guna dan berbagi-pakai IG antar pemangku kepentingan (Rajabifard dkk., 2002). Tujuan dibangunnya IIP adalah untuk memfasilitasi penggunaan IG pertanahan secara maksimal dan mengurangi adanya duplikasi yang mungkin terjadi dalam pengadaan dan pemeliharaan IG tersebut. Berdasarkan hierarki IDS, (Williamson dkk., 2003) dengan contoh di negara bagian Victoria (Australia), elemen penting yang membedakan antara IDS di negara bagian (*state/daerah*) dari IDS nasional adalah tersedianya informasi pertanahan (kadaster) pada IDS tataran lokal (daerah). Kadaster mempunyai dua kriteria penting yang tidak ditemukan dalam IDS tataran nasional, yaitu: (a) kadaster memiliki sifat

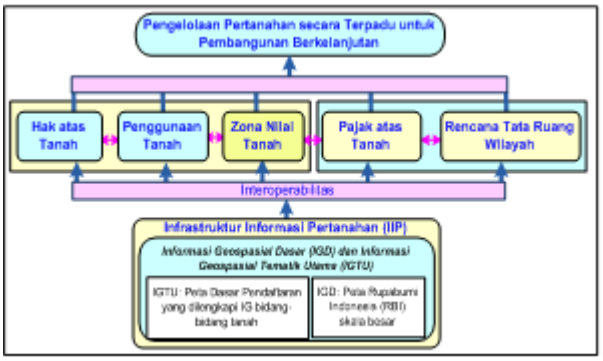
dinamis karena adanya pembagian dan pemecahan bidang tanah yang terjadi setiap saat; (b) kadaster memiliki integritas yang tinggi dengan komponen HAT (*titles*) yang diberikan oleh pemerintah (Williamson, 1998), termasuk adanya batasan dan kewajiban yang diatur negara (Bennet, 2007; Ting, 2002). Oleh sebab itu pemerintah negara bagian di Australia secara umum telah mendeklarasikan basisdata kadaster digital atau SIP sebagai komponen terpenting dari IDS di negara bagian (*state)*.

IIP merupakan keterpaduan seperangkat komponen yang terdiri atas data/informasi geospasial, manusia sebagai penyedia dan pengguna data, kebijakan akses data, standar dan teknologi yang memfasilitasi jaringan akses data (Rajabifard, 2002). IIP bukan sebuah "basisdata", namun sebuah infrastruktur yang menghubungkan manusia dengan data/informasi dengan menerapkan kebijakan, teknologi dan standar (Rajabifard dan Binns, 2005). IIP dibentuk sebagai usaha terkoordinasi untuk memfasilitasi pencarian, akses, tukar-guna, dan berbagi-pakai IG yang difasilitasi dengan adanya kemitraan untuk mencapai tujuan terwujudnya penyelenggaraan IG yang lebih baik (Williamson dkk., 2003).

Tujuan utama dibangunnya IIP adalah untuk memudahkan para pengguna data atau para pemangku kepentingan melakukan akses dan tukar-guna IG langsung dari sumbernya (Wallace dkk., 2005) atau dari pihak lain yang memiliki tanggung jawab sebagai penyedia data (Heydari dkk., 2009). Hal ini perlu dilakukan agar penggunaan IG menjadi optimal dan tercipta efisiensi dalam pengadaan data yang memerlukan biaya mahal dan membutuhkan alokasi waktu yang lama (Hamzah dkk., 2010). Upaya lain adalah memanfaatkan IG dari salah satu institusi sumber data yang bertanggung jawab terhadap data tersebut, sehingga tidak lagi terjadi duplikasi IG yang sama pada lokasi yang sama oleh institusi yang berbeda (Enemark, 2005c; Enemark dan Parker, 2005a; Mukupa, 2011; Najar, 2006; Williamson, 2002). Dengan demikian maka IG yang dikelola institusi sumber selalu terjaga kemutakhirannya, dapat diakses dan digunakan secara optimal pada berbagai kegiatan untuk pengambilan keputusan (Enemark, 2004, 2010; Enemark dan Parker, 2005a).

Agar layanan berbagi-pakai dan tukar-guna data dapat dilakukan, IG pada institusi sumber ditempatkan dalam sebuah basisdata dan dilengkapi dengan metadata (Monica dkk., 2009). Oleh sebab itu, penyelenggaraan IIP perlu diawali dengan pembangunan infrastruktur yang menghubungkan berbagai basisdata IG pertanahan (Mukupa, 2011; Oosterom dkk., 2009). Adanya basisdata IG dan metadata dari institusi sumber data yang terhubung dalam jaringan IIP akan memberikan keuntungan, yaitu: (a) membantu pengguna data dalam akses IG, (b) mengurangi duplikasi IG, (c) memberikan kewenangan proses pemutakhiran IG hanya dilakukan oleh institusi yang bertanggung jawab terhadap data tersebut, (d) terwujudnya efisiensi dalam pengadaan IG, penggunaan IG dan keberlanjutan program, serta (e) terselenggaranya kemitraaan dalam pengambilan keputusan berbasis IG yanag sama (Donald M. Grant, 1999; Enemark dkk., 2005b; Stoimonev dkk., 2005).

Kondisi adanya keberagaman IG pada berbagai fungsi SAP perlu diupayakan dengan digunakannya IG rujukan yang sama. IG tersebut harus dapat diakses, dibagi-pakai dan mudah dipadukan. Gambar 1, mengilustrasikan pentingnya IIP dalam memfasilitasi akses dan berbagi-pakai IG rujukan dalam penyelenggaraan SAP di Indonesia. Tersedianya IG rujukan yang dapat diakses dan dimanfaatkan pada berbagai fungsi SAP dapat mendorong terwujudnya pengelolaan informasi pertanahan yang terintegrasi untuk mendukung pembangunan berkelanjutan.



Gambar 14. IIP dalam penyelenggaraan SAP di Indonesia (modifikasi Enemark, 2004; Diyono, 2015).

Merujuk pada Gambar 1, Informasi Geospasial Dasar (IGD) berupa peta Rupabumi Indonesia (RBI) dan Informasi Geospasial Tematik Utama (IGTU) memegang peran pokok dalam suatu jaringan IIP. Hal ini sejalan dengan ketentuan pada UU IG No.4 tahun 2011 tentang penyelenggaraan IG di Indonesia. Tanpa ada IGD dan IGTU, maka penyelenggaraan SAP dengan dukungan jaringan IIP tidak akan berjalan dengan baik. IIP memfasilitasi tersedianya IGD dan IGTU yang mudah diakses dan dibagi-pakai. IGD dan IGTU tersebut diperlukan sebagai IG rujukan dalam pembuatan IG Tematik (IGT) pertanahan pada berbagai fungsi SAP yang diselenggarakan di berbagai institusi.

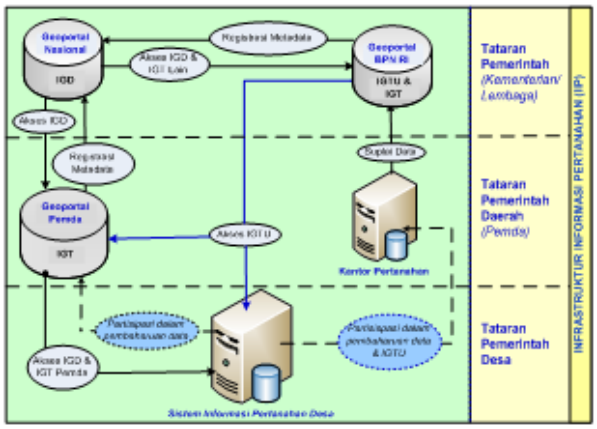
Ragam IGT pada penyelenggaraan SAP di Indonesia yang membutuhkan rujukan IGD dan IGTU diantaranya adalah: (a) IGT bidang-bidang tanah untuk menjamin kepastian HAT dan penetapan pajak atas tanah (PBB); (b) IGT berupa zonasi tanah yang dibutuhkan untuk penyediaan IGT penggunaan tanah, IGT zona nilai tanah, IGT tata ruang. Setiap IGT

tersebut dikelola oleh institusi yang berbeda pada tataran pemerintah (K/L) maupun Pemda yang informasinya dibutuhkan oleh Pemdes. Sebagai contoh IGT bidang-bidang tanah pada HAT dikelola oleh BPN dan IGT bidang-bidang tanah untuk PBB dikelola oleh Pemda. Kedua IGT tersebut menginformasikan objek yang sama sehingga selayaknya dapat dibagi-pakai atau ditukar-gunakan. Demikian juga pada IGT penggunaan tanah, IGT zona nilai tanah, IGT tata ruang membutuhkan IGD rujukan yang sama sehingga jika dipadukan tidak mengalami banyak kendala.

Kondisi ideal IIP di Indonesia dapat terwujud jika prinsip kebijakan satu peta dasar (IGD dan IGTU) untuk rujukan dalam pembuatan IGT dipenuhi. Hal ini perlu dilakukan untuk menghindari adanya duplikasi IG sejenis yang diadakan oleh berbagai institusi dalam penyelenggaraan SAP di Indonesia.

Model Konseptual SIP Desa Berbasis Penyelenggaraan IIP

SIP Desa dikembangkan dalam rangka memfasilitasi kebutuhan akan informasi pertanahan bagi aparat Pemdes dalam mendukung pelayanan masyarakat dibidang pertanahan dan pembangunan. Selain itu, Pemdes memiliki peran dan partisipasi dalam pembaharuan data/informasi pertanahan untuk meminimalkan terjadinya konflik pertanahan di tingkat desa. SIP Desa dibangun terintegrasi dengan SIP Nasional, sehingga informasi yang disajikan ke masyarakat selaras pada berbagai tataran SIP. Konsep integrasi SIP dilakukan dengan membangun IIP untuk layanan data berbasis IGD dan IGTU yang sama pada berbagai tataran SIP (SIP Desa sampai SIP Nasional) sebagaimana dimodelkan secara konseptual pada



Gambar 2.

Berdasarkan Gambar 2., dalam konteks IIP bahwa SIP Desa adalah pengguna IGD, IGTU dan IGT pertanahan yang diakses dari Geoportal Kementerian/Lembaga (BPN RI) dan Geoportal Nasional melalui Geoportal Pemda setempat secara daring. Geoportal adalah portal khusus yang berhubungan dengan layanan pencarian dan penggunaan data geospasial melalui media internet (Rusmanto dkk., 2014). SIP Desa memanfaatkan IGD berupa RBI skala besar yang diakses dari Geoportal Nasional melalui Geoportal Pemda dan IGT tata ruang diakses dari Geoportal Pemda setempat, sedangkan IGTU bidang-bidang tanah diakses dari Geoportal BPN RI.

Gambar 15. Model konseptual SIP Desa berbasis IIP

Peran SIP Desa dalam lingkup penyelenggaraan IIP adalah berpartisipasi dalam pembaharuan data pertanahan dan IGTU dari tingkat desa dan disampaikan ke Kantor Pertanahan (KP) setempat. KP melakukan verifikasi dan validasi data hasil partisipasi desa untuk pembaharuan data pertanahan di KP. Setelah data hasil partisipasi dan IGTU tervalidasi dilanjutkan proses penyelarasan dengan basisdata yang ada di KP dan selanjutnya dikirim ke Geoportal BPN RI.

Dalam lingkup pembaharuan informasi pertanahan untuk keperluan Pemda (misalnya pelayanan PBB) Pemdes melalui SIP Desa berpartisipasi dalam pembaharuan data layanan PBB dan disampaikan ke Kantor Pelayanan PBB Pemda setempat melalui Geoportal daerah.

Dalam konteks IDS, unit produksi IGT yang ada di BPN dan Pemda membangun IGT disertai metadata-nya. IGT dan metadata tersebut disampaikan ke bagian unit penyebarluasan untuk dikelola. Metadata IG di Geoportal K/L/Pemda diregistrasikan ke Geoportal Nasional untuk disebarluaskan dan dapat diakses oleh para pengguna IG.

Penutup

Model konseptual SIP Desa berbasis penyelenggaraan IIP merupakan usulan dan masih perlu dilakukan kajian lebih lanjut. Model konseptual tersebut dapat diwujudkan jika kebijakan satu peta rujukan yaitu IGD berupa peta RBI skala besar dan IGTU berupa peta dasar pendaftaran yang dilengkapi IG bidang-bidang tanah yang lengkap telah tersedia dan digunakan pada penyelenggaraan SAP. Selain itu, SIP Desa berbasis IIP dapat terwujud jika dukungan sumberdaya manusia di bidang IG dan TI sudah siap dan merata di berbagai tataran pemerintahan, serta adanya standar dan kebijakan penyelenggaraan IG nasional dalam konteks membangun IDS/IIP yang selaras.

Daftar Pustaka

Aziz, T. L., 1997, Infrastruktur Sistem Informasi Pertanahan, Majalah Survei dan Pemetaan, XII (1): 46-51.

Bennet, R., 2007, Property Rights, Restrictions and Responsibilies: Their Nature, Design and Management, The University of Melbourne,

Melbourne.

Dale, P. F. dan McLaughlin, J. D., 1988, Land Information Management : An Introduction with Special Problems in Third World Countries, Oxford University Press, New York.

Diyono, 2015, Model Asesmen Interoperabilitas Data Geospasial dalam Pengembangan Infrastruktur Informasi Pertanahan di Indonesia, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Donald M. Grant, 1999, Spatial Data Infrastructure: The Vision for Future and the Role of Government in Uinderpining Future Land Administration Systems, International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructure for Sustainable Development, Melbourne, 24-27 October 1999.

Enemark, S., 2001, Land Administration Infrastructures For Sustainable Develpoment, International Conference on Spatial Information for Sustainable Development, Nairobi, Kenya, October 2-5, 2001.

Enemark, S., 2004, Building Land Information Policies, UN, FIG, PC IDEA Inter-regional Special Forum on The Building of Land Information Policies in The Americas, Aguascalientes, Mexico, October 26-27, 2004.

Enemark, S., 2005c, ICT Enebled Land Adminsistration Systems for Sustainable Development-The Denish Way, Expert Group Meeting on Incorporating Sustainable Development Objectives into ICT Enebled Land Adminsistration Systems Melbourne, Australia, November 9-11, 2005.

Enemark, S., 2007, Integrated Land Use Managemen for Sustainable Development: Spatial Information Management Toward Legalizing Informal Urban Development, FIG Commission 3 Workshop, Athens, Grece, March 28-31, 2007.

Enemark, S., 2010, From Cadastre to Land Governance : The Role of :Land Profesionals and FIG, Annual World bank Conference on Land Policy and Administration, Washington DC., April 26-27, 2010.

Enemark, S. dan Parker, J. R., 2005a, The Development of Land Information Policies in Americas, From Pharaohs to Geinformatics, FIG Working Week 2005 and GSDI 8, Cairo, Egypt, April 16-21, 2005.

Enemark, S., Williamson, I. dan Wallace, J., 2005b, Building Modern Land Administration System in Developed Economies, Spatial Science, Vol. 50: 51-68.

FIG, 1999, Technical Papers of the International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructures for Sustainable Development, International Conference on Land Tenure and Cadastral Infrastructure for Sustainable Development, Melbourne, Australia, October 24-27, 1999.

Hamzah, A. H., Shariff, A. R. M., Mahmud, A. R., Yusof, N. M. Z. N. dan Ali, H. M., 2010, Data Sharing Issues in SDI Implementation at National Land Administration for Country Multi Goverment, GSDI 12 World Conference : Realising Spatially Enabled Societies, Singapore, October 19-22, 2010.

Heydari, N., Mansourian, A., Taleai, M. dan Fallahi, G. R., 2009, Ontology-Based GIS Web Service for Increasing Semantic Interoperability among Organizations Involving Drilling in City of Taheran, GSDI 11 World Conference : Spatial Data Infrastructure Convergence : Building SDI Bridges to Address Global Challenges, Rotterdam, The Netherlands., June 15-19, 2009.

Jonsson, S., 2008, Integrated Land Information System and Development of NSDI, Integrated Generations FIG Working Week, Stockholm, June 14-19, 2008.

Monica, P., Laura, P., Flavio, M., Monica, T. dan Claudio, M., 2009, Experiences in the Creation and Updating of INSPIRE Compliant Metadata Catalogue, GSDI 11 World Conference : Spatial Data Infrastructure Convergence : Building SDI Bridges to Address Global Challenges, Rotterdam, The Netherlands., June 15-19, 2009.

Mukupa, W., 2011, Land Administration to Support Sustainable Development, FIG Working Week Marrakech, Morocco, May 18-22, 2011.

Najar, C. R., 2006, A Model-Driven Approach to Management of Integrated Metadata-Spatial Data: in Context of Spatial Data Infrastructure, Unpublished Disertasi, PhD, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich.

Oosterom, P. v., Groothedde, A., Lemmen, C., Molen, P. v. d. dan Uitermark, H. T., 2009, Land Administration as a Cornerstone in the Global Spatial Information Infrastructure, International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, Special Issue GSDI-11.

Rajabifard, A., 2002, Diffusion of Regional Spatial Data Infrastructures : With Particular Reference to Asia and the Pasific, Unpublished Disertation, Ph.D The University of Melbourne, Melbourne.

Rajabifard, A. dan Binns, A., 2005, SDI Requirement of Land Administration, Expert Group Meeting on Incorporating Sustainble Development Objectives into ICT Enbled Land Administration System, Australia, November 9-11, 2005.

Rajabifard, A., Feeney, M.-E. dan Williamson, I. P., 2002, Directions for the Future of SDI Development, International Journal of Aplied Earth Observations and Geoinformation, 4:

11-22.

Rusmanto, A., Darmawan, M., Sumaryono, Amhar, F., Sutanta, H., Aditya, T., Kusumasari, B., Diyono, Prijadi, S. dan Hutasoit, Y. E., 2014, Petunjuk Teknis Pembangunan Simpul Jaringan, Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Bogor.

Rusmawar, W., Soendjojo, H. dan Sumarto, I., 2012, Kadaster: Masa Lalu dan Masa Mendatang di Indonesia, Penerbit ITB, Bandung.

Steudler, D., Rajabifard, A. dan Williamson, I. P., 2004, Evaluation of Land Administration systems, Land Use Policy, 21: 371-380.

Stoimonev, L., Stanimirovic, A. dan Djordjevic-Kajan, S., 2005 Development of GIS Interoprability Infrastructure in Local Community Environment, FIG Working Week and GSDI-8, Cairo, Egypt, April 16-21, 2005.

Ting, L., 2002, Principles For An Integrated Land Administration System to Support Sustainable Development, Department of Geomatics The University of Melbourne, Melbourne.

UNECE, 1996, Land Administration Guidelines : With Special Reference to Countries in Transition, United Nations Publication, New York and Geneva.

Wallace, J., Williamson, I. dan Enemark, S., 2005, Building National Vison for Spatially Enebled Land Administration in Australia, Expert Group Meeting on Incoporating Sustainable Development Objectives into ICT Enebled Land Administration System, Australia, November 9-11, 2005.

Williamson, I., 2002, Land Administration and Spatial Data Infrastructure - Trend and Developments, FIG XXII International Congress, Wasington D.C. USA, April 19-26, 2002.

Williamson, I., Enemark, S., Wallace, J. dan Rajabifard, A., 2010, Land Administration for Sustainable Development, Sydney, Australia.

Williamson, I., Rajabifard, A. dan Feeney, M. E. F., 2003, Developing Spatial Data Infrastructures : From Concept to Reality, CRC Press, Boca Rato, London, New York, Washington, D.C.

Realisasi Kebijakan Satu Peta (One Map Policy) Berbasis Peta Desa (Studi Kasus Bantuan Teknis Peta Kelurahan Pakuon, Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung)

Yohannes[a,*], Fajriyanto[b], Eko Rahmadi[c]

[a,] Staf Pengajar Teknik Geodesi, FT-Universitas Lampung (yohannessp@gmail.com)
[b,] Staf Pengajar Teknik Geodesi, FT-Universitas Lampung (fajriyanto251@gmail.com)
[c,] Staf Pengajar Teknik Geodesi, FT-Universitas Lampung (rahmadi9999@gmail.com)

ABSTRACT

The Village of Gedung Pakuon is one of the villages of the coastal area of Lampung Bay. The monitoring results are directly in some village in the district of Teluk Betung Selatan, Bandar Lampung, most of the village map still does not meet the rules of cartography (still shaped sketch). In this study, carried out several activities, starting from the procurement stage image, cropping the image, geometry correction, cartography and plotting. Accuracy Quickbird image used was 2.4 m, then the tolerance value RMSE after multiplied by the accuracy of the image should be no more than 2.4 m, the results of the entire value of the average RMSE of 10 GCP (ground control points) obtained was 0:18, then 0:18 x 2.4 = 0432 m, which means that 0432 m <2.4 m so that the geometric correction Quickbird categorized sign of tolerance. These forms of technical assistance in the form of maps and map image Gedung Pakuon sub line with the scale of 1: 2,000 which is expected to meet the needs of spatial information, especially the village community and can be used as a reference for mapping purposes and other users.

Keywords: cartography, geometric, Quickbird image, ground control point, spatial information

1. PENDAHULUAN

Peta merupakan media penyajian informasi bereferensi geografis dari suatu wilayah bagi pengguna dan perencana serta pengambil keputusan pada tahapan pembangunan. Dengan adanya peta kita dapat mengetahui lokasi yang akan dicari. Secara umum fungsi peta antara lain dapat menunjukkan posisi atau lokasi suatu tempat di permukaan bumi, memperlihatkan ukuran (luas, jarak), arah suatu tempat di permukaan bumi, bentuk permukaan bumi, menggambarkan batas administrasi antara lain: negara, provinsi, kabupaten, kecamatan, kelurahan dan lainnya.

Definisi atau yang dimaksudkan dengan istilah desa adalah desa seperti umum dikenal di Jawa atau satuan-satuan sosial-politik yang dikenal di masing-masing daerah seperti nagari, kampung, lembang, huta, atau negeri. Hal ini diakui dalam UUD 1945 sebelum amandemen dan UU Nomor 32 Tahun 2004. Definisi tentang desa dalam UU terakhir disebutkan bahwa wilayah sebuah desa memiliki batas-batas wilayah dan berwenang untuk mengatur dan mengurus kepentingan masyarakat, berdasarkan hak asal usul, adat istiadat dan sosial budaya masyarakat yang bersangkutan. Dengan demikian, sebuah wilayah desa harus merujuk pada hak asal-usul sebelum terbentuknya desa tersebut.

Kelurahan Gedung Pakuon merupakan salah satu kelurahan didaerah pesisir teluk Lampung. Perkembangan daerah sekitar kelurahan ini cukup pesat, terutama karena berdekatan dengan area industri dan pelabuhan, hal ini akan berdampak pula pada kegiatan penggunaan lahan di kelurahan tersebut. Untuk memantau kegiatan-kegiatan yang berdampak pada perubahan penggunaan lahan tersebut maka perlu media yang informatif, salah satunya yaitu peta citra satelit.

Hasil pemantauan secara langsung pada beberapa Kelurahan di Kecamatan Teluk Betung Selatan, Kota Bandar Lampung, sebagian besar peta kelurahan masih belum memenuhi kaidah kartografi (masih berbentuk sketsa). Berdasarkan hal tersebut maka kami melakukan kegiatan penelitian dalam bentuk bantuan teknis pembuatan peta citra dan peta garis pada salah satu lokasi kelurahan yaitu Gedung Pakuon. Diharapkan dengan bantuan teknis ini dihasilkan peta citra dan peta garis Kelurahan Gedung Pakuon sesuai dengan kaidah kartografi, dan spesifikasi teknis yang baku, selain itu hasil kegiatan ini diharapkan mampu menjadi media informasi bagi masyarakat Kelurahan Gedung Pakuon serta seluruh pengguna yang membutuhkan.

2. KEBIJAKAN SATU PETA (*One Map Policy*)

2.1 Sejarah Kebijakan Satu Peta (*One Map Policy*)

Inisiasi kebijakan unggulan pemerintah yang dikenal dengan Kebijakan Satu Peta atau "*One Map Policy*" (OMP) ini dimulai pada tahun 2010 ketika Unit Kerja Presiden untuk Pengawasan dan Pengendalian Pembangunan (UKP4) menunjukkan peta tutupan hutan dari dua kementerian saat itu, yaitu kementerian lingkungan hidup dan kementerian kehutanan yang memiliki perbedaan perspektif kepada Presiden Susilo Bambang Yudhoyono.

Melalui proses panjang menuju OMP, mulai dari pengesahan Undang-Undang Nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial serta dikeluarkannya berbagai Peraturan Presiden terkait dengan OMP dalam konteks IDSN (Perpres Nomor 85 tahun 2007 yang selanjutnya digantikan dengan Perpres Nomor 27 tahun 2014), hingga akhirnya dikeluarkan Peraturan Presiden Nomor 9 tahun 2016 terkait dengan percepatan kebijakan satu peta pada prioritas skala peta 1:50.000. Bersamaan dengan ini, implementasi OMP dilakukan sebagai bagian dari Paket Kebijakan Ekonomi VIII Presiden Joko Widodo.

Pelaksanaan OMP yang menuntut terciptanya good governance dalam bentuk keterbukaan, transparansi dan akuntabilitas data dan informasi, memberikan peluang yang baik untuk menciptakan koordinasi, kolaborasi, kerjasama dan integrasi antar kementerian dan lembaga Negara yang memiliki tugas pokok dan fungsi (tupoksi) untuk memproduksi data dan informasi spasial (Yudono, 2016).

Dalam realisasinya pemerintah melakukan tahapan-tahapan pelaksanaan OMP dalam skema bernama Roadmap OMP (2015-2019). Pelaksanaan *Roadmap* OMP ini bersamaan dengan pelaksanaan RPJMN 2015-2019 yang bertujuan memantapkan pembangunan yang berbasis sumber daya alam yang tersedia, sumber daya manusia yang berkualitas serta kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi.

2.2 Implementasi Kebijakan Satu Peta dalam Penetapan Batas Desa

Peraturan Menteri Dalam Negeri (Permendagri) No. 27 Tahun 2007 tentang Penetapan dan Penegasan Batas Desa dengan cara memadukan beberapa hal. Pertama, mengikuti teknik standar kartografi (termasuk penggunaan teknologi spasial baru seperti GPS, SIG/GIS, dan citra satelit) yang disyaratkan Permendagri tersebut. Kedua, mendorong partisipasi yang bermakna (*meaningful participation*) dari para pemangku kepentingan agar hasil yang diperoleh memiliki informasi yang maksimal dan mendapat penerimaan yang luas di tingkat desa.

Peta Desa yang dihasilkan harus mempunyai spesifikasi sebagai berikut:

1) Format peta yang dihasilkan memiliki skala 1:10.000 dan harus memenuhi SNI 19-6502.1-2000 tentang Spesifikasi teknis peta rupabumi skala 1:10.000.
2) Mendapatkan sumber data sekunder peta dasar dengan skala 1:10.000, bila tidak tersedia maka harus dibuat peta kerja dengan skala tersebut.
3) Survei batas dilakukan dengan metode geodetik dan tingkat akurasi kurang atau sama dengan 5 cm.

Sedangkan dalam Peraturan Kepala BIG Nomor 3 Tahun 2016, syarat teknis yang harus dipenuhi, antara lain:

1) Datum kontrol horizontal baik untuk darat maupun laut yang digunakan di dalam peta desa adalah SRGI 2013, dengan parameter sferoid berikut:
   a = 6.378.137,0 m
   f = 1/ 298,257223563
   dalam hal ini,
   a : setengah sumbu panjang elips, dan
   f : flattening (penggepengan) elips
2) Proyeksi peta yang digunakan dalam peta desa adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM). Proyeksi dan pembagian zona grid mengacu pada sferoid yang telah dispesifikasikan dalam SRGI 2013.

Proses pembuatan peta batas desa dapat dilakukan dengan berbagai cara, antara lain dengan cara pembuatan peta situasi atau dibuat dari peta yang sudah ada (diturunkan dari peta dijital). Adapun proses pembuatan peta batas desa dengan cara penurunan dari peta yang sudah ada:

1) Peta batas desa dapat diperoleh dari peta–peta yang sudah ada seperti peta-peta dasar, peta pendaftaran tanah, peta blok, atau berdasarkan foto udara, citra satelit, dan sumber data lainnya;
2) Prosesnya dapat dilakukan secara kartografis manual atau digital, dan jika perlu diadakan penyesuaian skala dengan peralatan (misal: pantograf) atau metode yang sesuai.
3) Detil yang digambarkan adalah unsur-unsur yang berkaitan dengan batas desa seperti lokasi pilar batas, jaringan jalan, perairan, dan detil lainnya sesuai dengan keperluan desa.
4) Pada cara digital, peta dasar tersebut didigitasi dan dipilih melalui layar komputer untuk digambarkan kembali oleh alat cetak (*plotter*, atau printer).

Manfaat Peta Desa berdasarkan Peraturan Kepala

BIG Nomor 3 Tahun 2016, antara lain:

1) Pembuatan Peta Desa merupakan upaya untuk menyediakan Peta Desa yang akan digunakan oleh kementerian / lembaga / pemerintah daerah untuk kepentingan pembangunan nasional.
2) Pembuatan Peta Desa dilakukan oleh pihak-pihak yang telah diatur dalam peraturan perundang-undangan dengan mengikuti tata cara dan spesifikasi yang telah ditentukan oleh kementerian/lembaga yang berwenang.
3) Pembuatan/penyusunan Peta Desa adalah kegiatan pengolahan dan penyajian data dengan mengikuti prosedur operasional standar penyelenggaraan Pembuatan Peta Desa.
4) Pemantauan dan evaluasi kegiatan pembuatan / penyusunan dilakukan oleh Badan Informasi Geospasial atau pihak lain atas nama Badan.
5) Hasil kegiatan pembuatan/penyusunan Peta Desa diintegrasikan dengan jaringan informasi geospasial nasional.

3. REALISASI *ONE MAP POLICY* BERBASIS PETA KELURAHAN DI KOTA BANDAR LAMPUNG

3.1 Penetapan Batas Kelurahan

Kementerian Dalam Negeri, sebagaimana tertuang dalam Permendagri (Peraturan Menteri Agraria) Nomor 27 Tahun 2006, membedakan penetapan dan penegasan dalam proses penataan batas wilayah administrasi. Penetapan berarti menentukan batas di atas sebuah peta, yang disebut sebagai penentuan batas secara kartometris. Sementara, penegasan adalah meletakkan tanda batas di lapangan. Dalam peraturan tersebut, penetapan batas desa terdiri dari penelitian dokumen batas, penentuan peta dasar yang dipakai, dan pembuatan garis batas secara kartometrik di atas peta dasar (Pasal 3). Sementara penegasan batas mencakup tahapan penentuan dokumen penetapan batas, pelacakan garis batas, pemasangan pilar di sepanjang garis batas, pengukuran dan penentuan posisi pilar batas, serta pembuatan peta garis batas (Pasal 4 ayat 1).

Pemerintah daerah umumnya masih menganggap penataan dan penetapan batas desa bukanlah prioritas, karena mereka masih fokus pada batas provinsi dan batas kabupaten. Sedangkan pada kenyataannya, batas kelurahan yang jelas dan tidak terbantahkan memberikan dasar bagi desa atau kelurahan untuk perencanaan penggunaan lahan, investasi desa, pemetaan batas kepemilikan tanah, dan hak penggunaan komunal desa. Hal tersebut juga memberikan gambaran tentang "kenyataan di lapangan" serta menjadi integrasi data spasial di tingkat nasional, provinsi, kabupaten dan kecamatan (Pramono, dkk. 2011).

Kegiatan penetapan batas kelurahan dimulai dari titik awal yang diketahui kemudian menyusuri garis batas sampai dengan titik akhir sesuai dengan peta kerja. Pada penentuan garis batas kelurahan dilakukan penentuan garis batas di atas peta yang sudah disepakati oleh pihak Kelurahan Pakuon, sebagai dasar hukum batas daerah. Penentuan garis batas dapat berdasarkan pada tanda/simbol batas-batas yang tertera di peta, baik batas khayal (administratif) maupun batas nyata (kenampakan detail lain) di peta, atau koordinat titik batas yang tercantum dalam dokumen-dokumen batas daerah.

3.2 Sumber Data Citra Resolusi Tinggi

Satelit *Quickbird* diluncurkan tahun 2000 oleh *Digital Globe*. Namun, kembali gagal. Akhirnya *Quickbird-2* berhasil diluncurkan 2002 dan dengan resolusi spasial lebih tinggi, yaitu 2,4 meter (multispektral) dan 60 sentimeter (pankromatik). Citra *Quickbird* beresolusi spasial paling tinggi dibanding citra satelit komersial lain. Jangkauan liputan satelit resolusi tinggi seperti *Quickbird* sempit (kurang dari 20 km) karena beresolusi tinggi dan posisi orbitnya rendah, 400-600 km di atas Bumi. Citra ini mudah sekali diinterpretasi secara visual.

3.3 Pelaksanaan Kegiatan Bantuan Teknis

3.3.1 Metode Pelaksanaan

Dalam pelaksanaan kegiatan penelitian ini, tim teknis melakukan beberapa kegiatan, dimulai dari tahapan pengadaan citra resolusi tinggi yaitu *image Quickbird*, pemotongan citra, koreksi geometri, kartografi dan pencetakan.



Gambar 1. Lokasi Penelitian merupakan bagian dari *Image Quickbird* resolusi tinggi tahun 2009

3.3.2 Pemotongan citra Quickbird

Pemotongan citra dilakukan untuk menghemat memori penyimpanan komputer serta mempercepat proses pengolahan dalam

pembuatan peta garis Kelurahan Gedung Pakuon. Pemotongan citra dilakukan dengan menggunakan salah satu *software* penginderaan jauh.
Pada tahap pemotongan citra dihasilkan citra Kelurahan Gedung Pakuon yang siap untuk dilakukan koreksi geometrik.

3.3.3 Koreksi geometrik
Koreksi geometrik dapat diakukan melalui dua cara (Jensen, 1996), yaitu:

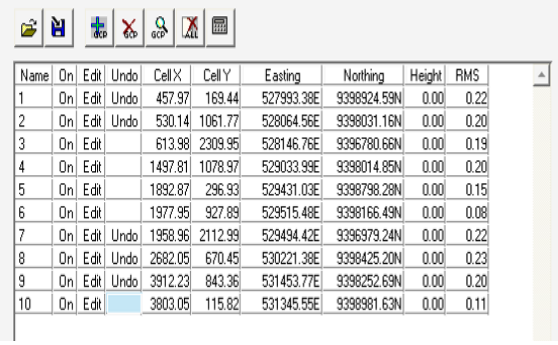
1. Rektifikasi citra ke peta (*Image to map rectification*), yaitu suatu proses untuk mengolah citra sehingga mempunyai sistem koordinat dan skala yang seragam. Rektifikasi ini tepat digunakan bila akurasi area, arah dan pengukuran jarak sangat diperlukan. Proses rektifikasi ini memerlukan titik-titik kontrol tanah yang telah diketahui posisi dan koordinatnya, yang dapat diperoleh dari peta acuan atau pengukuran langsung dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS).
2. Registrasi citra ke citra (*Image to image registration*), yakni dilakukan translasi dan rotasi pada citra dengan mengacu pada citra yang memiliki geometri dan area yang sama serta telah teregistrasi.

Pada proses ini, juga dilakukan transformasi koordinat dengan menggunakan:

1. Sistem proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) yang mengacu pada ellipsoid referensi *World Geodetic System* 1984 (WGS 84).
2. Metode transformasi yang dipilih adalah polinomial orde dua (*quadratic*) dengan pertimbangan topografi wilayah penelitian bervariasi dan titik kontrol tanah yang tersedia mencukupi serta metode *resampling nearest neighbour*.
3. Koreksi geometrik yang dilakukan terhadap citra *Quickbird* tahun 2009 dengan menggunakan titik kontrol tanah (*image to map rectification*).
4. Titik kontrol tanah yang digunakan pada kegiatan ini berjumlah sepuluh titik dengan lokasi titik menyebar agar diperoleh ketelitian yang lebih baik. Titik kontrol tanah (*ground control point*) yang digunakan berdasarkan hasil *tracking* GPS tipe geodetik.

3.3.4 RMS error
RMS merupakan ukuran ketelitian dari penentuan titik kontrol tanah pada citra dalam ukuran piksel. Tingkat akurasi dari citra hasil koreksi geometrik dapat diketahui dengan menghitung nilai rata-rata RMS keseluruhan titik kontrol tanah. Koreksi geometrik dapat dikatakan baik jika nilai RMS < ukuran 1 piksel resolusi citra satelit. Semakin kecil nilai RMS *error* yang diperoleh berarti semakin teliti hasil rektifikasi.
Ketelitian citra *Quickbird* adalah 2.4 m, maka toleransi nilai RMSe setelah dikalikan ketelitian citra harus tidak lebih dari 2.4 m, hasil dari seluruh nilai rata-rata RMSe dari 10 titik kontrol tanah yang didapat adalah 0.18, maka 0.18 x 2.4=0.432 m, artinya 0.432 m < 2.4 m sehingga koreksi geometrik citra *Quickbird* dikategorikan masuk toleransi.

Gambar 2. Koordinat titik kontrol tanah dan koordinat



Name	On	Edit	Undo	Cell X	Cell Y	Easting	Northing	Height	RMS
1	On	Edit	Undo	457.97	169.44	527993.38E	9398924.59N	0.00	0.22
2	On	Edit	Undo	530.14	1061.77	528064.56E	9398031.16N	0.00	0.20
3	On	Edit		613.98	2309.95	528146.76E	9396780.66N	0.00	0.19
4	On	Edit		1497.81	1078.97	529033.99E	9398014.85N	0.00	0.20
5	On	Edit		1892.87	296.93	529431.03E	9398798.28N	0.00	0.15
6	On	Edit		1977.95	927.89	529515.48E	9398166.49N	0.00	0.08
7	On	Edit	Undo	1958.96	2112.99	529494.42E	9396979.24N	0.00	0.22
8	On	Edit	Undo	2682.05	670.45	530221.38E	9398425.20N	0.00	0.23
9	On	Edit	Undo	3912.23	843.36	531453.77E	9398252.69N	0.00	0.20
10	On	Edit		3803.05	115.82	531345.55E	9398981.63N	0.00	0.11

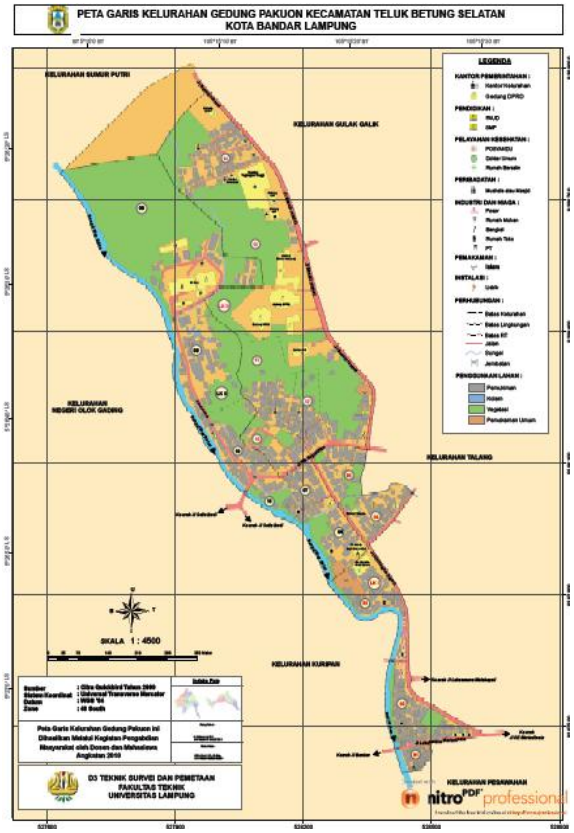
citra hasil plotting pada citra *Quickbrid* saat koreksi geometrik

3.3.5 Digitasi
Kegiatan digitasi citra dilakukan untuk menggambarkan objek berupa titik, garis dan luasan antara lain stasiun, batas kelurahan, batas lingkungan, batas RT, jalan, permukiman, gedung pertokoan dan lain sebagainya terkait kelurahan Gedung Pakuon. Kegiatan ini dilakukan dalam pembuatan peta garis, sedangkan dalam pembuatan peta citra tidak dilakukan digitasi. Setelah digitasi selesai dilakukan kemudian dilengkapi dengan menambahkan atribut pada masing-masing objek spasial hasil digitasi.

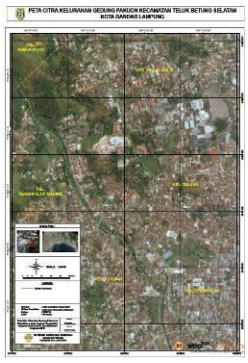
3.3.6 Kartografi
Pada tahap ini kegiatan yang dilakukan antara lain: membuat legenda, membuat *window layout*, mengatur ukuran dan posisi objek, pengaturan zoom, membuat skala grafis, membuat arah utara, membuat grid, menambahkan logo, pengaturan kertas. Pada tahap ini menghasilkan *layout* peta citra dan *layout* peta garis kelurahan Gedung Pakuon dalam skala 1:2.000.

4. PRODUK AKHIR PEKERJAAN BANTUAN TEKNIS

Hasil akhir bantuan teknis adalah Peta Citra dan Peta Garis Kelurahan Gedung Pakuon. Pada peta garis tersebut, Kelurahan Gedung Pakuon memiliki informasi spasial batas kelurahan, batas lingkungan (LK) 1, 2, dan 3, batas administrasi rukun tetangga (RT) 1 sampai dengan 14, toponimi, jalan, jembatan, sungai, penggunaan lahan (pemukiman, kolam, lahan kosong, pemakaman umum), lokasi industri/niaga (pasar, rumah makan, ruko, bengkel dan PT), tempat peribadatan (mushola, masjid, gereja), pelayanan kesehatan (posyandu, dokter umum, rumah bersalin), kantor pemerintahan (kantor kelurahan, gedung DPRD), serta lokasi pendidikan (SMP, PAUD).



Gambar 3. *Layout* peta citra Kelurahan Gedung Pakuon



Gambar 4. *Layout* peta garis Kelurahan Gedung Pakuon

5. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

5.1. Kesimpulan

Dalam menyajikan peta yang sesuai kaidah kartografi pembuatan peta dalam hal ini Peta Citra dan Peta Garis Kelurahan Gedung Pakuon Kecamatan Teluk Betung Selatan meliputi beberapa hal mulai dari pemotongan citra, koreksi geometrik, digitasi, kartografi serta pencetakan. Produk akhir yang dihasilkan adalah bantuan teknis berupa Peta Citra dan Peta Garis Kelurahan Gedung Pakuon skala 1:2.000 sesuai kaidah Spesifikasi Teknis Peta Desa dari BIG, dan diharapkan dapat memenuhi kebutuhan informasi spasial khususnya masyarakat kelurahan tersebut serta dapat digunakan sebagai referensi pemetaan dan keperluan pengguna lainnya.

5.2. Rekomendasi

Alternatif pengadaan data spasial skala besar dengan melakukan integrasi pemetaan dari level desa, dan sebaiknya segera dibuat sebuah sistem dalam bentuk Sistem Informasi Desa (SID) yang akan mempercepat pengadaan data spasial skala besar sehingga dapat terintegrasi dengan simpul jaringan IDSN.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada BOPTN Universitas Lampung dan tim Pengabdian Kepada Masyarakat Program Studi Teknik Geodesi, FT-UNILA.

DAFTAR PUSTAKA

Dewi, C., dkk, 2013: Analisis Ruang Terbuka Hijau di Kota Bandar Lampung. *Penelitiandan Pengabdian Masyarakat*, Universitas Lampung, Lampung.

Julzarika, A. 2009: Perbandingan Teknik Orthorektifikasi Citra Satelit SPOT5 Wilayah Semarang Dengan Metode Digital Mono Plotting (DMP) Dan Metode Rational Polynomial Coefficients (RPCs), *Jurnal Penginderaan Jauh* Volume 6, Tahun 2009 halaman :11-21

Jensen, J.R, 1996: *Introductory Digital Image Processing*, Prentice Hall, Singapore.

Lillesand.M.T dan R.W. Kieffer, 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Martain. 2006: Pemanfaatan Citra Quickbird sebagai komponen untuk pembuatan peta zona nilai tanah di wilayah perbatasan antar dua Kantor Pelayanan Pajak Bumi dan Bangunan-Studi kasus Perbatasan Kecamatan Tegalrejo (KP. PBB Yogyakarta) dan

Kecamatan Mlati (KP. PBB Sleman). *Thesis S-2. Program Studi Teknik Geomatika*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Nugroho, H, 2011: Kajian Implementasi Metode Penetapan Batas Administrasi Kota/Kabupaten (Studi Kasus: Provinsi Sumatera Barat), *Jurnal Rekayasa LPPM Itenas*, Nomor 1 Volume XV, edisi Januari – Maret 2011, Bandung.

Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 27 Tahun 2006 tentang Penetapan dan Penegasan Batas Desa. Jakarta.

Peraturan Kepala Badan BIG Nomor 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknik Penyajian Peta Desa Yang Menyajikan Peta Desa Dalam Bentuk Peta Citra, Cibinong, Bogor.

Pramono, H. dkk., 2013: Panduan Penataan Batas Desa secara Partisipatif, Laporan Akhir Support Services for Land Use Planning, District Readiness, *Strategic Environmental Assessment and Related Preparatory Activities for the Green Prosperity Project in Indonesia*, Millennium Challenge Corporation, Washington DC, U.S.A

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, Jakarta.

Wahyono, E.B, 2007: Kajian pemanfaatan citra satelit Ikonos untuk pembuatan peta dasar pendaftaran tanah: Kasus pada sebagian daerah Kabupaten Trenggalek Provinsi Jawa Timur. *Thesis S-2. Program Studi Teknik Geomatika*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Yudono, A. 2016: Teknologi, Informasi Dan Perencanaan Di Indonesia: Quo Vadis One Map Policy? *Department of Urban Studies and Planning*, University of Sheffield. U.K.

BIOGRAFI SINGKAT

1. Ir. Yohannes M.T, lahir di Metro, Lampung pada tanggal 7 April 1952. Pendidikan Magister diselesaikan pada tahun 2002 di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB, dan pendidikan Sarjana pada tahun 1979 di Jurusan Teknik Geodesi UGM. Mengabdikan diri sebagai staf Pengajar sejak tahun 1986 di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung dan sekaligus sebagai penggagas dan pendiri Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 1998, serta salah satu tokoh yang membidani berdirinya Program Studi S1 Teknik Geodesi, Universitas Lampung pada tahun 2014.
2. Fajriyanto, S.T, M.T, lahir di Yogyakarta pada tanggal 2 Maret 1972. Pendidikan Magister Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB tahun 2012, dan pada tahun 1997 telah berhasil menyelesaikan pendidikan Sarjananya di Jurusan Teknik Geodesi UGM, saat ini tercatat sebagai mahasiswa Doktoral di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. Mulai bergabung dengan Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung pada tahun 2006 sebagai salah satu staf pengajar.
3. Eko Rahmadi, S.T, M.T, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 10 Februari 1971. Pendidikan Magister diselesaikan pada tahun 2013 di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB, dan pada tahun 1997 telah menyelesaikan pendidikan Sarjananya di Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika ITB. Sejak tahun 1998 mulai bergabung menjadi staf Pengajar di Program Studi D3 Teknik Survey dan Pemetaan, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Pada tahun 2005 diangkat menjadi dosen tetap di Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.

Tanah Terlantar di Daerah Transmigrasi Desa Waode Angkalo Kabupaten Buton Utara: Analisis Faktor Penyebab

Ilmiawan [1], Djurdjani [2*], Priyono Nugroho DM[2]

[1)] Kantor Badan Pertanahan Nasional Kabupaten Kendari

[2)] Departemen Teknik Geodesi UGM (djurdjani@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Acoording to the research done by BPN in 2014, there were around 7.5 million indentified abandoned lands in Indonesia, including a number of lands in Desa Waode Angkalo, Kecamatan Boneguru, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara. Abandoned lands can cause reducing the quality of environment, disturb the best use of the lands and in the future will affect the social welfare. The aims of the research are to identify factors causing abandoned lands and to analyze efforts should be done to acheive the ojectives of land administration and transmigration.

To identify factors causing abandoned land,, there are two types of data namely primary data and secondary data. Primary data were collected using semi open questionnaire and depth interview. Progressive sampling technique was used to select respondents. Secondary data such as regulations, spatial data and attribute data were gathered from local government. The result of interview after being transcribed, was grouped into physical factors, economical fators and institutional factors. Frequency distribution and cross tabulation technique were used to analyze statistical data using SPSS software.

The result shows that phyisical factors that dominantly affect (particulalrly arable land II) are excessive land ownership, the availability of irrigation infrastructure and access to the lands. Including economical factors are limited financial support and the occupation of the land is mainly for investation purpose. Institutional factors have been identified are no strong law enforcement to the land owners and no punishment to the people who break the existing regulations.

Key words: abandoned lands, transmigration and land administration

PENDAHULUAN

Tanah terlantar menurut Poerwadarminta adalah: "tanah yang berarti bumi dan lapisan bumi yang ada di atas sekali dan terlantar berasal dari kata dasar te (r) lantar yang berarti tidak terpelihara, tidak ada yang merawat, tidak dikerjakan (dipikirkan, dilangsungkan dan sebagainya), terbengkalai dan tidak terurus (Poerwadarminta, 1976). Menurut Peraturan Kepala BPN RI Nomor 4 Tahun 2010 tentang Tata Cara Penertiban Tanah Terlantar, pengertian tanah terlantar adalah tanah yang sudah diberikan hak oleh negara berupa Hak Milik, Hak Guna Usaha, Hak Guna Bangunan, Hak Pakai, dan Hak Pengelolaan, atau dasar penguasaan atas tanah yang tidak diusahakan, tidak dipergunakan, atau tidak dimanfaatkan sesuai dengan keadaannya atau sifat dan tujuan pemberian hak atau dasar penguasaannya. Tanah terlantar akan menyebabkan nilai ekonomi tanah turun dan pada akhirnya akan menyebabkan penurunan lingkungan tempat tanah berada (Djurdjani, 2009).

Berdasarkan hasil identifikasi tanah terlantar yang dilakukan oleh BPN pada tahun 2014, terdapat sekitar 7,5 juta hektar tanah yang terindikasi terlantar (Mulyanto, 2014). Penelantaran tanah juga terjadi di daerah transmigrasi, Desa Waode Angkalo, Kecamatan Bonegunu, Kabupaten Buton Utara, Provinsi Sulawesi Tenggara, telah terjadi sejak tahun 1994. Penelantaran tanah tersebut sebagian besar terjadi pada lahan usaha II dan beberapa lahan usaha I serta lahan pekarangan (wawancara pribadi dengan Kepala Desa Waode Angkalo, 03 Agustus 2014).

Desa Waode Angkalo sebagai eks dari Unit Pemukiman Transmigrasi (UPT) Lambale SP. IV Unit VI merupakan salah satu desa yang terbentuk dari adanya program transmigrasi. Luas wilayah Desa Waode Angkalo 808 ha, dengan jumlah penduduk pada tahun 2014 adalah 675 jiwa yang terdiri 315 jiwa laki-laki dan 360 jiwa perempuan. Sebagian besar penduduk Desa Waode Angkalo bermata pencaharian sebagai petani (Badan Pusat Statistik, 2015). Penempatan transmigrasi tersebut dimulai sejak tahun 1994 yang dilaksanakan dengan pola transmigrasi umum, yang diikuti oleh 220 kepala keluarga dengan masing masing mendapatkan tiga bidang tanah berupa tanah pemukiman seluas 0,25 ha; lahan usaha I seluas 0,75 ha; dan lahan usaha II seluas 1,0 ha. Daerah asal transmigran didominasi oleh masyarakat Bali kemudian disusul oleh Jawa dan masyarakat lokal (Dinas Transmigrasi Provinsi Sulawesi Tenggara, 1994).Tanah terlantar akan menghasilkan dampak dari aspek ekonomi, fisik , sosial dan hukum. Untuk itu penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis faktor-faktor

yang menyebabkan terjadinya tanah terlantar di daerah transmigrasi Desa Waode Angkalo.

TINJAUAN PUSTAKA

Hubacek dan Vazquez (2002) menyebutkan bahwa tanah merupakan sumber utama bagi aktivitas manusia dan sebagai faktor asas produksi. Selain memasok makanan, tanah menyediakan ruang untuk bangunan komersial dan industri, infrastruktur, perumahan (residential) dan rekreasi. Dalam pembangunan ekonomi, tanah merupakan faktor produksi selain tenaga kerja, modal dan teknologi. Menurut Adams dkk(1994) pembangunan tanah merupakan aktivitas yang menyebabkan terjadinya perubahan terhadap penggunaan tanah. Pembangunan tanah dapat dilakukan dengan menambahkan investasi dalam bentuk modal dan tenaga diatas tanah. Tujuan yang ingin dicapai adalah penggunaan sumber daya tanah yang efisien yang ditunjukkan dengan adanya hasil yang lebih baik, sebagaimana dikemukakan oleh Harvey dan Jowsey (2004). Keuntungan lain yang diharapkan dapat diperoleh adalah meningkatnya standar kehidupan bagi masyarakat, pendayagunaan fasilitas perkotaan yang lebih efisien dan keuntungan tidak kelihatan seperti ketenangan hidup, kepuasan budaya dan stabilitas sosial (Dowall., 1995) .

Tiga faktor yang mempengaruhi pembangunan tanah sebagaimana yang dikemukakan oleh Hubacek dan Vazquez (2002) yaitu: a. Faktor fisik, biologi, dan teknis yang meliputi jumlah, jenis, ketersediaan dan karakteristik sumber daya tanah, yang membatasi pengguna pada penggunaan tertentu. b. Lembaga yang berupa 'rules of the game' dalam masyarakat yang mengatur bentuk hubungan antara manusia dengan sumber tanah. c. Kekuatan ekonomi melalui penawaran permintaan yang membentuk keberadaan lahan sekarang. Pembangunan tanah yang baik akan meningkatkan perekonomian di suatu wilayah, namun pembangunan tanah yang tidak terarah menurut Djurdjani dan Omar (2008) akan menyebabkan terjadinya penurunan kualitas lingkungan, seperti lingkungan kumuh, tanah kosong (vacant land), dan lingkungan yang tidak beraturan (urban sprawl). Pembangunan tanah merupakan suatu proses yang kompleks karena banyak aktor yang terlibat. Aktor tersebut antara lain individu (pemilik tanah) dan pemerintah. Pembangunan tanah yang terjadi merupakan hasil interaksi antar aktoraktor tersebut. a. Peran Individu (Pemilik Tanah) Peran pemilik tanah sangat menentukan dalam pembangunan tanah.

Tanah merupakan salah satu sumberdaya alam yang jumlahnya tidak bertambah. Untuk itu pemanfaatan tanah harus dilakukan dengan sebaik baiknya sehingga memberi manfaat sebesar besarnya. Pemanfaatan tanah harus dilakukan secara terencana, rasional, optimal dan bertanggungjawab serta sesuai dengan kemampuan daya dukungnya (Sugandhy, 1999). Pemanfaatan tanah yang tidak sesuai dengan kelas kesesuaiannya akan memberikan dampak buruk, baik secara fisik maupun ekonomi. Secara fisik, pemanfaatan tanah yang tidak sesuai dengan daya dukung tanah dapat menimbulkan kerusakan tanah (Mather, 1986) dan sebaliknya, penggunaan tanah yang tepat adalah langkah pertama untuk menunjang program konservasi tanah (Sinukaban, 1989). Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam program pemanfaaan tanah, yaitu pemerintah, masyarakat, dan dunia usaha dengan cakupan yang luas meliputi regulasi, program instansi, kapasitas pelaku, status dan daya dukung tanah, akses pasar, pola tanam, kelembagaan, permintaan dan persediaan komoditas, ketahanan pangan, potensi konflik, dan sebagainya. Faktor-faktor pendorong sebagian besar berasal dari masyarakat sebagai pemilik tanah. Pemanfaatan tanah yang tidak optimal akan akan menyebabkan terjadinya tanah terlantar.

Permasalahan pokok yang dihadapi dalam penertiban dan pendayagunaan tanah terlantar adalah bahwa pelaksanaan identifikasi mengenai keberadaan tanah terlantar belum berjalan sesuai ketentuan serta kurangnya pendanaan untuk mengidentifikasi dan menginventarisasi tanah terlantar. Pendayagunaan tanah terlantar dapat diselesaikan melalui program reforma agraria. Hal ini sesuai penelitian yang dilakukan oleh Ismail (2013), bahwa penelantaran tanah berdampak pada tidak optimalnya pembangunan, kesejahteraan dan hilangnya peluang untuk mewujudkan potensi ekonomi tanah.

Selain itu penelitian tersebut juga memberikan angin segar kepada orang-orang yang tidak mempunyai tanah/orang miskin untuk mendapatkan tanah melalui program reforma agraria. Dengan reforma agraria tanah-tanah yang tadinya terlantar dapat ditata kembali penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanahnya sehingga tercapai keadilan, kepastian dan perlindungan hukum. Penelitian serupa tentang penanggulangan tanah-tanah terlantar juga pernah dilakukan oleh Nurman (2010) di Kecamatan Maiwa, Kabupaten Enrekang, Provinsi Sulawesi Selatan. Dalam penelitiannya, Nurman mencari faktor penyebab terjadinya tanah terlantar di kecamatan tersebut dan upaya-upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Daerah dalam menanggulangi terjadinya tanah terlantar. Berdasarkan hasil penelitiannya ditemukan faktor penyebab terjadinya tanah terlantar di kecamatan tersebut yaitu faktor penguasaan tanah berlebihan, faktor pemilik lahan pergi merantau, faktor kondisi fisik alamiah tanah yang tidak subur dan faktor tanah/lahan dalam keadaan sengketa.

Penelitian lain terkait tanah terlantar juga dilakukan oleh Nurlinda (2014) yang menganalisis perbandingan penanganan tanah terlantar di Kabupaten Tasikmalaya dan Sukabumi dalam mewujudkan ketahanan pangan Provinsi Jawa Barat. Dalam penelitiannya ditemukan beberapa penyebab terjadinya tanah (terindikasi) terlantar di Kabupaten Tasikmalaya (khususnya tanah HGU) adalah: a) masa berlaku HGU atas tanah-tanah perkebunan telah habis, tetapi tidak diperpanjang dan dibiarkan begitu saja baik oleh negara ataupun pemilik HGU; b) tanaman yang ditanam tidak menghasilkan keuntungan, karena tidak dipelihara dengan baik; c) perusahaan-perusahaan perkebunan pemilik HGU mengalami kekurangan modal, sehingga kesulitan memanfaatkan tanah dan membiarkan tanah-tanah tersebut tanpa dimanfaatkan dengan baik; d) beberapa kawasan dari tanah terlantar tersebut memang sulit ditanami karena kualitas tanahnya tidak/kurang baik untuk dijadikan tanah perkebunan; e) harga hasil tanaman yang merosot di pasaran.

METODOLOGI

Penelitian ini diawali dengan melakukan pengumpulan data sekunder berupa data spasial (peta pendaftaran Desa Waode Angkalo), data citra satelit Quickbird Kecamatan Bonegunu tahun 2008, data bidang tanah serta data statistik dari pemerintah lokal. Berdasarkan data sekunder tersebut dilakukan observasi lapangan untuk mengenali lebih dekat daerah penelitian dan mengindetifikasi awal responden yang akan dipilih. Hasil observasi langsung di lapangan berupa penggunaan tanah serta dokumentasi foto mengenai kondisi fisik tanah terlantar dan tanah yang termanfaatkan di Desa Waode Angkalo .

Data primer, data mengenai sikap/alasan para transmigran Desa Waode Angkalo, dikumpulkan dengan menggunakan survei langsung ke lapangan dengan teknik wawancara menggunakan kuesioner semi terbuka dan interview. Sampel responden dipilih secara *purposive sampling* yaitu berdasar tanah yang terlantar dan tidak terlantar. Jumlah sampel daerah terlantar adalah 40 buah dan daerah yang tidak terlantar sebanyak 20 buah.

Pengolahan data kuisioner dilakukan dengan teknik deskriptif berdasar distribusi frekuensi dan tabulasi silang (*crosstab).* Pengolahan data wawancara dilakukan dengan membuat transkrip yang diperoleh secara *langsung* maupun dari hasil perekaman wawancara. *Transkip* tersebut diolah dengan menangkap makna yang melekat dari teks berupa makna yang dominan, makna yang dapat dipertentangkan dan bersifat spesifik serta makna yang tersembunyi. Data primer hasil wawancara dideskripsikan melalui kedekatan hubungan dengan faktor-faktor yang teridentifikasi melalui kuisioner. Secara garis besar faktor faktor dikelompokkan dalam 3 kelompok yaitu fisik, ekonomi dan institusi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Desa Waode Angkalo sebagai eks Unit Pemukiman Transmigrasi Lambale SP. IV Unit VI pada awal pembentukannya pada tahun 1994 diikuti oleh dua suku dari luar pulau buton yaitu Bali dan Jawa kemudian ditambah masyarakat lokal dari Buton.

Lahan pekarangan yaitu lahan yang dijadikan para transmigran sebagai kawasan pemukiman yang diberikan kepada setiap kepala keluarga dengan ukuran 25 m x 100 m (luas 0,25 ha) dimana lebar 25 m tersebut selalu berada di sisi jalan. Lahan usaha I yaitu lahan yang disiapkan oleh pemerintah untuk usaha pertanian dan diberikan kepada setiap kepala keluarga dengan ukuran 75 m x 100 m (luas 0,75 ha). Lahan lahan usaha I dan lahan pekarangan terutama ditujukan untuk usaha pertanian dalam rangka memenuhi kebutuhan pokok keluarga transmigran sehari-hari. Lahan Usaha II yaitu lahan yang diberikan oleh pemerintah kepada masingmasing kepala keluarga dengan ukuran 100 m x 100 m (luas satu hektar). Lahan ini terutama diarahkan untuk menjadi sumber penghasilan bagi keluarga transmigran guna mencukupi kebutuhan lainnya untuk peningkatan taraf hidup.

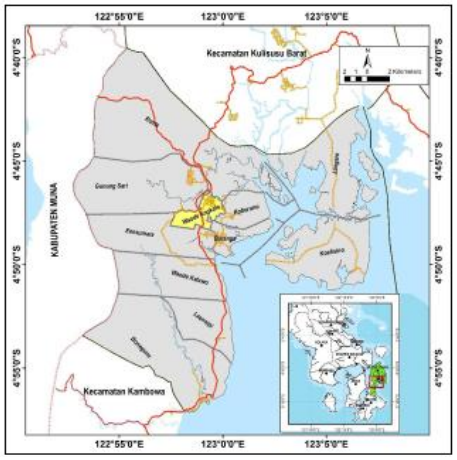
Rincian penggunaan lahan tersebut berupa kawasan pemukiman sekitar 4,1 % atau 33,12 ha, ladang sekitar 8,48 % atau 68,53 ha, sawah sekitar 10,67 % atau 86,16 ha, kebun sekitar 16,9 % atau 136,44 ha dan tanah yang tidak pernah termanfaatkan/lahan tidur sekitar 59.85 % atau 483,44 ha. Untuk kawasan hutan berdasarkan batas administrasinya Desa Waode Angkalo tidak meliputi kawasan hutan sehingga penggunaan lahan untuk kawasan hutan adalah tidak ada. Lokasi penelitian di tunjukkan oleh Gambar 1

Dari hasil kuesionaer, berdasarkan hubungan antara tingkat pendidikan dan tanah terlantar diperoleh sebanyak 75,5% adalah responden dengan tingkat pendidikan dasar, yang rinciannya sebanyak 15% tidak tamat SD, sebanyak 42,5% SD dan sebanyak 17,5% SMP. Kemudian disusul 17,5% berpendidikan menengah yaitu SMA dan sebanyak 7,5% berpendidikan tinggi yaitu Sarjana. Pola yang hampir sama diperoleh ketika disusun hubungan antara tanah yang tidak terlantar dengan pendidikan. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa tingkat pendidikan bukan merupakan faktor yang berpengaruh terhadap munculnya tanah terlantar.

Analisis berikut akan didekati berdasar 3 kelompok yaitu fisik, institusi dan ekonomi

a. Faktor Fisik

Faktor fisik dikelompokkan dalam faktor yaitu faktor endogen dan faktor eksogen. Faktor endogen adalah



Gambar 1 Lokasi Penelitian

faktor yang melekat pada fisik bidang tanah, sedangkan faktor eksogen adalah faktor yag mempengaruhi fisik bidang tanah yang berasal dari luar. Ada beberapa faktor endogen yang akan dianalisis yaitu topografi, tingkat kesuburan, dan penggunaan tanah.

Berdasarkan hasil kuesioner diperoleh hubungan antara jenis topografi dan tanah terlantar. Jumlah responden yang menelantarkan tanahnya hampir seimbang antara topografi tanah yang datar (52,5%) dan miring/berbukit (47,5%). Sedangkan frekuensi responden yang memanfaatkan tanahnya lebih banyak di tanah yang datar yaitu 70% dibandingkan dengan yang tanah miring/berbukit yang hanya 30%. Hasil ini menunjukkan bahwa topografi tanah bukan merupakan faktor yang menyebabkan tanah terlantar.

Berdasar tingkat kesuburan tanah, diperoleh hasil kuesioner sebagaai berikut: frekuensi responden yang menelantarkan tanahnya lebih didominasi oleh tanah yang subur (85%), sangat subur (2,5) dan kurang subur (12,5%), sedangkan frekuensi responden yang memanfaatkan tanahnya juga didominasi oleh tanah yang subur (70%), sangat subur (10%) dan kurang subur (20%). Ini menunjukkan bahwa tingkat kesuburan bukan merupakan faktor tanah terlantar.

Berdasarkan penggunaan tanah ada 2 jenis penggunaan yaitu sawah tadah hujan dan lahan kering (perumahan, kebun, ladang dan tanah yang tidak pernah terolah). Hasil analisis diperoleh bahwa penggunaan tanah perumahan tidak semuanya termanfaatkan karena terdapat 17,2% kondisi pemanfaatannya terlantar. Penggunaan tanah untuk sawah tadah hujan hanya 0,9% yang ditelantarkan sedangkan penggunaan tanah untuk ladang sebanyak 33% kondisi pemanfaatannya terlantar. Kebun menjadi satu-satunya penggunaan tanah yang 100% termanfaatkan. Ini berarti penggunaan tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi penelantaran tanah.
Faktor fisik yang kedua adalah faktor eksogen. Ada beberapa faktor eksogen yang dianalisis yaitu penguasaan tanah yang berlebih, jenis lahan transmigrasi, kelengkapan tanda batas dan fasilitas umum.

Dari hasil kuesioner diperoleh data bahwa 60% responden yang menelantarkan tanahnya karena responden memiliki kelebihan penguasaaan atau kepemilikan bidang tanah terlantar lainnya. Hal ini sesuai dengan hasil wawancara yang dilakukan kepada Kepala Desa Waode Angkalo:

".....akibat kelebihan penguasan tanah tersebut tidak semua bidang tanah yang dikuasai itu dapat dimanfaatkan, artinya masyarakat yang mempunyai kelebihan penguasaan tanah dapat dipastikan bahwa minimal ada satu bidang tanah mereka yang ditelantarkan" (hasil wawancara dengan Kepala Desa Waode Angkalo, tanggal 01 Februari 2016).

Faktor eksogen kedua yang dianalisis adalah jenis lahan transmigrasi. Sebagaimana yang dijelaskan dimuka, ada 2 macam lahan tanah transmigrasi yaitu Lahan Usaha I dan Lahan Usaha II. Berdasarkan hasil kuesioner diperoleh data pemanfaatan tanah untuk lahan pekarangan (84,10%), lahan usaha I (86,80%) dan lahan usaha II hanya (30,45%). Kurangnya persentase pemanfaatan lahan usaha II karena lahan tersebut diberikan oleh pemerintah dengan tidak menunjukan posisi detail lokasinya di lapangan untuk masing masing bidang.

Kelengkapan tandabatas merupakan faktor eksogen yang ketiga. Dari hasil pengumpulan data diperoleh bahwa kondisi tanda batas untuk tanah terlantar yaitu 65% masih dalam kondisi lengkap dan terpelihara, 2,5% masih ada sebagian dan 32,5% telah hilang semua. Kondisi tanda batas untuk tanah termanfaatkan berdasarkan hasil survei diperoleh 100% masih lengkap dan terpelihara. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa tanda batas tidak menjadi faktor yang menyebabkan terjadinya tanah terlantar di Desa Waode Angkalo.

Terkait dengan fasilitas umum, pada dasarnyapemerintah sudah menyediakan beberapa failitas seperti fasilitas toko bibit/pupuk dan jaringan telepon (GSM), jaringan jalan desa dan jaringan listrik. Namun demikian hasil wawancara

menunjukkan bahawa fasilitas tersebut belum memadai

"*.....Dengan melihat potensi ini pembangunan fasilitas irigasi sangat diperlukan masyarakat demi tercapainya swasembada pangan di Desa Waode Angkalo. Pembangunan fasilitas irigasi juga perlu didukung dengan tempat pemasaran hasil berupa fasilitas pasar, namun di Kecamatan Bonegunu hingga saat ini belum memiliki pasar yang sesuai dengan harapan..... Hal ini karena selain jumlah konsumen yang kurang juga karena jarak pemukiman antar desa saling berjauhan. Untuk mengatasi hal tersebut sebagian besar masyarakat desa memasarkan hasil pertaniannya di pusat pemerintahan Kabupaten Buton Utara yakni di Kecamatan Kulisusu dengan menempuh jarak sekitar 60 km dalam kondisi jalan yang tidak baik atau rusak. Ketiga fasilitas ini apabila disiapkan oleh pemerintah maka dapat dipastikan potensi penelantaran tanah transmigrasi di Desa Waode Angkalo dapat berkurang" (hasil wawancara dengan Kepala Desa Waode Angkalo, tanggal 01 Februari 2016).*

b. Faktor Institusi

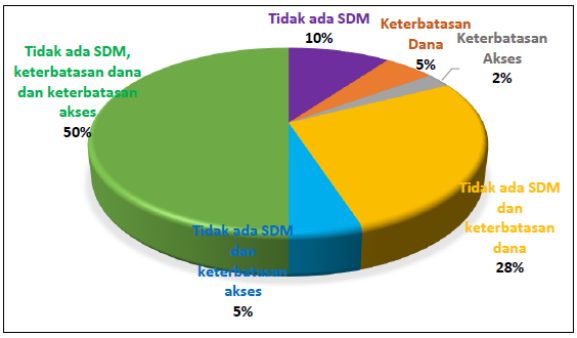
Ada beberapa aturan tertulis yang mengatur tentang tanah terlantar dan tanah transmigrasi seperti (1) UU No 5 Tahun 1960 tentang UUPA, (2) Peraturan Pemerintah Nomor 11 Tahun 2010 jo. Peraturan Kepala BPN Nomor 4 Tahun 2010 tentang Tata Cara Penertiban Tanah Terlantar, (3) Peraturan Daerah Kabupaten Buton Utara Nomor 51 Tahun 2012, bahwa Desa Waode Angkalo sebagai desa transmigrasi, (4) Peraturan Daerah Kabupaten Buton Utara Nomor 51 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Kabupaten Buton Utara Tahun 2012 – 2032. Dari ke 4 aturan tersebut sudah secara jelas tentang tanah terlantar dan konsekuensi penelantaran tanah khsususnya tanah pertanian. Namun demikian karena implementasinya tidak dilaksanakn secara tegas dan juga belum ada aturan pelksanaan sanksi pelanggaran, maka masyarakat Desa Waode Angkalo acuh dan tidak peduli atas tindakan penelantaran tanah yang mereka lakukan. Ini didukung oleh hasil wawancara dengan masyarakat transmigrasi.

Aturan yang tidak tertulis yang kemungkinan berpengaruh terhadap sikap masyarakat terhadap tanah terlantar adalah latar belakang profesi responden. Berdasar hasil survei diperoleh data sebanyak 50% responden yang men
elantarkan tanahnya adalah berlatar belakang profesi sebagai petani. Sebanyak 20% responden yang menelantarkan tanahnya berlatar belakang profesi pedagang dan buruh. Kemudian sebanyak 30% responden yang menelantarkan tanahnya adalah pecahan KK dan penduduk baru. Hasil ini memberikan gambaran bahwa latar belakang profesi memberikan pengaruh terhadap keberadaan tanah terlantar.

c. Faktor Ekonomi

Berdasar hasil kuesioner yang diedarkan ke responden diperoleh beberapa faktor yang menjadi alasan menelantarkan tanah seperti dtunjukkan dalam Gambar 2.

Dari aspek pendapatan rumah tangga, sebanyak 80% responden yang menelantarkan tanahnya adalah mereka dengan penghasilan kurang dari Rp 1.750.000,- dan sebanyak 20% diatas Rp 1.750.000,- sebulan. Menurut data tersebut dapat disimpulkan bahwa pendapatan responden sangat mempengaruhi tindakan penelantaran tanah transmigrasi di Desa Waode Angkalo. Selain hasil analisis kuisioner



Gambar 2 Alasan penelantaran tanah

tersebut hal ini didukung dengan hasil wawancara yang mendalam dengan responden bahwa sebagian besar alasan mereka tidak maksimal dalam memanfaatkan lahannya karena kurangnya dana akibat penghasilan mereka yang rendah.

Berdasarkan jumlah tanggungan sebanyak 65% responden yang menelantarkan tanahnya memiliki jumlah tanggungan 3 orang ke atas, sebaliknya sebanyak 50% responden yang memanfaatkan tanahnya adalah mereka yang memiliki jumlah tanggungan 2 orang ke bawah. Hal ini menunjukkan bahwa jumlah tanggungan dapat mempengaruhi tindakan penelantaran tanah di Desa Waode Angkalo yaitu semakin banyak tanggungan maka semakin besar potensi untuk menelantarkan tanahnya

Berdasarkan cara memperoleh tanah, sebanyak 65% responden yang menelantarkan tanahnya adalah karena tanah tersebut diperoleh dari peralihan hak yakni 60% jual beli, 2,5% hibah dan 2,5% pewarisan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah transmigrasi di Desa Waode Angkalo yang didapatkan melalui peralihan hak utamanya dengan cara jual beli berpotensi menimbulkan tanah terlantar. Ini sesuai dengan hasil wawancara dengan tokoh masyarakat Desa WaodeAngkalo:

"*....Dengan demikian masyarakat transmigran pembeli tanah tersebut mengalami kelebihan*

bidang pemilikan tanah, sehingga tidak semua tanah yang dibeli tersebut dapat dimanfaatkan dengan baik. Hal ini tergantung kesuburan, kemiringan dan kemudahan akses menuju lokasi tanah tersebut. Ada juga beberapa orang yang menjual kembali tanah tersebut kepada penduduk baru yang berdomisili di Waode Angkalo. Sama halnya dengan pembeli pertama penduduk baru tersebut hanya menjadikan lahan tersebut sebagai lahan tidur karena sebagian besar mereka berprofesi bukan sebagai

petani" (hasil wawancara dengan tokoh masyarakat Desa Waode Angkalo, tanggal 05 Februari 2016).

KESIMPULAN

Dari beberapa faktor fisik yang diidentifikasi faktor yang paling dominan adalah tidak ditemukannya posisi detail sebagian besar lahan usaha II di lapangan; kemudian tidak tersedianya sarana irigasi, jalan tani dan pemasaran; serta adanya penguasaan tanah yang berlebih dari masyarakat.

Dari Faktor Institusi, peraturan secara tertulis yang mendorong pemanfaatan tanah agar terhindar dari tindakan penelantaran pada dasarnya telah lengkap sesuai yang ditunjukkan oleh UUPA, Perda RTRW Buton Utara, Peraturan Pemerintah tentang Penertiban Tanah Terlantar dan Undang-Undang Ketransmigrasian. Persoalan yang selama ini dihadapi adalah pada tahap implementasi karena tidak ada petunjuk pelaksanan khusus mengenai penertiban tanah terlantar dengan status kepemilikan berupa hak milik. Selain itu tidak ada pelaksanaan sanksi yang tegas atas tindakan pelanggaran yang dilakukan oleh pemilik tanah.

Dari beberapa faktor ekonomi yang diidentifikasi faktor yang paling dominan adalah keterbatasan dana akibat pendapatan yang kecil dan jumlah tanggungan yang besar; kemudian disusul alasan hanya untuk investasi (tanah yang diperoleh dengan cara peralihan hak); dan terakhir adalah karena tanah tersebut bukan merupakan sumber kehidupan pokok.

DAFTAR PUSTAKA

Adams, D., Russell, L. and Russell, C.T., 1994, "Land for Indiustrial Development", Cambridge : E & FN SPON.

Badan Pusat Statistik, 2015, "Kabupaten Buton Utara Dalam Angka 2015" Badan Pusat Statistik Kabupaten Buton Utara, Buranga.

Djurdjani, 2009, "Suplai Tanah Untuk Pembangunan Suatu Tinjauan Teoritis", Prosiding Forum Ilmiah Tahunan, Ikatan Surveyor Indonesia, Semarang

Djurdjani dan Omar, I., 2008, "Perubahan Penggunaan Tanah : Analisis Dari Ekonomi Instituti (Suatu Tinjauan Teoritis), Aspec of Land Management And Development a Compilation, UTM, Malaysia

Dowall, D.E., 1995, "The Land Market Assessment", The World Bank Report

Harvey, J. and Jowsey, E., 2004, "Urban Land Economics", (6th ed.), New York : Palgrave Macmillan.

Hubacek, K. and J. Vazquez., 2002, "The Economics of Land Use Change. International Institute for Applied System Analysis", Schlossplatz 1 A-238 Laxenburg, Austria.

Ismail, F.K., 2013, "Pendayagunaan Tanah Negara Bekas Tanah Terlantar Melalui Program Reformasi Agraria", Lex Jurnalica, Volume 10 (2), hal. 121-134.

Mather, A.S., 1986, "Land Use" Longman, London and New York

Mulyanto B., 2014"Talkshow Reformasi Agraria dan Alih Fungsi Lahan Bersama Direktur Penatagunaan Tanah BPN RI ", Agrinex Expo ke 8, 29 Maret 2014, Jakarta.

Nurlinda, I., 2014, "Perbandingan Penanganan Tanah Terlantar di Kabupaten Tasikmalaya dan Kabupaten Sukabumi dalam Mewujudkan Ketahanan Pangan Provinsi Jawa Barat", Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM, Vol. 21 (1), hal. 120-138.

Nurman, A.S., 2010, "Analisis Hukum Terhadap Upaya Pemerintah Daerah Dalam Menanggulangi Tanah Tanah Terlantar – Studi Kasus di Kecamatan Maiwa Kabupaten Enrekang", Tesis, Program Magister Kenotariatan, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Poerwadarminta, 1976, "Kamus Besar Bahasa Indonesia" Cetakan Ke-5, Balai Pustaka, Jakarta

Sinukaban, N., 1989, "Manual Inti Tentang Konservasi Tanah dan Air di Daerah Transmigrasi", PT. Indeco Duta Utama, Jakarta.

Sugandhy, A., 1999, "Penataan Ruang Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup", Gramedia, Jakarta. Sugiyono, 2009, "Memahami Penelitian Kualitatif", Cetakan Pertama, Alfabeta, Bandung.

Efektifitas dan Peluang Penggunaan UAV Berbiaya Rendah dalam Percepatan Penyediaan Peta Tunggal Pendaftaran Tanah di Provinsi Nusa Tenggara Barat

Andhi P. Putra[a*], Mohamad Tanzil[b*], Wahyu Andika[c], Bayu Aswandono[d]

[a,] Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB (andhi.pratama.putra@gmail.com)
[b,] Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB (mohamadtanzil87@gmail.com)
[c,] Kantor Pertanahan Kabupaten Lombok Barat (andikadado@gmail.com)
[d,] Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB (aswandonobayu@gmail.com)

ABSTRACT

One Map Policy as one of Joko Widodo Administration's agendas has resulted in the need of development of integrated spatial database structure. On the other hand, base maps for this purpose have not been available in detailed scales. Fortunately, the advance technology of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is a potential tool for producing orthophoto-based maps for land administration. Meanwhile, Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB has been able to initiate the use of UAV for cadaster purpose in producing base maps for land administration maps in several villages. This research will investigate the effectiveness of UAV in comparison to terestrial survei, focusing on the pace of production and the difference of the results of each methods. The difference of the shape of the result was identified manually with a visual guidance. One sample t-test was employed to investigate the statistical significance of the difference between UAV Method and Terestrial Method. The results shows that there is evidence that the shape of the two methods is similar although the spatial dimension for urban areas is difference. The statistical test reveals UAV-based orthophoto can be used for producing cadaster base map in agricultural zones. Ultimately, UAV Method, though has several limitations, can be used for accelerating the production of a single base map and an integrated spatial database structure.

Keywords One Map Policy, Cadastre Base Map, Land Administration, UAV.

Pendahuluan

Salah satu terobosan Pemerintahan Joko Widodo yang menempatkan kebijakan pemanfaatan peta tunggal (*one map policy*) sebagai salah satu panduan pelaksanaan pembangunan membawa tingkat urgensi penataan data spasial terintegrasi di Indonesia menjadi lebih tinggi. Pemanfaatan peta tunggal merupakan suatu kewajiban dalam rangka perencanaan, pengendalian, monitoring dan evaluasi pembangunan yang lebih baik. Namun demikian, data spasial terintegrasi yang dimiliki saat ini masih sangat terbatas. Sehingga, terwujudnya peta tunggal terintegrasi merupakan suatu tantangan bagi para penyedia data spasial. Keterbatasan data tersebut, secara kuantitas, harus secepatnya direspon dengan percepatan penyediaan data tanpa harus mengurangi tingginya kualitas data.

Perkembangan teknologi pemetaan dengan menggunakan pesawat nirawak yang diterbangkan secara otonom semakin pesat dewasa ini. Teknologi ini dianggap sebagai salah satu alternatif yang dapat diandalkan untuk produksi peta berbasis foto udara digital beresolusi tinggi yang mampu menggabungkan metode pemetaan terestris dan fotogrametri secara *real time* yang berbiaya rendah, mudah diaplikasikan, dan dapat dilakukan secara berpindah-pindah (Berteška and Ruzgienė, 2013; Eisenbeiß, 2009). Proses *updating* fitur-fitur spasial hingga pemodelan digital dapat dilakukan secara cepat melalui pengambilan data menggunakan UAV (Haala, et al., 2011). Selain itu, *software* yang dapat digunakan, baik untuk pengambilan data maupun untuk pengolahan data, sudah tersedia secara komersial yang menjamin akurasi spasial dari model yang dihasilkan (Remondino, et al., 2011).

Penggunaan UAV/Drone dalam pendaftaran tanah masih menjadi perdebatan dan belum dapat diaplikasikan secara menyeluruh. Penggunaan UAV di Namibia misalnya, yang masih terbatas kepada isu pemberian hak komunal (adat), masih mendapatkan penolakan dari para profesional di bidang survei walapun metode ini dapat

menghasilkan model *orthophoto* yang murah dengan akurasi tinggi dan diijinkan oleh regulasi (Mumbone, 2015). Untuk aplikasi di Indonesia, Ramadhani (2016) berhasil menyimpulkan bahwa peta kadaster yang dibuat melalui metode UAV dapat menghasilkan peta batas bidang tanah yang akurat melalui pemetaan bidang tanah partisipatif. Dalam hal tingkat ketelitian dibandingan dengan survei RTK, fotogrametri berbasis UAV mampu menyajikan akurasi sampai dengan skala 1:200 (Barry and Coakley, 2013).

Kebijakan peta tunggal yang memerlukan percepatan serta hadirnya teknologi UAV merupakan tantangan sekaligus peluang bagi jajaran Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB untuk berkontribusi bagi tersedianya peta tunggal dengan kualitas baik secara cepat. Penggunaan foto udara dengan survei konvensional dan citra resolusi tinggi membutuhkan biaya yang tinggi yang kemungkinan tidak dapat dialokasikan secara terus menerus dalam struktur APBN. Sebagai alternatif dan inovasi, Kantor Wilayah BPN Provinsi NTB mencoba menggunakan UAV berbiaya rendah untuk pemotretan udara di beberapa desa dalam rangka penyediaan peta dasar pendaftaran tanah berbasis desa. Artikel ini bertujuan untuk melakukan investigasi mengenai tingkat efektifitas penggunaan data yang diambil dengan menggunakan UAV berbiaya rendah. Pertama, artikel ini menganalisa perbandingan tingkat kecepatan pengambilan serta pengolahan data antara penggunaan UAV dan survei terestris konvensional. Kedua, perbedaan hasil geometri antara hasil foto udara dengan hasil pengukuran terestris diteliti untuk melihat tingkat akurasi



geometris hasil pemotretan udara pasca pengolahan data.

Gambar 16. Peta Orthophoto Desa Terong Tawah
Sumber: Penulis, 2016

Lokasi studi difokuskan di Desa Terong Tawah yang berada di Kabupaten Lombok Barat sebagai wilayah penelitian dengan pertimbangan bahwa desa ini merupakan kawasan cepat tumbuh dengan laju rata-rata konversi penggunaan tanah dari kawasan pertanian produktif menjadi kawasan nonpertanian produktif sebesar 12,43 Ha/tahun (Kanwil BPN Provinsi NTB, 2015). Desa ini juga merupakan wilayah penyangga Kota Mataram sebagai ibukota provinsi dimana banyak tumbuh perumahan-perumahan baru sebagai dampak dari kurangnya lahan untuk perumahan dan tekanan perkotaan Kota Mataram. Sehingga, Desa Terong Tawah merupakan salah satu desa dengan tingkat urgensi ketersediaan peta pendaftaran tanah berbasis desa yang tinggi, Berdasarkan peta dasar pendaftaran tanah, Desa Terong Tawah terdiri dari 20 lembar peta skala 1:1.000 yang berada di dalam administrasi Kantor Pertanahan Kabupaten Lombok Barat.

Metodogi

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam pembuatan peta dasar pendaftaran tanah berbasis desa dengan metode UAV antara lain UAV, GPS Geodetic, *software ground control* dan *software* pengolahan data foto udara. UAV yang digunakan dalam pengambilan adalah DJI Quadcopter Phantom III Advance dengan kamera standar resolusi 12 *Megapixel*. Pesawat ini dikendalikan secara otonom menggunakan *software Litchi* berbasis Sistem Operasi Android. Ketinggian terbang pesawat diatur 120 meter dengan ketahanan battery 20 menit yang memungkinkan pengambilan data selama 10 menit untuk satu lembar peta. Data *Ground Control Point* (GCP) diambil dengan menggunakan GPS Trimble RTK yang meliputi Trimble R4 sebagai rover, Trimble Zephyr Model 2 sebagai *Antenna Base Stasion*, Trimble NetR9 sebagai *Reference Receiver*. GCP diukur selama 30 detik per titik dengan metode *Real Time Kinematic* (RTK) yang menghasilkan GCP dengan rata-rata akurasi total 0,045 meter. Dalam pembuatan model *orthophoto*, software yang digunakan bervariasi yang pada prinsipnya memiliki kemampuan kalibrasi kamera, fitur *bundle adjustment*, fitur orto-rektifikasi, dan fitur pembangunan mozaik *orthophoto*. Sedangkan dalam metode pengukuran terestris menggunakan peralatan *Total Station* dan Pita Ukur dengan merk bervariasi.

Efektifitas Pengambilan dan Pengolahan Data

Perbandingan Kecepatan Pengambilan Data dilakukan dengan membandingkan kecepatan pengambilan dan pengolahan data dengan metode UAV serta pemetaan terestris. Untuk memudahkan pelaksanaannya, 2 (dua) *sheet* dari 20 *sheet* yang ada di Desa Terong Tawah diambil sebagai sampel yang mewakili kawasan pertanian (*Sheet* A) dan kawasan non pertanian (*Sheet* B). Setelah itu, bidang-bidang tanah yang memiliki batas yang tampak secara visual dihitung sehingga diketahui jumlah bidang yang ada di dalam masing-masing

sheet tersebut. Setelah jumlah bidang diketahui, kecepatan pengambilan data untuk *sheet* tersebut dapat dihitung baik dengan metode fotogrametri maupun secara terestris. Asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan kecepatan produksi peta dasar pendaftaran tanah untuk masing-masing *sheet* adalah sesuai dengan Tabel 1.

Tabel 13. Perbandingan Waktu per Kegiatan (Metode UAV dengan Metode Terestris)

	Kegiatan	Lama Waktu	
		Satuan Waktu Metode UAV	Satuan Waktu Metode Terestris
1	Perencanaan dan Penyiapan Alat	10 mnt/Lbr	8 Jam/ Sheet
2	Pengambilan Data Foto/ Terestris	10 mnt/Lbr	2 jam/ bidang
4	Survei *Ground Control Point* (GCP)	10 mnt/ Titik	N/A
3	Pengolahan Data Foto & GCP/ Data Terestris	10 jam	10 mnt/ bidang
4	Konfirmasi & Deliniasi Batas Bidang Tanah secara Manual	15 mnt / bidang	N/A
5	Dijitalisasi Batas Bidang Tanah Hasil Konnfirmasi	2 mnt / bidang	N/A

Sumber: Catatan Pelaksanaan Kegiatan Lapang Penulis (2016)

Berdasarkan perhitungan, jumlah bidang tanah dalam *Sheet* A (Kawasan Pertanian) sebanyak 40 bidang tanah dan Sheet B (Kawasan Nonpertanian) sebanyak *Sheet B* sebanyak 1.702 bidang tanah. Jumlah bidang tanah tersebut kemudian dikalikan dengan satuan waktu untuk masing-masing kegiatan untuk mendapatkan perbandingan penyelesaian pekerjaan untuk masing-masing *sheet* dengan menggunakan 2 (dua) metode yang berbeda.

Perbandingan Hasil Pemetaan Metode UAV dan Terestris

Hasil pengolahan data berbasis UAV berupa peta *orthophoto* dijadikan sebagai peta kerja dasar proses identifikasi pemilikan dan penguasaan tanah di lapangan. Peta tersebut kemudian dibawa ke lapangan untuk proses konfirmasi dan deliniasi secara manual dengan bantuan penunjuk batas tanah. Setelah data batas bidang tanah di lapangan diperoleh, data vektor batas tanah dibuat dengan melakukan digitasi *on-screen* berdasarkan hasil deliniasi yang telah dilakukan di lapangan. Data ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran terestris dari segi bentuk dan luas. Perbedaan bentuk diindentifikasi dengan membandingkan hasil data digitalisasi UAV dengan hasil ukur secara visual. Sedangkan perbedaan luas diuji secara statistik dengan menggunakan uji t-test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemetaan UAV dengan hasil pemetaan terestris. Jumlah sampel bidang tanah yang diuji secara statistik sebanyak 98 bidang tanah yang meliputi 58 bidang tanah pertanian dan 40 bidang tanah tanah nonpertanian.

Perbandingan Hasil Pemetaan Metode UAV dan Terestris

Hasil pengolahan data berbasis UAV yang berupa peta orthophoto dijadikan sebagai peta kerja dasar proses identifikasi pemilikan dan penguasaan tanah di lapangan. Peta tersebut dibawa ke lapangan untuk melakukan konfirmasi dan deliniasi secara manual dengan bantuan pemilik tanah/ penunjuk batas tanah. Setelah data batas bidang tanah di lapangan diperoleh, data vektor batas tanah dibuat dengan melakukan digitasi on-screen berdasarkan hasil konfirmasi dan deliniasi yang telah dilakukan di lapangan. Data ini kemudian dibandingkan dengan hasil pengukuran dengan metode terestris dari segi bentuk dan luas. Perbedaan bentuk diindentifikasi dengan membandingkan hasil data digitalisasi UAV dengan hasil ukur secara visual. Sedangkan perbedaan luas diuji secara statistik dengan menggunakan uji t-test untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil pemetaan UAV dengan hasil pemetaan terestris. Jumlah sampel bidang tanah yang diuji secara statistik sebanyak 98 bidang tanah yang meliputi 58 bidang tanah yang mewakili tanah pertanian dan 40 bidang tanah yang mewakili tanah nonpertanian.

Uji statistik dilakukan secara sederhana menggunakan one sample t-test untuk perbedaan luas antara metode UAV terhadap metode tererstris, dengan hipotesa seperti berikut:

H0 : terdapat perbedaan signifikan antara penentuan luas dengan metode UAV dan metode terestris

H1 : tidak terdapat perbedaan signifikan antara penentuan luas dengan metode UAV dan metode terestris

Pengujian kedia hipotesa di atas menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut (Santoso, 2002):

$$t = \frac{\overline{X}_D - \mu_0}{s_D/\sqrt{n}}.$$

Dimana

$$\overline{X}_d = \frac{\sum D}{n} \qquad s_d = \sqrt{\frac{1}{n-1}\left\{\sum D^2 - \frac{(\sum D)^2}{n}\right\}}$$

Keterangan

D : Selisih data sample x_1 dan x_2 (x_1-x_2)

n : Jumlah sampel

X_D : Rata-rata

S_D : *Standar Deviasi* dari *D.*

Hasil dan Pembahasan

Efektifitas Kecepatan Pengambilan dan Pengolahan Data Metode UAV

Berdasarkan hasil perhitungan kecepatan produksi *Sheet* A (tanah pertanian) dan *Sheet* B dapat diketahui bahwa proses pengambilan dan pengolahan data dengan menggunakan metode fotogrametri berbasis UAV lebih cepat daripada produksi peta dengan menggunakan metode konvensional. Hal ini dapat terjadi karena pembuatan peta dasar berbasis foto udara lebih mudah dilakukan dengan usaha yang minimal. Para petugas hanya mempunyai kewajiban untuk melakukan konfirmasi serta deliniasi baik secara manual maupun digital untuk menghasilkan peta bidang yang terkonfirmasi. Hal ini berbeda dengan penggunaan metode terestris dimana para petugas diharuskan melaksanakan pengukuran geometris di lapangan yang cukup memakan waktu yang panjang. Namun demikian, perlu dicatat bahwa penggunaan peta *orthophoto* untuk vektorisasi bidang tanah cukup sulit dilakukan di atas meja untuk kawasan non peranian (*Sheet* B) karena batas bidang tidak dapat dengan mudah diidentifikasikan secara visual.

Tabel 14. Perhitungan Waktu Produksi Sheet A (Pertanian) dan Sheet B (Non Pertanian) Metode UAV

Sheet	Kegiatan	Satuan Kecepatan	Lama Waktu (Sheet/ Jam)
Sheet A (Pertanian)	Perencanaan dan Penyiapan Alat (1 Sheet)	10 Mnt/Lbr	0,17
	Pengambilan Data Foto	10 Mnt/Lbr	0,17
	Survei Ground Control Point	10 Mnt/ Titik	0,67
Sheet A (Pertanian)	Pengolahan Data Foto dan GCP	10 Jam/Lbr	10,00
	Konfirmasi dan Deliniasi Batas Bidang Tanah secara manual	15 Mnt/ Bidang	10,00
	Dijitalisasi Batas Bidang Tanah Hasil Konfirmasi	2 Mnt/ Bidang	1,33
	Waktu Produksi Sheet A (UAV)		**22,33**
Sheet B (Non Pertanian)	Perencanaan dan Penyiapan Alat (1 Sheet)	10 Mnt/ Sheet	0,17
	Pengambilan Data Foto	10 Mnt/ Sheet	0,17
	Survei Ground Control Point	10 Mnt/ Titik	0,67
	Pengolahan Data Foto dan GCP	10 Jam/ Sheet	10,00
	Konfirmasi dan Deliniasi Batas Bidang Tanah secara Manual	15 Mnt/ Bidang	425,50
	Dijitalisasi Batas Bidang Tanah Hasil Konnfirmasi	2 Mnt/ Bidang	56,73
	Waktu Prouksi Sheet B (UAV)		**493,23**

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Tabel 15. Perhitungan Waktu Produksi Sheet A (Pertanian) dan Sheet B (Non Pertanian) Metode Terestris

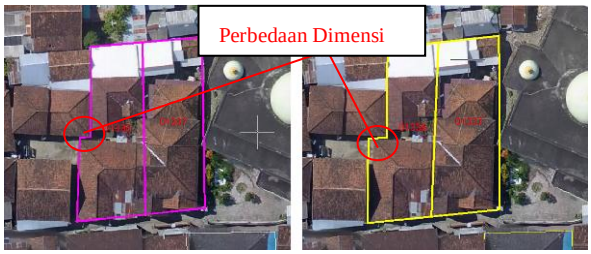
Sheet	Kegiatan	Satuan Kecepatan	Lama Waktu (Sheet/ Jam)
Sheet A (Pertanian)	Perencanaan dan Penyiapan Alat (1 Sheet)	8 Jam/ Lbr	8,00
	Pengambilan Data Terestris	1,5 Jam/ Bidang	60,00
	Pengolahan Data Terestris	10 Mnt/ Titik	6,67
	Waktu Produksi Sheet A (Terestris)		**74,67**
Sheet B (Non Pertanian)	Perencanaan dan Penyiapan Alat (1 Sheet)	8 Jam/ Lbr	8,00
	Pengambilan Data Terestris	1,5 Jam/ Bidang	2.553,00
	Pengolahan Data Terestris	10 Mnt/ Titik	283,67
	Waktu Prouksi Sheet B (Terestris)		**2.844,67**

Perbedaan Hasil Pemetaan Metode Fotogrametri Berbasis UAV dan Metode Terestris

Bentuk Bidang Tanah

Bentuk bidang tanah hasil vektorisasi batas bidang tanah dengan dasar peta *orthophoto* yang dihasilkan dengan metode UAV tidak begitu berbeda dengan hasil pengukuran terestris baik untuk tanah pertanian maupun tanah non pertanian. Dari 58 sampel bidang tanah kawasan pertanian dan 40 sampel bidang tanah nonpertanian secara

konsisten tidak memiliki perbedaan bentuk yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil *orthophoto* mampu menyediakan informasi dasar yang cukup baik bagi pembuatan peta dasar skala besar. Namun demikian, setelah dilakukan pemeriksaan secara acak, dapat terlihat bahwa dimensi garis batas bidang tanah melalui proses vektorisasi *orthophoto* berbeda dengan hasil pengukuran terestris untuk bidang tanah di kawasan non pertanian. Hal ini disebabkan karena petugas tidak memiliki informasi spasial yang akurat ketika melakukan digitalisasi *on screen*.



diikuti dengan kesamaan dimensi dari batas bidang tanah, mengindikasikan adanya kecenderungan terjadinya kesalahan dalam pembuatan peta dasar pendaftaran tanah dengan metode UAV untuk kawasan terbangun yang padat. Sehingga, hasil *orthpohoto* UAV tidak dapat dijadikan sebagai sumberdaya utama dalam pembuatan peta pendaftaran tanah di kawasan non pertanian. Hal yang paling mungkin untuk pemanfaatan UAV untuk lingkup kawasan terbangun adalah sebagai panduan (*guidance*) bagi proses terestris. Selain itu, peta *orthophoto* yang dihasilkan dengan metode UAV juga dapat digunakan sebagai alat monitoring, evaluasi dan audit bagi pengukuran terestris kawasan nonpertanian seperti pendapat Cunningham, et al. (2011). Walaupun tidak dapat dijadikan data dasar dalam pembuatan peta dasar, keberadaan images yang dihasilkan oleh UAV dapat dijadikan sarana untuk mempercepat terselenggaranya peta tunggal yang terintegrasi.



Gambar 18. . Bentuk bidang tanah hasil pengukuran (kiri) dan hasil vektorisasi orthophoto untuk tanah pertanian (kanan). Sumber: Penulis, 2016

Hasil vektorisasi *orthophoto* hasil pemotretan UAV untuk tanah pertanian, secara visual, memiliki bentuk dan dimensi yang sama dengan hasil pengukuran terestris. Hal ini mengindikasikan bahwa secara geometri bentuk, hasil UAV dapat digunakan sebagai dasar pembuatan peta dasar pendaftaran tanah skala 1:1.000. Kesamaan bentuk dan dimensi tersebut merupakan modal praktis pembuatan peta dasar pendaftaran tanah skala besar. Hal ini dapat dipahami karena untuk bidang tanah pertanian fitur batas bidang tanah dapat dikenali secara visual dari pematang tanah dan/atau fitur-fitur spasial lainnya yang menjadi batas penguasaan tanah. Hal ini mengindikasikan bahwa Peta *Orthophotho* hasil pemotretan UAV dapat digunakan sebagai panduan utama dalam pembuatan peta dasar pendafataran tanah di kawasan pertanian.

Uji Statistik Perbedaan Luas Bidang Tanah

Uji statistik ini dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan luas antara metode UAV dan metode terestris untuk bidang yang sama. Parameter dan hasil *t-test* untuk perbedaan luas yang telah dikelompokkan untuk tanah pertanian dan tanah nonpertanian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 16. Parameter dan Hasil t-test

Jenis	Parameter	Nilai
Tanah Pertanian	n	58
	k	1
	d	53,0019
	t hitung	2,3337
	t tabel	2,0017
Hipotesa Tanah Pertanian: H0 ditolak karena t hitung > t tabel)		
Tanah Nonpertanian	n (Jumlah Data)	40
	k (Variabel Bebas)	1
	d (Standar Deviasi)	32,2308
	t hitung	0,9566
	t tabel	2,004
Hipotesa Tanah Non Pertanian: H0 diterima karena t hitung ≤ t tabel)		

Sumber: Hasil Analisa, 2016

Uji statistik yang dilakukan terhadap dua kriteria yaitu Tanah Pertanian dan Tanah Non-Pertanian menghasilkan nilai signifikan yang berbeda terhadap hipotesis awal. Hal ini diakibatkan adanya perbedaan luas antara hasil pengukuran menggunakan Metode UAV dan Metode Terrestris pada masing-masing kriteria tersebut. Perbedaan luas ini dipengaruhi oleh proses identifikasi batas bidang tanah yang mengakibatkan perubahan bentuk geometri bidang tanah.

Luas bidang tanah yang diperoleh berdasarkan penentuan batas bidang tanah dengan menggunakan Metode UAV untuk kriteria Tanah Pertanian tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran terestris berdasarkan uji statistik yang telah dilakukan. Hal ini disebabkan karena identifikasi batas bidang tanah pertanian dapat dilakukan secara mudah dengan bantuan penunjuk

batas. Selain itu, kondisi bentang lahan tanah pertanian yang cukup terbuka menjadikan proses identifikasi batas tidak menemui kendala yang cukup berarti. Batas bidang tanah pertanian secara umum berupa pematang sawah dan fitur-fitur spasial lain yang secara visual mudah dikenali. Faktor kesalahan manusia pada saat digitalisasi/ vektorisasi untuk data tanah pertanian dirasakan juga lebih mudah karena petugas tidak terlalu berpikir untuk menarik garis batas melalui digitasi *on-screen*.

Namun demikian, proses produksi peta dasar dengan metode UAV untuk kawasan non pertanian menghasilkan luasan yang berbeda dengan hasil terestris. Hal ini dapat dipahami karena batas fisik kawasan permukiman cenderung tidak dapat dikenali karena beberapa faktor. Pertama, batas bidang tanah berupa tembok tidak terlihat sehingga menyulitkan petugas untuk mengidentifikasi batas bidang tanah. Kedua, tutupan lahan terbangun berupa jalan dan infrastruktur yang sudah dimodifikasi menjadikan petugas cenderung kesulitan untuk menetapkan batas bidang yang tepat. Ketiga, tutupan kanopi berupa atap rumah tidak memungkinkan bagi para petugas untuk menarik garis batas bidang tanah secara akurat.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil di atas, terdapat beberapa hal yang dapat disimpulkan. Metode UAV terbukti lebih cepat dalam proses produksi peta dasar pendafataran tanah. Dari segi bentuk, kedua metode menghasilkan bentuk yang sama. Namun demikian, geometri batas bidang di kawasan non pertanian dengan metode UAV, secara visual menunjukkan perbedaan. Hal ini menjadi kendala pemanfaatan UAV di kawasan non pertanian dimana data UAV harus dikombinasikan dengan survei terestris untuk mendapatkan data yang baik. Selain itu, uji statistik membuktikan tidak terdapat perbedaan luas bidang tanah pada output hasil UAV apabila dibandingkan dengan hasil survei terestris di kawasan pertanian.

Kelebihan dan kelemahan tersebut di atas membawa konsekuensi terhadap pemanfaatan data UAV. Data UAV dapat digunakan pada lembar peta dengan mayoritas tanah pertanian, namun data tersebut tidak dapat digunakan secara langsung untuk kawasan non pertanian karena isu ketelitian dan kesalahan manusia. Namun, data UAV untuk kawasan non pertanian dapat digunakan sebagai panduan survei terestris serta kepentingan lainnya seperti untuk tujuan evaluasi dan audit survei terestris. Dengan demikian, walaupun terdapat kelemahan, secara substansial data UAV dapat digunakan untuk mendukung proses percepatan penyediaan peta tunggal.

Mengingat kelemahan metode UAV, terdapat beberapa saran yang diajukan untuk perbaikan metode ini. Pertama, modifikasi kamera dan sensor diperlukan untuk meningkatkan ketelitian peta. Kedua, aplikasi penggunaan UAV sebaiknya juga dilakukan untuk wilayah dengan topografi bervariasi dalam rangka penilaian keandalan penggunaan UAV untuk produksi peta wilayah terpencil, daerah topografi bervariasi, kawasan kehutanan, dan wilayah rawan bencana. Hingga pada akhirnya, kebijakan peta tunggal dapat terealisasi dalam waktu dekat.

Daftar Pustaka

Barry, P., and Coakley, R., 2013, "Accuracy of UAV photogrammetry compared with network RTK GPS", *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens*., Vol XL-1 W, No. 2, pp. 27-31.

Berteška, T, and Ruzgienė, B, 2013, "Photogrammetric mapping based on UAV imagery", *Geodesy and Cartography*, Vol. 39, No. 4, pp. 158-163.

Cunningham, K., 2011, "Cadastral Audit and Assessments Using Unmanned Aerial Systems". *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-1/C22

Eisenbeiß, H., 2009, UAV Photogrammetry, *Doctoral Dissertation*, ETH Zurich, Zürich.

Haala, N., 2011, "Performance test on UAV-based photogrammetric data collection", *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry*, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zürich.

Kanwil BPN Provinsi NTB, 2015, *Revisi Neraca Penatagunaan Tanah Kabupaten Lombok Barat 2016*, Kanwil BPN Provinsi NTB, Mataram.

Mumbone, M, 2015, Innovations In Boundary Mapping: Namibia, Customary Lands And UAVs, *Master Thesis*, University of Twente, Twente.

Ramadhani, SA. (2016). Using Unmanned Aircraft System Images to Support Cadastral Boundary Data Acquisition in Indonesia. *Master Thesis*, University of Twente, Twente.

Remondino, F., 2011, "UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. 38, No. 1, pp. 25 – 31.

Santoso, S., 2002, *Statistik Parametrik*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Studi Kinerja Sistem Penentuan Posisi Beidou untuk Pengukuran GNSS dengan Metode Statik di Kawasan Bandung

Marulitua Ignatius, Irwan Gumilar, Hasanuddin Z. Abidin, Dhota Pradipta, Brian Bramanto

Geodesy Research Group, Institute of Technology Bandung (marulituaignatius@gmail.com)

ABSTRACT

Beidou Navigation Satellite System (BDS) is a China's navigation system that has completed the second development phase and provide a navigation service area in the Asia-Pacific region in 2012. To get high level of accuracy and confidence for global service, the navigation satellite system will be fully operated on 2020. Currently, there is a few researches about Beidou, especially in Indonesia. Aim of this research is to identify the performance and the influence of Beidou which refers to the level of accuracy and precision.The data were collected by GNSS CHC X91 receiver. The static network is used for measurement method. Then the observation data were processed by LGO and CGO software. The result shows that Beidou and GPS combination improve the precision with 2.6 mm for easting component, 0.8 mm for northing component, and 2.7 mm for height component. Beidou improves 8% the value of ppm in this observation. In term of accuracy, the combined Beidou and GPS observation increases the height component accuracy for 0.8 mm compared with GPS observation only. While the horizontal accuracy exhibits a decrease value which is 3.7 mm for easing component and 1.9 mm for northing component.

Keywords BDS, accuracy, precission, combination

Pendahuluan

GPS merupakan sistem penentuan posisi yang mempelopori terbentuknya *Global Navigation Satellite System* (GNSS) yang berkembang saat ini. GPS sudah menyelesaikan konstelasinya secara global pada tahun 1994 dimana segmen kendali GPS terdiri atas suatu jaringan yang terdiri dari stasiun pengendali *Master Control Station* (MCS) di Colarado Springs, Colarado (Samama, 2008).

Sementara itu, satelit Beidou (BDS) yang juga merupakan bagian dari GNSS merupakan satelit yang masih dalam tahap pengembangan yang mempunyai cita – cita membangun sistem satelit global yang direncanaan selesai pada tahun 2020. Saat ini Cina telah menyelesaikan fase kedua dari tiga fase tahapan yang direncanakan dalam pengembangan satelit tersebut. Fase kedua dari Beidou telah diselesaikan pada akhir tahun 2012 dengan total konstelasi satelit terdiri dari 14 satelit. Tahapan pengembangan Beidou ini memasuki fase ketiga dan direncanakan pada tahun 2020 Cina melalui sateit Beidou sudah mampu menjalankan sistem GNSSnya secara global dengan perencanaan konstelasi satelit sebanyak 35 satelit (*China Satellite Navigation Office*, 2013).

Karakteristik dari kedua contoh satelit GNSS yaitu GPS dan Beidou dapat dilihat pada **Tabel 1.**

Tabel 1 Karakteristik GPS dan Beidou

Sistem	GPS	BDS
Pemilik	Amerika Serikat	Cina
Jenis *coding*	CDMA	CDMA
Orbit	MEO	MEO, GEO, IGSO
Periode	11,97 jam	12,63 jam
Revolusi per waktu siderial	2	17/9
Jumlah satelit	31	14
Frekuensi	1575,42 (L1) 1227,60 (L2) 1176,45 (L3)	1561,098 (B1) 1207,140 (B2) 1268,520 (B3)
Status	Operasional	14 satelit operasional (Asia-Pasifik)

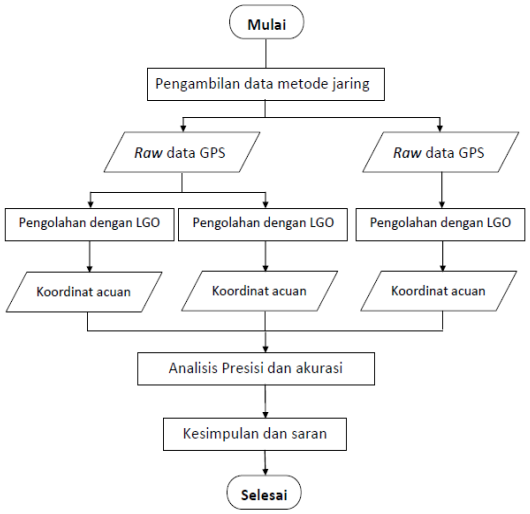
Maka sesuai dengan perencanaan yang sudah ada, seharusnya kinerja satelit Beidou sudah dapat digunakan dalam keperluan penentuan posisi. Dalam beberapa penelitian yang pernah dilakukan (Chen dkk., 2009) menyatakan bahwa kombinasi penggunaan GPS dan Beidou meningkatkan kuantitas visibilitas dan nilai DOP data pengamatan. Penelitian tersebut sudah dilakukan di beberapa wilayah yaitu

Beijing, Seoul, Tokyo, Shanghai, Taipei, Hongkong, Bangkok, Singapura, dan Sidney. Sementara itu, penelitian mengenai kinerja satelit Beidou di Indonesia masih sangat minim.

Dengan kehadiran satelit baru Beidou yang saat ini masih dalam tahap pengembangan namun sudah dapat melakukan pelayanan jasa pemetaan dan navigasi untuk daerah Asia Pasifik maka perlu dilakukan penelitian terhadap kinerja dari satelit Beidou tersebut. Hal ini semakin didukung dengan masih sedikitnya penelitian mengenai satelit Beidou khususnya di Indonesia. Penelitian ini dimaksud untuk mengetahui kinerja satelit Beidou yang dinilai dari tingkat akurasi dan presisi pada kegiatan survei GNSS. Metode yang dipilih yaitu metode statik jaring sebagai metode yang paling banyak digunakan dalam penentuan titik referensi saat ini pada . Dalam pengolahan data pada metode statik jaring digunakan perangkat lunak CGO sebagai inti pengolahan dan perangkat lunak LGO yang sudah berpengalaman dan banyak digunakan publik sebagai referensi pengolahan data.

Metodologi

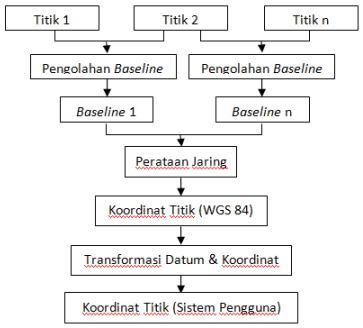
Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini bertujuan untuk menjawab kinerja satelit Beidou dalam meningkatkan akurasi dan presisi pada pengamatan GNSS dengan menggunakan metode pengukuran statik jaring. Metodologi penelitian yang diterapkan dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Metodologi penelitian

Konsep dasar dari penentuan posisi dengan menggunakan satelit GNSS adalah reseksi (pengikatan ke belakang) dengan jarak, yaitu dengan pengukuran jarak secara simultan ke beberapa satelit yang koordinatnya telah diketahui (Abidin, 2007).

Penentuan posisi secara statik adalah penentuan posisi dari titik-titik yang statik yang pada penelitian ini dilakukan secara diferensial. Dibandingkan dengan metode penentuan posisi kinematik, ukuran lebih pada suatu titik pengamatan yang diperoleh dengan metode statik biasanya lebih banyak. Hal ini menyebabkan kehandalan dan ketelitian posisi yang diperoleh umumnya relatif lebih tinggi (dapat mencapai orde cm sampai mm). (Abidin, 2007). Langkah umum pengolahan data penentuan posisi secara statik jaring dapat dilihat pada **Gambar 2.**



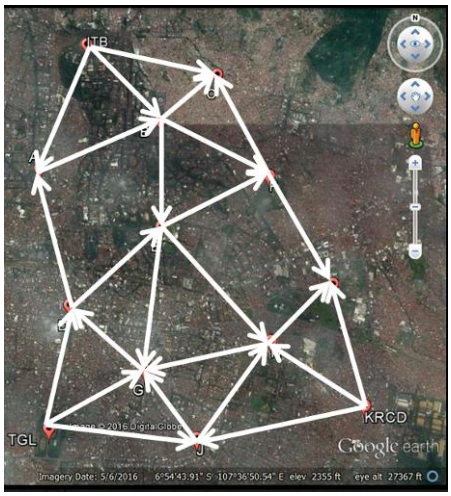
Gambar 2. Alur Perhitungan Koordinat Metode Statik Jaring

Pengolahan data dengan metode statik jaring dilakukan dengan menggunakan dua perangkat lunak yaitu CGO dan LGO. Skema pengolahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pengolahan data GPS (Skema 1) dan pengolahan data kombinasi antara GPS dan Beidou (Skema 2) pada perangkat lunak CGO serta pengolahan data GPS dengan menggunakan perangkat lunak LGO (Skema 3). Pengolahan data GPS pada perangkat lunak LGO digunakan sebagai acuan dalam penentuan kepresisian pengolahan data.

Pengukuran dilakukan di 13 titik pengamatan di kawasan bandung dengan satu dari 13 titik pengamatan tersebut digunakan sebagai titik ikat. Karakteristik pengamatan mengikuti sebagian criteria pengukuran GNSS orde-3 yang tercantum pada SNI 19-6724-2002 dengan spesifikasi :

- Jarak tipikal titik yang berdampingan adalah 2 km
- Lama pengamatan per sesi adalah 60 menit
- Interval data pengamatan 15 detik
- Elevasi satelit minimum 15 derajat

Pada **Gambar 3** dapat dilihat sketsa bentuk jaring yang dibentuk pada pengukuran yang dilakukan di 13 titik pengamatan di kawasan Bandung. Pada penelitian ini dibentuk *baseline* sebanyak 25 *baseline.*



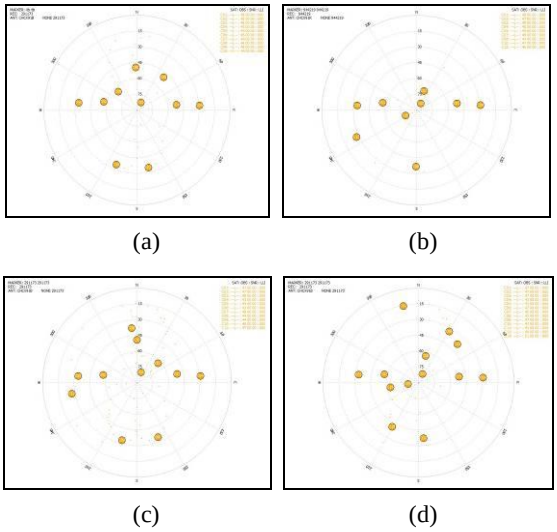
Gambar 3. Sketsa titik pengamatan

Hasil dan Pembahasan

Dalam proses penelitian ini, parameter yang digunakan sebagai penilaian kinerja satelit Beidou terdiri atas konstelasi Beidou dan koordinat hasil pengukuran metode statik jaring. Di dalam penelitian ini juga dibahas mengenai analisis perbandingan perangkat lunak CGO dan LGO.

Kosntelasi Beidou.

Pada bagian ini, konstelasi Beidou dinilai berdasarkan analisis *sky plot, Dillution of Precission* (DOP) dan *Signal to Noise Ratio* (SNR). Dalam penelitian ini, hasil rekaman data berada pada rentang waktu Pukul 08.20 WIB sampai dengan 03.45 WIB. Dari 14 konstelasi satelit yang ada, hanya 13 satelit yang terekam pada saat dilaksanakannya pengamatan yaitu satelit Beidou dengan kode C01, C02, C03, C04, C05, C06, C07, C08, C09, C10, C11, C12, dan C14.



(a) (b)

(c) (d)

Gambar 4. Visualisasi *Sky plot* pada (a) Pukul 09.00, (b) Pukul 15.00, (c) Pukul 21.00, (a)Pukul 03.00 WIB

Pada **Gambar 4** dapat dilihat visualisasi dari *sky plot* pada pengamatan di titik ITB pada awal, pertengahan, dan akhir pengamatan pada titik tersebut pada waktu yang telah tercantum pula pada gambar.

Dalam melakukan analisis terhadap DOP dan SNR, dipilih lima titik dengan konstruksi lingkungan yang berbeda – beda. Titik tersebut adalah titik ITB, titik E, titik F, titik G, dan titik H.

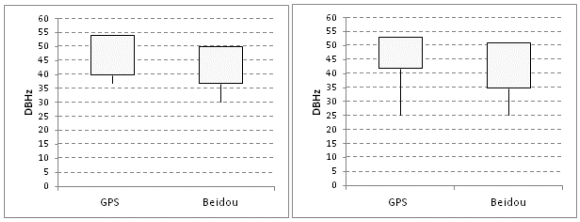
Dilution of Precission (*DOP*) merupakan bilangan yang umum digunakan untuk merefleksikan kekuatan geometri dari konstelasi satelit, dimana nilai DOP yang kecil menunjukkan geometri satelit yang kuat (baik) dan semakin besar nilai DOPnya maka menunjukkan geometri satelit yang semakin lemah (buruk) (ASACE, 2003). Hasil DOP dari kelimat titik tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Nilai DOP

TITIK	DOP(GPS)				DOP(GPS+BDS)			
	GDOP	PDOP	HDOP	VDOP	GDOP	PDOP	HDOP	VDOP
ITB	2,5	2,2	0,9	2,0	1,5	1,3	0,6	1,1
E	2,0	2,6	1,1	2,3	1,7	1,4	0.7	1,2
F	3,0	2,6	1,0	2,4	1,6	1,3	0,6	1,2
G	2,3	2,0	1,1	1,7	1,6	1,3	0,7	1,1
J	2,4	2,1	1,0	1,8	1,4	1,2	0,6	1,1

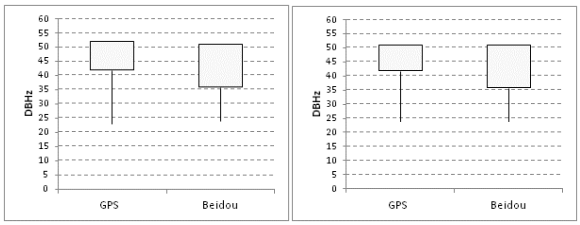
Melalui **Tabel 2** di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan kehadiran satelit Beidou memberikan dampak semakin membaiknya nilai DOP yang dinilai melalui parameter pembangun DOP yaitu GDOP, PDOP, HDOP, dan VDOP. Hal ini ditandai dengan menurunnya nilai DOP pada setiap titik setelah satelit GPS dikombinasikan dengan satelit Beidou. Pada masing-masing parameter GDOP, PDOP, HDOP dan VDOP memberikan rata-rata peningkatan sekitar 43%, 15%, 47%, 35 % dan 40%.

Signal to Noise Ratio (SNR) merupakan perbandingan antara banyaknya sinyal yang diinginkan untuk direkam dengan *noise* (gangguan) yang terjadi pada sinyal. Pada kelima titik yang dipilih, pada titik ITB yang ditunjukkan oleh **Gambar 5**(a) diketahui bahwa sinyal GPS memberikan rentang SNR yang lebih baik yaitu maksimal pada nilai 54 DBHz dibandingkan dengan Beidou dengan SNR sebesar 50 DBHz. Pada titik E yang ditunjukkan oleh **Gambar 5**(b), SNR untuk GPS menunjukkan nilai maksimum yang lebih besar yaitu 53 DBHz sedangkan Beidou 51 DBHz. Pada titik F yang ditunjukkan pada **Gambar 6**(a), SNR GPS kembali menunjukkan nilai yang lebih besar yaitu 52 DBHz sementara Beidou sebesar 51 DBHz. Pada titik G yang dapat dilihat pada **Gambar 6**(b), nilai SNR untuk GPS dan Beidou memberikan nilai yang sama pada rentang maksimumnya yaitu 51 DBHz. Dan terakhir pada titik H yang ditunjukkan pada **Gambar 7**, satelit GPS kembali memberikan nilai SNR yang lebih besar yaitu 56 DBHz, sedangkan Beidou sebesar 50 DBHz.



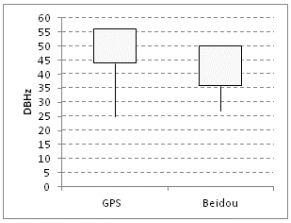
(a) (b)

Gambar 5. SNR (a) Titik ITB, dan (b) Titik E



(a) (b)

Gambar 6. SNR (a) Titik F, dan (b) Titik G



Gambar 7. SNR Titik H

Hasil Pengolahan Metode Jaring

Hasil pengolahan metode jaring ini dianalisis pada beda koordinat yang diberikan untuk menjawab kinerja satelit Beidou terhadap kepresisian dan analisis terhadap nilai *Root Mean Square* (RMS) error untuk menjawab kinerja satelit Beidou terhadap kekurasian pengamatan GNSS.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan koordinat kartesian (X,Y,Z) yang setelah diolah ditransformasi ke bentuk sistem koordinat UTM. Pengolahan data GPS dengan menggunakan perangkat lunak LGO digunakan sebagai acuan koordinat dalam membandingkan pengolahan data skema lainnya yang menggunakan perangkat lunak CGO. Hasil pengolahan dari setiap skema yang ada ditunjukkan oleh **Tabel 3** untuk skema 1 yaitu pengolahan data GPS dengan menggunakan perangkat lunak CGO.

Tabel 3. Hasil Perataan Jaring CGO (GPS)

Titik	East(m)	North(m)	Height(m)	Sd. East(m)	Sd. North(m)	Sd. h (m)	ppm ($x10^{-6}$)
A	787678,234	9236038,407	748,738	0,0104	0,007	0,020	12.8
B	789375,095	9236709,105	759,436	0,008	0,006	0,021	15.6
C	790197,162	9237390,767	762,883	0,009	0,011	0,029	17.1
D	788088,044	9234153,644	725,287	0,015	0,010	0,033	10.5
E	789371,178	9235221,755	729,422	0,016	0,013	0,042	16.8
F	791062,053	9236023,896	720,702	0,017	0,014	0,052	17.3
G	789155,199	9233304,894	714,477	0,016	0,012	0,041	10.1
H	790847,344	9233660,823	707,13	0,018	0,013	0,043	10.2
I	791712,167	9234424,543	706,319	0,019	0,014	0,048	11.3
J	789800,082	9232421,257	708,504	0,018	0,014	0,044	9.0
KRCD	792058,073	9232855,303	703,957	0,020	0,015	0,047	8.6
TGL	787839,120	9232563,433	711,736	0,019	0,013	0,046	9.8
ITB	788337,676	9237836,553	813,232	0	0	0	-

Pada **Tabel 4** yaitu skema 2 hasil pengolahan data kombinasi GPS dan Beidou dengan menggunakan perangkat lunak CGO dan **Tabel 5** merupakan skema 3 yaitu pengolahan data GPS dengan menggunakan perangkat lunak LGO.

Tabel 4. Hasil Perataan Jaring CGO (GPS+Beidou)

Titik	East(m)	North(m)	Height(m)	Sd. East(m)	Sd. North(m)	Sd. h (m)	ppm ($x10^{-6}$)
A	787678,240	9236038,408	748,741	0,007	0,005	0,020	11.8
B	789375,098	9236709,107	759,434	0,006	0,005	0,019	13.9
C	790197,165	9237390,767	762,884	0,007	0,010	0,027	15.9
D	788088,056	9234153,643	725,283	0,011	0,009	0,031	9.6
E	789371,180	9235221,75	729,441	0,014	0,012	0,041	16.2
F	791062,064	9236023,902	720,749	0,012	0,014	0,044	14.7
G	789155,213	9233304,889	714,479	0,013	0,011	0,038	9.3
H	790847,355	9233660,817	707,132	0,015	0,012	0,041	9.5
I	791712,182	9234424,540	706,303	0,017	0,014	0,046	10.7
J	789800,093	9232421,250	708,507	0,015	0,013	0,041	8.2
KRCD	792058,084	9232855,297	703,955	0,017	0,014	0,045	8.1
TGL	787839,131	9232563,430	711,731	0,016	0,012	0,042	8.9
ITB	788337,676	9237836,553	813,232	0	0	0	-

Tabel 5. Hasil Perataan Jaring LGO (GPS)

Titik	East(m)	North(m)	Height(m)	Sd. East(m)	Sd. North(m)	Sd. h (m)	ppm ($x10^{-6}$)
A	787678,233	9236038,410	748,749	0,010	0,006	0,019	11.9
B	789375,097	9236709,107	759,439	0,007	0,006	0,020	14.8
C	790197,161	9237390,767	762,890	0,009	0,011	0,028	16.5
D	788088,046	9234153,644	725,295	0,015	0,011	0,036	11.1
E	789371,176	9235221,754	729,437	0,015	0,012	0,040	16.0
F	791062,059	9236023,909	720,735	0,016	0,013	0,045	15.3
G	789155,202	9233304,895	714,474	0,016	0,013	0,041	10.2
H	790847,350	9233660,825	707,120	0,018	0,014	0,043	10.1
I	791712,173	9234424,542	706,323	0,019	0,014	0,047	11.1
J	789800,086	9232421,258	708,501	0,017	0,014	0,044	8.9
KRCD	792058,070	9232855,305	703,966	0,019	0,015	0,048	8.8
TGL	787839,122	9232563,433	711,724	0,018	0,014	0,046	9.8
ITB	788337,676	9237836,553	813,232	0	0	0	-

Pada **Tabel 6** dapat dilihat selisih absolut koordinat skema 1 dan skema 3 dan pada **Tabel 7** dapat dilihat selisih absolut koordinat skema 2 dan skema 3.

Tabel 6. Selisih Koordinat Skema 1 dan 3

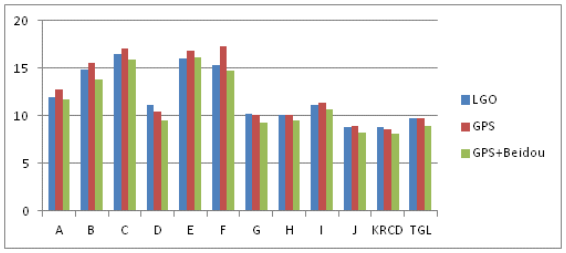
Nilai	Selisih Koordinat (m)		
	East	North	Height
Maksimum	0,007	0,013	0,033
Rata-Rata	0,003	0,002	0,010

Tabel 7. Selisih Koordinat Skema 2 dan 3

Nilai	Selisih Koordinat (m)		
	East	North	Height
Maksimum	0,013	0,008	0,021
Rata-Rata	0,007	0,004	0,009

Melalui kedua tabel tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam hal presisi skema dua lebih baik dibandingkan skema satu pada koordinat tinggi. Selisih antara skema dua dan skema tiga memberikan peningkatan tingkat akurasi sebesar 0,8 mm dibandingkan dengan selisih koordinat tinggi skema satu dan tiga. Namun beda halnya dengan koordinat *easting* dan *northing*, selisih skema 2 dan 3 menunjukkan adanya penurunan kepresisian pengamatan untuk masing – masing koordinat yaitu sebesar 3,7mm dan 1,9mm.

Ppm (*Part per million*) merupakan suatu parameter yang dapat digunakan dalam menganalisis tingkat presisi dari *baseline* yang terbentuk dalam pengukuran. Nilai ppm didapatkan dari akar kuadrat dari penjumlahan variansi dari tiga parameter posisi (*easting, northing* dan *height*) dibagi dengan nilai jarak. Pada **Gambar 8** ditunjukkan bahwa skema 2 yaitu pengolahan data dengan menggunakan data GPS dan Beidou pada perangkat lunak CGO mempunyai nilai ppm yang paling kecil disusul dengan skema 3 yaitu pengolahan data GPS dengan menggunakan LGO dan terakhir adalah pengolahan data GPS dengan perangkat lunak CGO. Dengan membandingkan nilai ppm pada dua skema pengolahan data dengan menggunakan perangkat lunak CGO dapat ketahui bahwa terdapat peningkatan kualitas ppm sebesar 8% dengan adanya penambahan data pengamatan Beidou pada pengolahan data.



Gambar 8. Nilai ppm Setiap Skema

RMS *error* merupakan salah satu konsep yang digunakan untuk mengetahui tingkat akurasi geomerik dari pengukuran yang dilakukan. Dalam hal ini koreksi geometrik tersebut dipecah ke dalam tiga unsur pembentuknya yaitu kesalahan pada koordinat *easting*, *northing* dan tinggi. Melalui **Tabel 8** dapat dilihat selisih dari nilai nilai kesalahan pada skema satu dikurangi dengan nilai kesalahan koordinat pada skema dua. Nilai pengurangan yang positif menandakan semakin mengecilnya nilai kesalahan pada skema dua tersebut.

Tabel 8. Selisih Nilai Standar Deviasi Skema1 dan Skema 2

Titik	Selisih		
	Std.East(m)	Std.North(m)	Std h (m)
A	0,002	0,001	0,001
B	0,001	0	0,002
C	0,001	0,001	0,002
D	0,003	0,001	0,001
E	0,002	0,001	0,001
F	0,005	0	0,007
G	0,002	0,001	0,002
H	0,002	0,001	0,002
I	0,002	0,001	0,002
J	0,002	0,001	0,003
KRCD	0,002	0,001	0,002
TGL	0,002	0.001	0,003
Rata-rata	0,0026	0,0008	0,002

Dengan melihat hasil pada rata-rata selisih kesalahan pada setiap koordinat dapat diketahui bahwa dengan dikombinasikannya data pengamatan satelit GPS dengan satelit Beidou memberikan dampak semakin baiknya akurasi untuk koordinat *easting* sebesar 2,7 mm, koordinat *noerthing* sebesar 0,8 mm dan tinggi sebesar 2,7 mm.

Perbandingan Software CGO dan LGO

Keunggulan yang dimiliki oleh perangkat lunak CGO dibandingkan dengan LGO adalah :

1. Dalam hal penyajian menu, CGO memiliki struktur penyajian yang lebih sistematis dan lebih mudah dimengerti. Dalam hal ini perangkat lunak CGO lebih *user friendly* dan dapat dimengerti oleh pengguna.
2. Dalam hal pengolahan *baseline*, CGO dapat melakukan pengolahan pada tiga jenis satelit GNSS. Ketiga jenis satelit tersebut adalah GPS, GLONASS dan Beidou. Sementara itu, perangkat lunak LGO hanya dapat melakukan pengolahan data pada 2 jenis satelit GNSS saja yaitu GPS dan GLONASS.
3. Dalam hal pengolahan *baseline*, CGO mempunyai parameter meteorologi yang lebih spesifk dibandingkan dengan LGO. Parameter tersebut memuat nilai temperatur, tekanan, dan *relativity humadity.*
4. Dalam hal pengolahan *baseline*, CGO mempunyai penyajian yang lebih mudah dalam pemilihan jenis pengamatan terkait titik ikat atau pun titik yang diamati (*rover*).

Beberapa kelemahan yang dimiliki oleh perangkat lunak CGO adalah sebagai berikut.

1. Di dalam perangkat lunak CGO terdapat sebuah menu pengubah format data pengamatan yang bernama *Rinex Converter. Rinex Converter* tersebut berguna untuk mengubah format data pengamatan dari bentuk format data HCN ke bentuk rinex dengan tipe beragam yang sesuai dengan kebutuhan. Dalam penggunaan *Rinex Converter* tipe 1.0.1, perangkat tersebut tidak dapat melakukan fungsinya secara maksimal karena terdapat beberapa kegagalan pengubahan bentuk data HCN ke rinex.
2. Dalam melakukan pengolahan *baseline*, perangkat lunak CGO tidak dapat melakukan variasi lebih dalam pengolahan data yang lebih spesifik seperti penggunaan kombinasi frekuensi L1 dan frekuensi B1, frekuensi L1 ditambah frekuensi B1 dan B2 dan lain sebagainya. Hal ini cukup disayangkan karena seharusnya dengan kemampuan menganalisis dan dapat menerima banyak jenis frekuensi, opsi untuk melakukan kombinasi dari

jenis frekuensi yang beragam sangat dibutuhkan khususnya untuk kalangan akademisi

3. Dalam menu parameter *baseline*, pada bagian model ionosferik yang digunakan hanya terdapat dua jenis pilihan yaitu *automatic*, dan *Uncorrected*. Hal ini menjelaskan bahwa model koreksi ionosfer yang dimiliki perangkat lunak ini masih belum jelas apa saja jenis yang dimiliki dan tentunya tidak dapat melakukan pemilihan terhadap model koreksi oinsfer yang diiginkan.
4. Pada bagian analisa terhadap *baseline*. Perangkat lunak CGO hanya menampilkan grafik residual total dari tiap satelit yang digunakan, sementara pada perangkat lunak LGO yang juga menampilkan grafik residual terdapat pilihan terhadap jenis residual yang diinginkan seperti pilihan hanya terhadap gelombang pembawa L1, atau jenis pengamatan *single differential*, dan lain sebagainya.
5. Masih kurang terperinci pada bagian modul penjelasan yang dapat diakses melalui menu *help*. Salah satu contoh dari kekurang terperincian menu pada perangkat lunak ini adalah seperti jenis dari kodel koreksi ionosfer apa saja yang ada pada perangkat lunak tersebut dan lain sebagainya.

Kesimpulan

Satelit Beidou memberikan dampak meningkatnya nilai kepresisian dengan peningkatan ppm sebesar 8% dan menurunnya nilai standar deviasi untuk koordinat *easting* sebesar 2,6 mm, untuk koordinat *northing* sebesar 0,8 mm dan untuk koordinat tinggi sebesar 2,7 mm.

Dalam hal akurasi, satelit Beidou memberikan dampak meningkatnya akurasi pada nilai koordinat tinggi sebesar 0,8 mm namun terdapat penurunan untuk tingkat akurasi koordinat *easting* sebesar 3,7 mm dan koordinat *northing* sebesar 1,9 mm. Selengkapnya, kesimpulan penelitian dapat dilihat pada **Tabel 9**.

Tabel 9. Tabel Kesimpulan

Parameter	GPS	GPS+Beidou	Peningkatan (%)
Akurasi Horizontal	4 mm	9 mm	-125%
Akurasi Vertikal	9,8 mm	9 mm	9%
Presisi Horizontal	19 mm	16 mm	16%
Presisi Vertikal	38 mm	35 mm	8%
Ppm ($x10^{-6}$)	12	11	8%

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. (2007). Survei Dengan GPS dan Aplikasinya. PT Pradnya Paramita, Jakarta,

Chen, H., Huang, Y., Chiang, K, Yang, M., Rau, R.(2009). The Performance Comparison Between GPS and Beidou-2/COMPASS : A Perspective from Asia, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 32, No. 5, pp.679-689,

China Satellite Navigation Office (2013). Beidou Navigation Satellite System Open Service Performance Standard (Version 1.0)

China Satellite Navigation Office (2013). Beidou Navigation Satellite System Signal In Space Interface Control Document (Version 2.0)

Samama, N. (2008). Global Positioning : Technologies and Performance, John Wiley & Sons,Inc., Hoboken, New Jersey

Pemanfaatan Data Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan, Pemanfaatan Tanah (P4T) untuk Rancang Bangun Aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa

(Studi Kasus : Desa Bangunjiwo, Kecamatan Kasihan, Kabupaten Bantul)

Hengki Saputro S.Tr[1], Wahyuni SH.,M.Eng[2] Ir.Slamet Muryono.M.Eng.,Sc[2]

1. Alumni STPN, Kantor Pertanahan Kab.Mamasa Prop.Sulawesi Barat
2. Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
3. Sekolah Tinggi Pertanahan Nasipnal

e-mail : hengki.212012@gmail.com

ABSTRACT

The IP4T activities were activities of Ministry of Agrarian and Spatial/National Land Agency as an attempt to obtain land-based P4T in a Village However this condition is inversely proportional in term of data utilization, at present the use of P4T data is merely limited to land occupation, ownership, use and utilization. Therefore it needs to designan application for Village Land Information System. This research was aimed to: 1) discover how to build information system regarding village land, 2) discover whether the result of Information System Application for Village Land can provide benefit based on needs of P4T information access of village and community. Research method used was Research and Development (R & D) by using development method by prototyping. Utilizing This research produced information system application for village land that has been tested to responders, from the test can be concluded that the application that has been built was at a good enough level up to a very good and no assessment stating less good which means that information system application for village land can be accepted as desired by user

Keywords: *Land Information System, Village*

A. PENDAHULUAN

Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN) sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014 tentang Organisasi dan Tata Kerja Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia mempunyai tugas melaksanakan tugas pemerintahan di bidang pertanahan secara nasional, regional dan sektoral dengan tugas dan fungsinya diantaranya peranan dalam mengembangkan dan mengelola informasi di bidang pertanahan.

Kegiatan inventarisasi merupakan kegiatan pra-pelayanan dimana hasil akhirnya adalah berupa data bagi perumusan kebijakan, perencanaan, penataan dan pengendalian penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah (Neny Triyana 2006: 3). Kegiatan IP4T dimaksudkan sebagai upaya untuk memperoleh data P4T yang berbasis bidang tanah secara komprehensif dan sistematis di unit pendataan dalam 1 (satu) Desa/Kelurahan.

Berdasarkan Peraturan Menteri Desa, Pembangunan Daerah tertinggal dan Transmigrasi (PERMENDES) Nomor 1 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kewenangan Berdasarkan Hak Asal-Usul dan Kewenangan Lokal Berskala Desa, pasal 8 huruf b dan c menyebutkan bahwa kewenangan desa yaitu mengembangkan sistem informasi desa dan tata ruang desa.

Oleh karena itu perlu adanya rancangan aplikasi sistem informasi pertanahan desa untuk membantu Kementerian ATR/BPN dalam menyajikan data P4T berbentuk digital yang dapat digunakan dalam pengambilan suatu keputusan

dan membantu pemerintah Desa dalam mewujudkan peta desa lengkap untuk perencanaan tata ruang desa serta memberikan informasi kepada masyarakat terkait P4T yang dapat diakses dengan mudah, cepat dan akurat. Dalam rangka memberikan informasi pertanahan tersebut yang nantinya diperlukan dalam pengambilan keputusan, maka perlu di bangun suatu database penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah (P4T) dilingkup terkecil dalam pemerintah yaitu Desa.

B. TINJAUAN PUSTAKA

1. Rancang Bangun Sistem Informasi

Menurut Jogiyanto HM (2005: 197), rancang bangun adalah tahap dari setelah analisis dari siklus pengembangan sistem yang merupakan pendefinisian dari kebutuhan-kebutuhan fungsional, serta menggambarkan bagaimana suatu sistem dibentuk yang dapat berupa penggambaran, perencanaan dan pembuatan sketsa atau pengaturan dari beberapa elemen yang terpisah ke dalam satu kesatuan yang utuh dan berfungsi, termasuk menyangkut mengkonfigurasikan dari komponen-komponen perangkat keras dan perangkat lunak dari suatu sistem.

Menurut Jogiyanto HM (2005:1) mendefinisikan sistem dalam dua pendekatan yaitu pendekatan prosedur adalah kumpulan dari prosedur-prosedur dengan tujuan tertentu dan pendekatan komponen adalah kumpulan dari suatu komponen yang saling berhubungan untuk mencapai tujuan tertentu

Rancang Bangun Sistem Informasi Pertanahan menggunakan proses model *prototyping*. Menurut Prahasta, Eddy. (2014:474) model *prototype* adalah model atau simulasi aplikasi perangkat lunak dari semua aspek produk yang dikembangkan harus bersifat representatif terhadap produk akhir memenuhi kebutuhan pengguna.

Menurut Prahasta, Eddy. (2005:227) Prosedur yang dilalui dalam proses *prototyping* yaitu:

a. Pengumpulan kebutuhan

   1) Analisis Kebutuhan Pengguna

   Menurut Kadir, Abdul (2003:404) Analisis kebutuhan diperlukan menentukan keluaran yang dihasilkan sistem, masukan yang diperlukan sistem

   2) Analisis Kebutuhan Sistem

   Menurut Kadir, Abdul (2003:400) tahapan analisis sistem dimulai karena adanya permintaan terhadap sistem baru. Tujuan utamanya adalah utuk menentukan kemungkinan hal-hal detil yang akan dikerjakan oleh sistem yang diusulkan.

b. Perancangan cepat perangkat lunak.

c. Pembangunan *prototype* oleh pengguna

d. Evaluasi *Prototype*

   Evaluasi Sistem Informasi menurut Pressman, Roger S dibagi menjadi 2 yaitu:

   1) *White Box Testing*

   White Box Testing disebut juga *Structural test* yaitu cara pengujian menemukan *bug* (kesalahan)

   2) *Black Box Testing*

   Black Box Testing disebut juga *behavioral test* sering digunakan untuk menemukan *bug* (kesalahan) dalam *high level operations*.

2. Sistem Informasi Pertanahan

Menurut *Federation Internationale des Geometres* (*FIG*) dalam (Nuraini dan Teguh 2010:01) pengertian Sistem Informasi Pertanahan (SIP) adalah suatu alat yang digunakan untuk pengambilan keputusan yang sah terhadap masalah administrasi dan ekonomi, serta sebagai alat bantu dalam perencanaan dan pengembangan.

Sistem informasi Pertanahan salah satu ciri/karakternya yaitu terdapat data spasialnya, oleh karena itu diperlukan perangkat lunak (*software*) untuk membangun data spasial dalam Sistem Informasi Pertanahan sehingga menjadi sebuah peta interaktif, yaitu:

a. *ArcGIS,*
b. StatPlanet
c. XAMPP
d. NetBeans

3. Peta Interaktif

Peta interaktif adalah peta digital yang memungkinkan pengguna untuk memasukkan

elemen-elemen lain seperti bunyi, gambar dan data-data spasial.(Admojo, 2015: 45).

C. METODE PENELITIAN

1. Jenis Penelitian

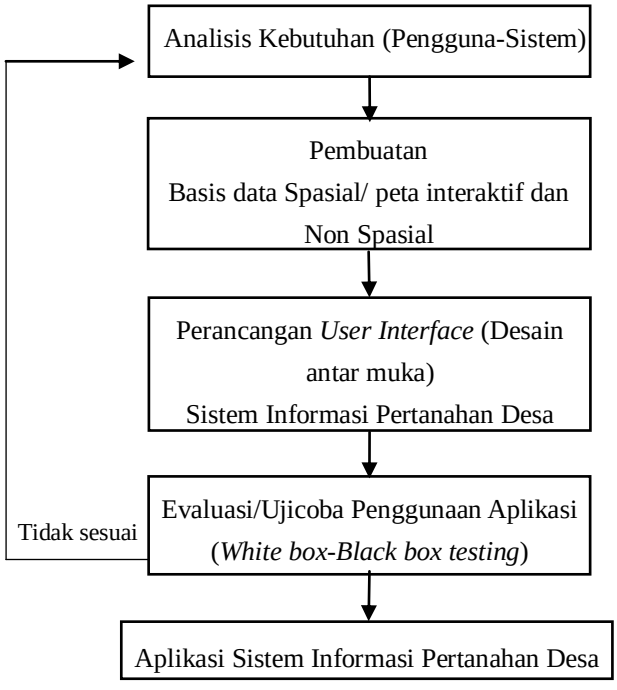
Metode penelitian yang digunakan yaitu metode penelitian dan pengembangan atau Research and Development (R&D) dengan pendekatan eksperimen. Metode penelitian yang digunakan untuk menghasilkan produk tertentu dan menguji keefektifan produk tersebut (Sugiyono, 2013:407).

2. Sumber Data

Data primer: meliputi penilaian dan masukan dari responden dan Data sekunder: berupa data hasil inventarisasi penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah (P4T) serta data PBB

3. Teknik Perancangan Sistem Informasi

Proses pengembangan perangkat lunak ini peneliti menggunakan model *prototyping* (purwarupa). Pengembangan dengan model *prototyping* ini dilakukan melalui prosedur yang digambarkan pada gambar 1.



D. HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancang Bangun Aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa.

a. Analisis Kebutuhan Pengguna

Berdasarkan analisis kebutuhan pengguna maka dapat ditentukan klasifikasinya masing-masing pengguna diantaranya Administrator, kepala desa, petugas desa dan masyarakat.

b. Analisi Kebutuhan Sistem

Ketika dilakukan analisis kebutuhan sistem di Desa Bangunjiwo ternyata disana sudah terdapat sistem yang di bangun oleh *combine* yang merupakan pakar sistem informasi desa. Oleh karena itu diperlukan Sistem Informasi Pertanahan Desa harus bisa terintregasi dengan *web* desa yang dibangun menggunakan bahasa pemrogaman *PHP*, sehingga aplikai ini dapat di akses secara mudah, cepat dan *real time* di *web* Desa Bangunjiwo.

c. Proses Rancang Bangun Basis Data Spasial.

Ketersedian data spasial yang digunakan adalah Peta hasil kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T) berformat *shapefile (shp).* Selanjutnya Data-data tersebut diolah terlebih dahulu menggunakan *software ArcGIS* 10.1 yang dibagi 2 (dua) kegiatan pembuatan basis data spasial yaitu:

1) Pembuatan Informasi per zona Rukun Tetangga (RT)
2) Pembuatan Informasi Bidang-bidang tanah

d. Pembuatan Peta Interaktif

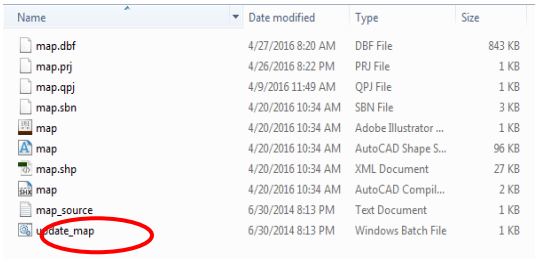
Langkah-langkah pembuatan peta interaktif yaitu:

1) Input data spasial ke dalam StatPlanet Plus

Langkah pertama yang dilakukan ke dalam perangkat lunak StatPlanet Plus. Data spasial yang dimaksud yaitu data (P4T) format *shapefile* (*.shp) .

Pada gambar 2 menjelaskan bahwa pada folder map terdapat *shapefile* berisi *feature-feature* yang akan ditampilkan, sedangkan *databasefile* berfungsi sebagai identitasnya. Identitas ini penting karena akan digunakan sebagai penghubung antara data spasial dengan data non spasial. Setelah kedua data tersebut dimasukkan ke dalam *folder "map",* kemudian nama *file*

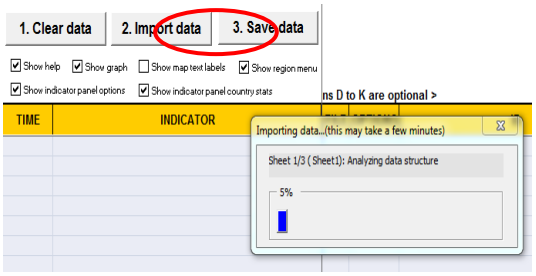
"update_map.bat" dijalankan agar program dapat membaca kedua program.



Gambar 2: Folder "*map*" Statplanet Plus

2) Input data non spasial ke StatPlanet

Proses input data non spasial dilakukan melalui *file* "StatPlanet_data editor", tepatnya dalam *worksheet* "*import*". Hasil dari data input di simpan dalam *file* "data.csv" dan akan dibaca perangkat lunak StatPlanet Plus sebagai nilai yang akan disajikan dalam tiap *feature* data spasial yang ditampilkan dalam gambar 3



Gambar 3: Tampilan Proses *Import* Data

3) Pengelompokan wilayah.

Pengaturan Pengelompokan wilayah di lakukan pada *file* " StatPlanet_data_editor", tepatnya pada *worksheet* "*Map regions*". Namun kelompok dituliskan pada kolom "*Map/Region Name*". misalnya ">DUSUN GENDENG", ">DUSUN SRIBITAN", dan ">DUSUN KALIRANDU.Pengaturan wilayah pada penelitian ini dapat di lihat pada gambar 3

MAP / REGION NAME	X	Y	ZOOM	COLOR	URL	START (ISO) CODES		
All regions	2000.9	2257.1	267.3					
>DUSUN GENDENG (01)	2956.0	3034.5	322.6			0101	0102	0103
>DUSUN SRIBITAN (07)	5201.8	6000.6	542.1			0701	0702	0703
>DUSUN KALIRANDU (10)	3003.4	3394.9	349			1001	1002	1003

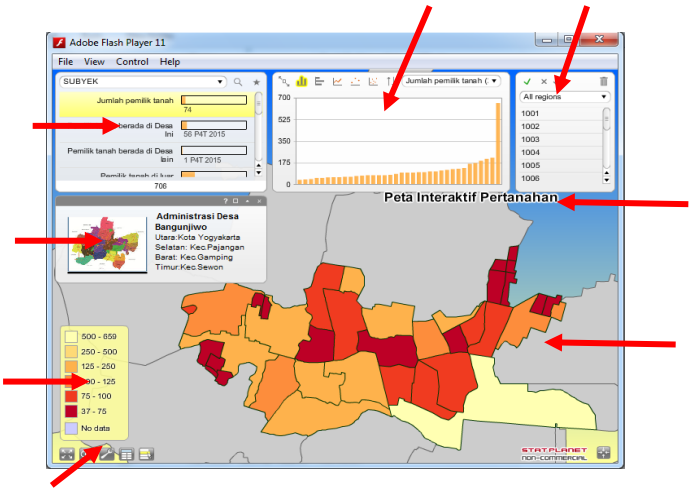
Gambar 4: Pengelompokan Wilayah.

4) Pengaturan Warna

Script pengaturan dituliskan pada kolom "*Map*". Dengan cara Penulisannya adalah nomor_kelas=[kode_warna][nilai]. Kode warna dituliskan dengan kode *hexadecimal* (misalnya 0Xffffff untuk warna putih)

5) Hasil Peta interaktif

Peta interaktif yang dibuat menggunakan perangkat lunak StatPlanet Plus. Hasil pembuatan peta interaktif dapat dilihat pada gambar 5



Gambar 5: Peta Interaktif

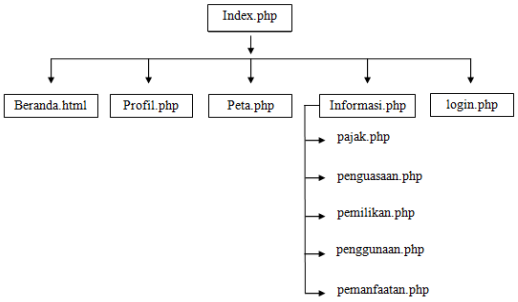
Tampilan awal peta interaktif pertanahan terdapat beberapa komponen yaitu : (a). Muka Peta, (b). Judul Peta, (c). Legenda, (d) Panel Kategori dan Indikator, (e). Panel Grafik, (f). Panel pemilihan, (g). Panel Keterangan (h). *Toolbar* pengaturan.

e. Proses Rancang Bangun Basisdata Non Spasial

Database dalam Sistem informasi ini menggunakan database *MySQL* yang terdapat pada software *XAMPP*.

f. Perancangan Desain Pengguna (*user interface*).

Proses perancangan *user interface* pada aplikasi ini menggunakan bahasa pemrograman *php* dan menggunakan aplikasi *NetBeans IDE* 8.0 sebagai editornya untuk menulis *script*, meng-*compile* dan mencari kesalahan *script* dengan mudah.



Gambar 6. Tampilan *Sitemap* Aplikasi SIP Desa

Penyajian hasil desain antar muka dapat dilihat pada masing-masing halaman *web* yang disusun. Berikut adalah tampilan antar muka dari aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa antara lain:

1) Halaman muka (*Index*)

Halaman ini adalah halaman awal saat kita membuka aplikasi. Halaman ini terdapat *menu bar* yang berisi menu beranda, profil desa, peta interaktif dan informasi. Tampilan halaman *index* dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 7. Halaman Utama SIP Desa

2) Halaman Beranda

Halaman Beranda pada Sistem Informasi Pertanahan Desa terdapat halaman petunjuk penggunaan Aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa, untuk mempermudah pengguna menggunakan aplikasi ini.

3) Halaman Profil Desa

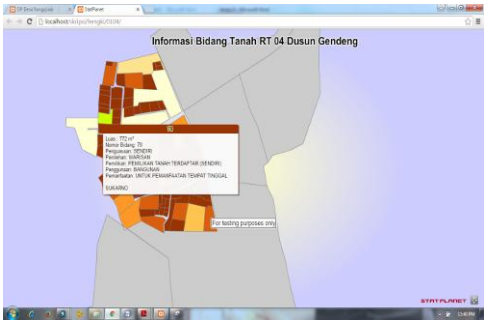
Halaman ini berisi tentang profil Desa berisi batas administrasi Desa Bangunjiwo dan potensi wilayah Desa.

4) Halaman Halaman Syarat dan Kententuan

Halaman ini merupakan halaman yang berisi syarat dan ketentuan dalam mengakses informasi peta interaktif. Pengguna juga mengetahui konsekuensi yang ditimbulkan dalam menyalahgunakan informasi pertanahan yang ada pada aplikasi ini.

5) Halaman Peta Interaktif

Halaman ini merupakan halaman yang berisi peta dengan *visualisasi* interaktif dengan objek zona wilayah RT untuk pengguna yang berisi informasi mengenai penguasaan, pemilikan, dan pemanfaatan tanah dan informasi detil bidang-bidang tanah tiap wilayah RT. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8. Halaman Peta Interaktif Bidang Tanah

6) Halaman Informasi

Halaman informasi disini dibagi menjadi halaman bagi pengguna umum dan petugas yang memiliki *username* dan *password*. Perbedaannya adalah menu yang dapat diakses oleh pengguna umum hanya berisi data SPPT PBB, Prosentase Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah, sedangkan halaman untuk petugas khusus yang mempunyai *login* terdapat menu untuk melakukan *updating, editing* dan *upload file* pajak serta *print out* data SPPT PBB.

7) Evaluasi/Ujicoba Aplikasi

Pelaksanaan uji coba aplikasi ini dilakukan mengenai aplikasi yang telah dibangun kepada pegawai kantor Desa Bangunjiwo. Hasil Ujicoba dapat dilihat pada tabel 1

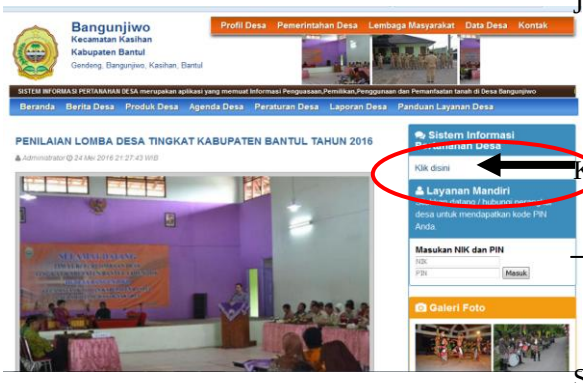
Tabel 1. Hasil Ujicoba aplikasi

No	Responden (R)	Pertanyaan Kuisioner			
		Tampilan Aplikasi	Kemudahan Akses	Membantu Rencana Pembangunan Desa	Membantu administrasi STPP PBB
1	R.1	Sangat Menarik	Mudah	Sangat Membantu	Membantu
2	R.2	Sangat Menarik	Mudah	Cukup Membantu	Membantu
3	R.3	Menarik	Cukup Mudah	Membantu	Sangat Membantu
4	R.4	Sangat Menarik	Sangat Mudah	Sangat Membantu	Membantu
5	R.5	Sangat Menarik	Cukup Mudah	Sangat Membantu	Cukup Membantu
6	R.6	Sangat Menarik	Mudah	Membantu	Membantu
7	R.7	Sangat Menarik	Mudah	Sangat Membantu	Sangat Membantu

Sumber : Hasil Pengolahan Data Bulan Juni Tahun 2016

8) Proses Intregasi Ke Sistem Informasi Desa

Desa Bangunjiwo merupakan salah satu desa yang menggunakan aplikasi sistem informasi desa dalam pengadministrasian di Desa. Sebagaimana ditujukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Tampilan Sistem Informasi Desa Setelah Penambahan *link* SIP Desa

E. PENUTUP

1. Kesimpulan

Pembuatan program aplikasi Sistem Informasi Pertanahan Desa ini menggunakan metode *prototyping.* Fitur-fitur disajikan pada Sistem Informasi Pertanahan Desa dapat dimanfaatkan untuk: Mengetahui informasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan pemanfaatan tanah serta menyediakan informasi detail bidang-bidang tanah. Fitur lain yang disajikan dapat digunakan untuk manajemen Pajak Bumi dan Bangunan di Desa.

2. Saran

Pengembangan lebih lanjut terhadap aplikasi yang telah dibuat sangat diperlukan, sehingga aplikasi tersebut menjadi lebih sempurna dengan menambahkan fungsi/menu yang belum tersedia, misalnya peta dasar (*base map*), layerisasi dan pencarian data pada peta interaktif pertanahan (*query*).

Ucapan Terima Kasih

Saya mengucapkan terima kasih kepada Bapak dan Ibu Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional yang telah memberikan ilmu pengetahuan dan teladan yang baik kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan tulisan ini dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Buku:

Jogiyanto, HM. (2005), *Analisis dan Desain Sistem Informasi:Pendekatan Terstruktur Teori dan Praktik Aplikasi Bisnis Edisi III*, ANDI, Yogyakarta.

Kadir, Abdul. (2003). *Pengenalan Sistem Informasi*, ANDI, Yogyakarta.

——— (2008). *Dasar Pemograman Web Dinamis Menggunakan PHP*, ANDI, Yogyakarta.

Syafii, M. (2005). *Panduan Membuat Aplikasi Database dengan PHP 5*, Yogyakarta: Andi.

Prahasta, Eddy (2011). *Tutorial ArcGIS Desktop Untuk Bidang Geodesi dan Geomatika*.Informatika, Bandung

——————— (2014). *Sistem Informasi Geografis: Konsep-Konsep Dasar (Prespektif Geodesi & Geomatika)*, Edisi Revisi, Informatika, Bandung.

StatSilk (2015), *StatPlanet & StatTrends User Guide*,StatSilk

Peraturan Perundang-Undangan:

Undang-Undang Nomor 1 Tahun 2015 Tentang Pedoman Kewenangan Berdasarkan Hak Asal-Usul dan Kewenangan Lokal Berskala Desa.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2014.

Valuasi Ekonomi Potensi Dampak Kehilangan Lahan Pertanian Akibat Rencana Detail Tata Ruang
(Studi di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo)

Senthot Sudirman[a]

[a,]Dosen tetap di STPN dan Dosen tidak tetap di Fakultas Pertanian UGM (senthotsudirman@yahoo.com)

ABSTRACT

This paper presents the results of research on (a) the extent and distribution of potential changes in agricultural land to non-agricultural result Space Average Detail Plan and (b) the estimated of Total Economic Values of Impact of the Potential loss of agricultural land. Spatial and economic approach used in this study. Spatial analysis techniques and mathematical equation model used for this study. The location of this research is in the district of Sukoharjo Gatak consisting of 14 rural areas. The results showed that: (a) the total area of agricultural potential which will change as a result of RDTR in Subdistrict Gatak area of 94.97 ha spread across 12 regions villages of the 14 villages, and (b) Total Economic Value of the impact of the potential loss of agricultural land due to RDTR is Rp. 29,465,352,300,- consisting of Direct Use Value for Rp.19.645.032.300, - and Non Use Value for Rp. 9.82032 billion,-

Keywords *Impact, Economic Valuation, Spatial Plan Details, Use Value, Non Use Value*

1. Pendahuluan

Selain jumlah penduduk, Perda Tata Ruang baik RTRW maupun RDTR dituding sebagai penyebab terjadinya alih fungsi lahan pertanian (Setiyowargo, 2016). Setiyowargo (2016) melaporkan bahwa di 3 (tiga) wilayah Kecamatan Depok, Mlati, dan Gamping Kabupaten Sleman, DIY terdapat potensi alih fungsi lahan pertanian akibat RTRW (2011-2031) seluas 1.812,03 ha. Winoto dan Nasution (2005) juga melaporkan bahwa ada potensi terjadinya aih fungsi lahan pertanian sawah irigasi di Indonesia sebesar 1.874.149 ha sebagai akibat penerapan RTRW. Luasan itu tersebar di Sumatera 710,230 ha, Jawa dan Bali 1.735.222 ha, Kalimantan 58.360 ha, Sulawesi 414.250 ha, NTT dan Maluku 180.080 ha, dan Papua 26.350 ha.

Lahan pertanian merupakan sumberdaya alam yang memainkan banyak fungsi, antara lain sebagai (a) media tumbuh tanaman yang memproduksi tanaman termasuk pangan, (b) media berusahatani sehingga menciptakan peluang kerja pertanian, memerlukan input produksi sehingga menciptakan peluang bisnis dan peluang kerja penyedia input produksi pertanian, (c) pintu masuk air hujan ke dalam tanah, (d) pengurai polutan, (e) penyedia jasa lingkungan (keindahan, kenyamanan). Hal ini berimplikasi bahwa hilangnya lahan pertanian produktif karena alih fungsi secara otomatis menghilangkan fungsi-fungsi lahan pertanian tersebut. Oleh karena itu, tulisan ini juga menyajikan hasil kajian valuasi ekonomi terhadap potensi dampak atas hilangnya lahan pertanian akibat penerapan RDTR. Secara lebih khusus valuasi ekonomi ini diarahkan untuk menghitung Nilai Ekonomi Total (NET=TEV) potensi dampak yang terjadi dari alih fungsi akibat penerapan RDTR, yang terdiri dari Nilai Guna (UV) dan Nilai Non Guna (NUV).

2. Metodologi

Pendekatan penelitian ini meliputi pendekatan keruangan dan ekonomis. Penelitian ini menggunakan metode survei dengan teknik sampling. Pengumpulan data dilakukan dengan (1) dokumentasi, (2) observasi (pengamatan), (3) wawancara, dan (4) interview mendalam. Teknik analisis keruangan dan model matematika digunakan dalam analisis data. Hasil analisis data disajikan dalam wujud tabel, diagram, peta, serta uraian.

a. Menghitung potensi kehilangan nilai guna langsung akibat potensi kehilangan produksi karena potensi kehilangan lahan pertanian akibat RDTR, sbb:

   1) Menghitung potensi kehilangan produksi setara beras akibat potensi perubahan lahan pertanian ke non pertanian akibat RDTR

$$KProd = \left[\sum_{i=1}^{n} A_i \left(\sum_{j=1}^{3} Prod_j\right) + \frac{\sum_{m=1}^{n} A_m \left(\sum_{h=1}^{2} Prod_h P_h\right)}{P_{beras}}\right]$$

Kprod : Produksi yang hilang setara beras (ton/tahun)

Ai	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)
Am	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)
Prodj	:	Produksi tanaman j di lahan sawah (ton/ha/tahun)
Prodh	:	Produksi tanaman hdi lahan tegalan (ton/ha/tahun)
Ph	:	Harga komoditi tanaman h di lahan tegalan (Rp/ton)
Pberas	:	Harga beras (Rp/ton)
i	:	Nomor urut zona pertanian sawah yang berpotensi diubah penggunannya ke non pertanian, i = 1, 2, ... , n
j	:	Nomor urut komoditas tanaman dominan yang ditanam di lahan sawah, yaitu j = 1 (padi), 2 (jagung), dan 3 (kacang tanah)
m	:	Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian, i= 1, 2, 3, ..., n.
h	:	Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian,j = 1 (jagung), dan 2 (kacang tanah)

2) Menghitung potensi kehilangan nilai produksi sebagai nilai guna langsung (direct use value = DUV), sbb:

$$DUV_{KProd} = KProd\ XP_{beras}\ (Rp)$$

DUV_{Prod}	:	Nilai guna langsung berupa produksi tanaman setara beras yang hilang akibat potensi konversi akibat RDTR (Rp.)
K_{prod}	:	Produksi tanaman setara beras yang hilang akibat potensi konversi akibat RDTR (ton/ha/tahun)
P_{beras}	:	Harga beras (Rp/ton beras
Rp	:	Rupiah sebagai satuan moneter hasil evaluasi

b. Untuk menghitung besarnya kehilangan peluang nilai upah kerja sebagai nilai guna tidak langsung (IUV = indirect use value) akibat hilangnya lahan pertanian karena RDTR dilakukan melalui rumus sebagai berikut:

$$KNTKP = \left[\sum_{i=1}^{n} A_i\left(\sum_{j=1}^{3} T_j W_j\right) + \sum_{m=1}^{n} A_m\left(\sum_{h=1}^{2} T_h W_h\right)\right]$$

KNTKP	:	Kehilangan nilai upah tenaga pertanian (Rp/tahun)
Ai	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)
Am	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)
Tj	:	Tenaga pertanian yang diperlukan untuk bercocok tanaman komoditi tanaman j di lahan sawah (HOK/Tan/tahun)
Wj	:	Upah kerja per HOK untuk budidaya komoditi tanaman j di lahan sawah (Rp/HOK/tahun)
Th	:	Tenaga pertanian yang diperlukan untuk bercocok tanam komoditi tanaman j di lahan tegalan (HOK/Tan/tahun)
Wh	:	Upah kerja per HOK untuk budidaya komoditi tanaman j di lahan tegalan (Rp/HOK/tahun)
i	:	Nomor urut zona pertanian sawah yang berpotensi diubah penggunannya ke non pertanian, i = 1, 2, ... , n
j	:	Nomor urut komoditas tanaman dominan yang ditanam di lahan sawah, yaitu j = 1 (padi), 2 (jagung), dan 3 (kacang tanah)
m	:	Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian, i= 1, 2, 3, ..., n.
h	:	Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian,j = 1 (jagung), dan 2 (kacang tanah)

c. Menghitung nilai peluang kebutuhan input produksi yang hilang akibat konversi sebagai nilai guna tidak langsung (Indirect Use Value) IUV) adalah dengan rumus sebagai berikut:

$$KIProd = \left[\sum_{i=1}^{n} A_i\left(\sum_{j=1}^{3} I_j P_j\right) + \sum_{m=1}^{n} A_m\left(\sum_{h=1}^{2} I_h P_h\right)\right]$$

KIProd	:	Kehilangan nilai input produksi pertanian (Rp/tahun)
Ai	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)
Am	:	Luas sawah di masing-masing zona pertanian yang berpotensi diubah penggunaannya ke non pertanian (ha/zona)

Ij : Input produksi pertanian yang diperlukan untuk bercocok tanaman komoditi tanaman j di lahan sawah (Unit/Tan/tahun)

Pj : Harga input produksi untuk budidaya komoditi tanaman j di lahan sawah (Rp/Unit/tahun)

Ih : Input produksi pertanian yang diperlukan untuk bercocok tanaman komoditi tanaman j di lahan tegalan (HOK/Tan/tahun)

Ph : Harga input produksi untuk budidaya komoditi tanaman j di lahan tegalan (Rp/Unit/tahun)

i : Nomor urut zona pertanian sawah yang berpotensi diubah penggunannya ke non pertanian, i = 1, 2, ... , n

j : Nomor urut komoditas tanaman dominan yang ditanam di lahan sawah, yaitu j = 1 (padi), 2 (jagung), dan 3 (kacang tanah)

m : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian, i= 1, 2, 3, ..., n.

h : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian,j = 1 (jagung), dan 2 (kacang tanah)

d. Menghitung nilai jasa lingkungan yang hilang dari kawasan pertanian akibat konversi sebagai nilai guna langsung (Direct Use Value = DUV) dengan rumus sebagai berikut:

$$KJL = \left[\sum_{i=1}^{n} PopA_i \left(\sum_{j=1}^{k} \frac{WTP_j}{k}\right) + \sum_{m=1}^{n} PopA_m \left(\sum_{h=1}^{p} \frac{WTP_h}{p}\right)\right]$$

KJL : Kehilangan nilai jasa lingkungan pertanian (Rp/tahun)

PopAi : Populasi masyarakat non petani di sekitar masing-masing Zona pertanian sawah yang berpotensi dirubah penggunananya ke non pertanian (KK)

PopAm : Populasi masyarakat non petani di sekitar masing-masing Zona pertanian tegalan yang berpotensi dirubah penggunananya ke non pertanian (KK)

WTPj : WTP responden ke j di sekitar Zona lahan sawah yang berpotensi berubah (Rp/Orang/tahun)

WTPh : WTP responden ke h di sekitar Zona lahan tegalan yang berpotensi berubah (Rp/Orang/Tahun)

i : Nomor urut zona pertanian sawah yang berpotensi diubah penggunannya ke non pertanian, i = 1, 2, ... , n

j : Nomor urut komoditas tanaman dominan yang ditanam di lahan sawah, yaitu j = 1 (padi), 2 (jagung), dan 3 (kacang tanah)

m : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian, i= 1, 2, 3, ..., n.

h : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian,j = 1 (jagung), dan 2 (kacang tanah)

e. Menghitung nilai keberadaan (existence value) kawasan lahan pertanian yang hilang akibat konversi sebagai nilai non guna (NUV = Non Use Value) dengan rumus sebagai berikut:

$$KE = \left[\sum_{i=1}^{n} PopA_i \left(\sum_{j=1}^{k} \frac{WTA_j}{k}\right) + \sum_{m=1}^{n} PopA_m \left(\sum_{h=1}^{p} \frac{WTA_h}{p}\right)\right].$$

KE : Kehilangan nilai keberadaan lingkungan pertanian (Rp/tahun)

PopAi : Populasi petani di sekitar masing-masing Zona pertanian sawah yang berpotensi dirubah penggunananya ke non pertanian (KK)

PopAm : Populasi petani di sekitar masing-masing Zona pertanian tegalan yang berpotensi dirubah penggunananya ke non pertanian (KK)

WTAj : WTA responden ke j di sekitar Zona lahan sawah yang berpotensi berubah (Rp/Orang/tahun)

WTAh : WTA responden ke h di sekitar Zona lahan tegalan yang berpotensi berubah (Rp/Orang/Tahun)

i : Nomor urut zona pertanian sawah yang berpotensi diubah penggunannya ke non pertanian, i = 1, 2, ... , n

j : Nomor urut komoditas tanaman dominan yang ditanam di lahan sawah, yaitu j = 1 (padi), 2 (jagung), dan 3 (kacang tanah)

m : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian, i= 1, 2, 3, ..., n.

h : Nomor urut zona pertanian tegalan yang berpotensi diubah penggunananya ke non pertanian,j = 1 (jagung), dan 2 (kacang tanah)

Nilai ekonomi total (total economic value/TEV) merupakan penjumlahan (agregat) dari keenam nilai di atas. Data tersebut selanjutnya ditabulasikan dan digambarkan dalam diagram, serta disajikan secara spasial dalam peta untuk selanjutnya didialogikan secara ilmiah (scientiffic dialogue) dengan hasil-hasil penelitian serupa dan karakteristik bentang lahan lokasi penelitian baik dari aspek fisik dan nonfisik untuk menggambarkan kelogisan hubungan antara berbagai informasi tersebut.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Luas dan Sebaran Potensi Alih Fungsi Lahan Pertanian Akibat RDTR

3.1.1 Luas

Luas lahan pertanian yang berpotensi berubah menjadi non pertanian di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo berdasarkan hasil tumpang susun Peta Penggunaan Lahan dengan Peta Pola Ruang dalam RDTR (2011-2031) seperti ditunjukkan dalam Tabel 1. Berdasarkan Tabel 1 ini dapat diketahui beberapa fenomena, yaitu: (a) dari 14 desa di Kecamatan Gatak yang berpotensi mengalami perubahan menjadi non pertanian akibat RDTR adalahsebanyak 12 desa, kecuali Desa Klaseman dan Desa Krajan, (b) jenis peruntukan ruang dalam RDTR yang berpotensi mengubah lahan pertanian ada 4 (empat) jenis yaitu transportasi, komersial, permukiman, dan industri, (c) potensi luas perubahan lahan pertanian ke non pertanian paling tinggi terjadi di Desa seluas 15,28 ha dan paling rendah terjadi di Desa Klaseman dan Desa Krajan masing-masing sebesar 0 ha (tidak terjadi potensi perubahan), (d) luas potensi perubahan dari lahan pertanian ke non pertanian akibat RDTR (2011-2031) seluas 94,21 ha dengan rata-rata per tahunnya seluas 4,75 ha, (e) perubahan lahan pertanian menjadi rencana peruntukan ruang menurut RDTR di Kecamatan Gatak tertinggi adalah permukiman disusul oleh komersial, industri, dan terahir transportasi yaitu permukiman seluas 47,78 ha; komersial seluas 47,59 ha, industri seluas 16,39 ha, dan transportasi seluas 4,21 ha, (f) jika dibandingkan dengan luas desanya, maka luas potensi lahan pertanian yang akan berubah akibat RDTR tergolong sangat rendah, yaitu 4,75 ha per tahun untuk seluruh wilayah kecamatan atau seluas 0,34 ha per tahun untuk masing-masing desa. Angka ini tergolong sangat kecil, jika dibandingkan dengan yang terjadi di Kecamatn Depok, Mlati, dan Gamping Sleman yang mencapai angka 1.812,03 ha (Setyowargo, 2016).

Tabel 1. Potensi luas perubahan lahan pertanian ke non pertanian akibat RDTR di Kecamatan Gatak (2011-2031).

No	**Nama Desa**	**Perubahan Lahan Pertanian dalam RDTR ke:**	**Luas Perubah-an (ha)**
1	Belimbing	Zona Transportasi	4,21
		Zona Komersial	1,66
		Zona Permukiman	4,49
2	Genang	Zona Permukiman	0,59
3	Jati	Zona Permukiman	8,71
4	Kagokan	Zona Permukiman	2,28
5	Klaseman	Zona Pertanian	0
6	Krajan	Zona Pertanian	0
7	Luwang	Zona Industri	8,75
		Zona Komersial	6,53
8	Mayang	Zona Komersial	6,85
		Zona Permukiman	7,1
9	Sanggung	Zona Komersial	6,84
		Zona Permukiman	0,88
10	Sraten	Zona Permukiman	3,07
11	Tempel	Zona Komersial	4,71
		Zona Permukiman	3,44
12	Trangsan	Zona Industri	7,64
		Zona Permukiman	6,66
13	Trosem	Zona Permukiman	4,41
14	Wironanggan	Zona Permukiman	6,15
		Jumlah	**94,97**
		Rata-rata per tahun	**4,75**

Sumber: Hasil analisis data primer 2016

Dari data pada Tabel 1 di atas, diketahui bahwa luas potensi perubahan lahan pertanian ke non pertanian yang mungkin terjadi di Kecamatan Gatak dalam kurun waktu 20 tahun ke depan (2011-2031) tegolong relatif rendah. Namun demikian angka tersebut belum termasuk luasan perubahan lahan pertanian jika ada masyarakat yang secara sporadis berkeinginan mengubah lahan pertaniannya menjadi non pertanian seperti rumah tinggal, kios, toko, bengkel, gudang, minimarket, dll., seperti hasil penelitian yang dilaporkan oleh Sudirman (2010, 2011, 2012) dan Setiowati (2016).

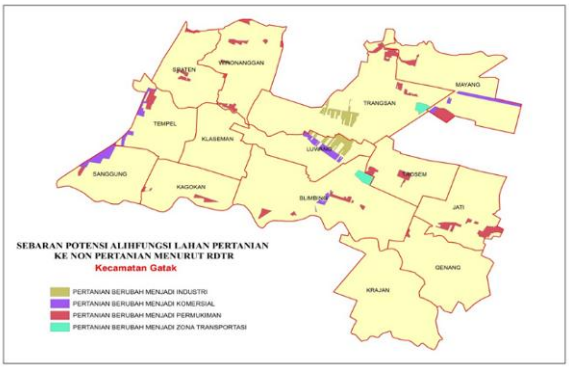
Hal menarik lain yang perlu dikemukakan adalah bahwa potensi perubahan lahan pertanian menurut RDTR tersebut tidak akan terealisasi jika tidak terdorong oleh adanya faktor-faktor yang

mendorong alih fungsi lahan meliputi: (a) faktor internal berupa keinginan pemilik lahan pertanian tersebut untuk mengubahnya menjadi berbagai jenis penggunaan non pertanian yang mereka butuhkan dan (b) faktor eksternal (faktor lingkungan) dimana lahan pertanian tersebut berada (Sudirman, 2012); Setiowati, 2016). Pengaruh dari faktor internal terhadap terjadinya perubahan lahan pertanian tersebut sangat bersifat relatif karena sangat tergantung pada keinginan pribadi-pribadi pemilik tanah pertanian, sedangkan pengaruh dari faktor lingkungan lebih bersifat umum. Faktor lingkungan yang terbukti mempengaruhi perubahan lahan pertanian ke non pertanian menurut kedua peneliti tersebut adalah (a) harga lahan, (b) pajak lahan, (c) kepadatan penduduk, (d) aksesibilitas, (e) ketersediaan fasilitas dan utilitas umum, (f) jaraknya terhadap kota dan pusat-pusat kegiatan ekonomi, dan (g) kondisi building coverage. Oleh karena itu, realisasi potensi alih fungsi lahan pertanian ke non pertanian yang didorong oleh RTRW/RDTR sangat dipengaruhi oleh kondisi faktor-faktor internal dan internal tersebut.

Harga lahan umumnya berkorelasi negatif dengan alih fungsi. Pajak lahan umumnya berkorelasi positif dengan alih fungsi lahan. Kepadatan penduduk berkorelasi positif dengan alih fungsi. Aksesibilitas umumnya berkorelasi positif terhadap alih fungsi lahan. Ketersediaan fasilitas dan utilitas umumnya berkorelasi positif dengan alih fungsi lahan. Jarak terhadap kota dan pusat-pusat kegiatan ekonomi umumnya berkorelasi negatif terhadap alih fungsi lahan pertanian. Kondisi building coverage umumnya berkorelasi positif dengan alih fungsi lahan pertanian.

3.1.2 Sebaran (Distribusi)

Distribusi atau sebaran potensi perubahan lahan pertanian akibat RDTR Kecamatan Gatak digambarkan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 ini diketahui bahwa (a) lokus lahan pertanian yang berpotensi mengalami perubahan menjadi non pertanian hampir seluruhnya berada di tepian jalan sehingga memiliki asesibilitas yang baik, (b) lokus peruntukan ruang untuk komersial umumnya berdekatan dengan pusat-pusat komersial yang ada, misalnya pasar atau pertokoan, (c) lokus peruntukan ruang untuk permukiman umumnya di bagain wilayah yang beraksesibilitas baik dan berdekatan dengan fasilitas dan utilitas umum seperti jaringan listrik dan jaringan telepon juga jaringan air minum, (d) lokus peruntukan ruang untuk industri berada di bagian wilayah desa yang agak berjauhan dengan rumah warga, dan wujud industrinya berupa industri mebel bukan industri bahan kimia atau sejenisnya, dan (e) lokus peruntukan ruang untuk zona tranportasi tergolong sangat sedikit yaitu hanya seluas 4,21 ha berada di Desa Blimbing merupakan desa di kecamaatn Gatak yang berada di Ibu Kota Kecamatan Gatak.



(2011-2031).

3.2 Valuasi Ekonomi Dampak Potensi Kehilangan Lahan Pertanian Akibat RDTR

Nilai ekonomi yang dihitung adalah Nilai Ekonomi Total (NET) potensi kehilangan lahan pertanian akibat potensi alih fungsi lahan pertanian yang akan terjadi akibat RDTR di Kecamatan Gatak (2011-2031). NET ini terdiri dari nilai guna langsung yang meliputi Nilai Produksi setara Beras, Nilai Potensi Input Produksi untuk Usahatani, Nilai SDM Pertanian, dan Nilai Jasa Lingkungan dan Nilai Guna Tidak langsung yang diukur dari Nilai Keberadaan Lahan Pertanian di Kecamatan Gatak. Berdasarkan hasil survei dan perhitungan diperoleh NET seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Estimasi NET Dampak Potensi Kehilangan Lahan Pertanian Akibat RDTR di Kecamatan Gatak (2011-2031).

No.	Jenis Nilai Ekonomi	Besar Nilai (Rp)
1	Nilai kehilangan pangan setara beras	3.143.010.000
2	Nilai Kehilangan Input Produksi	1.433.097.300
3	Nilai Kehilangan Upah SDM Pertanian	688.532.500
4	Nilai KehilanganJasa Lingkungan	8.183.600.000
5	Nilai Kehilangan Keberadaan lahan Pertanian	9.820.320.000
	Jumlah	29.465.352.300

Sumber: Hasil analisis data primer (2016).

Berdasarkan Tabel 2 di atas dapat diketahui bahwa NET dampak potensi kehilangan ahan pertanian akibat RDTR Kecamatan gatak adalah sebesar Rp. 29.465.352.300,-. Nilai Ekonomi Total tersebut disumbang oleh Nilai Keberadaan Lahan Pertanian sebagai penyumbang terbesar, disusul oleh Nilai JasaLingkungan, Nilai kehilangan pangan setara beras, nilai input produksi, dan terakhir nilai upah SDM pertanian. Dari jenis-jenis nilai tersebut nilai kehilangan pangan

setara beras, nilai input produksi, dan nilai upah SDM pertanian merpakan nilai-nilai yang menggambarkan nilai aktual dari keberadaan lahan pertanian, sedangkan nilai jasa lingkungan dan nilai keberadaan merupakan nilai-nilai potensial dari keberadaan lahan pertanian.

4. Penutup

4.1. Kesimpulan

1. Luas dan distribusi potensi kehilangan lahan pertanian akibat RDTR di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo dapat dianalisis menggunakan pendekatan spasial dengan luas 94,97 hektar yang tersebar di 12 desa dari 14 desa yang ada di Kecamatan Gatak.
2. Nilai ekonomi Total dampak potensi kehilangan lahan peranian akibat RDTR di Kecamatan Gatak Kabupaten Sukoharjo dapat dihitung menggunakan model persamaan matematika sebesar Rp. Rp. 29.465.352.300,-.

4.2. Saran

1. Analisis sapasial potensi kehilangan lahan pertanian akibat RDTR atau RTRW ini penting dilakukan sebelum Perda mengenai RTRW/RDTR tersebut ditetapkan untuk menunjukkan kepada pihak-pihak yang berkepentingan mengenai akibat yang dapat ditimbulkan oleh kesewenangan dalam penyusunan pola ruang dalam RTRW atau RDTR.
2. Valuasi ekonomi ekonomi terhadap potensi kehilangan lahan pertanian pangan akibat RTRW atau RDTR ini penting dilakukan sebelum keduanya ditetapkan sebagai Perda untuk menjadi bahan pertimbangan dampak yang dapat ditimbulkan terhaadp kehilangan lahan pertanian produktif dari perspektif ekonomi lingkungan.

5. Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Yth. Ketua STPN atas bantuan biaya pendaftaran seminar ini.

Daftar Pustaka

Setiyowargo, R., 2016, "Valuasi Ekonomi Dampak Potensi Kehilangan Lahan Pertanian Akibat Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Sleman (Studi di Kecamatan Gamping, Mlati dan Depok)", *skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Sudirman, S. 2010. Perubahan Lahan Pertanian di Pula Bali. Laporan Penenilian Unggulan Dikti. 2010.

Sudirman, S. 2011. Pemanfaatan Citra satelit Resolusi Tinggi Ikonos Untuk Mengkaji Perubahan Penggunaan Tanah Pertanian di Pinggran Kota Yogyakarta. Lporan Penelitian Hibah Bersaing. Dikti. 2011.

Sudirman, S. 2012. Valuasi Ekonomi Dampak Perubahan Lahan Pertanian ke Non Pertanain di Pinggiran Kota Yogyakarta. Laporan Penelitian Kerjasama Perguruan Tinggi dan Instansi Pemerintah.

Suharyadi. 1999. *Penginderaan Jauh untuk Studi Kota*, Bahan Ajar. Fakultas Geografi UGM. *Yogyakarta*

Suparmoko, M. dan M.R. Suparmoko. 2000. *Ekonomika Lingkungan.* BPFE. Yogyakarta

Suryantoro, A.2002. *Perubahan Penggunaan Lahan Kota Yogyakarta Tahun 1959-1996 dengan Menggunakan Foto Udara : Kajian Utama Perubahan Luas, Jenis, Frekuensi dan* kecepatan *perubahan Penggunaan Lahan serta Faktor Pengaruhnya*. PhD Thesis. Unpublished. UGM Yogyakarta

Trialog. 2000. *Urban Agriculture and Holticulture : The Linkage with Urban Planning*. Internatonal Symposium, Berlin 7-9 July 2000. Organized by TRIALOG, Humboldt University and HABITAT Cuba, Hanava.

Tsutsumi, J., 2004. *Regional Characteristics of Building Supply In A Newly Developed City In Japan.* Dela 21.495-504

UNDP. 1997. *Urban Argicuture for Food Security, Jobs and Waste Recovery*. Rund Table of Top Local Government Offical. Second International Colloqium of Mayors on Govermance for Sustainable growth and Equity. New York City, 28- 30 July 1997.

Yunus, H.S.2001. *Perubahan Pemanfaatan Lahan Di Daerah Pinggiran Kota: Kasus Di Pinggiran Kota Yogyakarta*. PhD Thesis. Unpublished. UGM Yogyakarta.

Zeeuw, H., S. Guendel, and H. Waibel.1999. The Integration of Agriculture of Urban Policy. Thematic Paper 7. *Growing Cities, Growing Food - Urban Agriculture on the policy Agenda*. Havana, Cuba, October 1999.

BIOGRAFI PENULIS

Dr. Ir. Senthot Sudirman, M.S.

Penulis lahir pada tanggal 15 Agustus 1964 di Kediri, Jawa Timur. Penulis memperoleh gelar akademik Sarjana Pertanian di UGM tahun 1986-1989, Magister Sains di UGM pada tahun 1990-1992 dan Doktor Ilmu Pertanian di UGM pada tahun 2008-2012. Penulis aktif sebagai dosen tetap di Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional sejak tahun 1993 hingga sekarang dan sebagai dosen tidak tetap di UGM sejak 2013 hingga sekarang.

Neraca Penatagunaan Tanah: Instrumen Integrasi Tata Ruang dan Pertanahan dalam Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi

Sutaryono

Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (taryo_jogja@yahoo.com)

ABSTRACT

The Balance of Land Use including balance land use changes, the balance of suitability of the use of space and availability of priority, the data and information that is needed in the area of planning and development policies. This instrument is very representative to be used as a base in the preparation of detail spatial plan dan zoning regulatian (RDTR-PZ). If this can be done then the quality control space utilization, space utilization licensing, policy formulation and control of site plan building an environment (RTBL), space utilization will be very effective, because it was based on the data and information relating to the control, ownership, use and exploitation of land as contained in the Balance of Land Use. The level of accuracy of data in the Balance of the Land Use be necessary increase in the scale of 1: 5000 with the jurisdiction of the village, to be in sync with the needs of the data input in the preparation of detail spatial plan dan zoning regulatian.

Keywords: *balance of land use, detail spatial plan, zoning regulation*

Pendahuluan

Bagian Pendahuluan mencakup latar belakang masalah, sekilas review/tinjauan mengenai penelitian relevan sebelumnya baik oleh penulis maupun orang ylain, rumusan masalah serta tujuan yang akan dicapai. Wilayah kajian, misalnya berupa peta/citra, dapat dimasukkan dalam bagian ini.

Integrasi Tata Ruang dan Pertanahan secara kelembagaan diawali oleh Peraturan Presiden Nomor 165 Tahun 2014 tentang Penataan Tugas dan Fungsi Kabinet Kerja, yang menyatakan bahwa Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional, lingkup kerjanya meliputi penyelenggaraan tugas dan fungsi di bidang tata ruang dan bidang pertanahan. Penggabungan bidang agraria dan tata ruang pada satu kementerian ini dianggap tepat, mengingat: (a) pengaturan pertanahan, agraria dan sumberdaya alam selama ini dilakukan secara sektoral, sehingga menimbulkan ketidakpastian hukum dan konflik; (b) keterbatasan kelembagaan BPN pada non kawasan hutan, menjadikan pengelolaan pertanahan, agraria dan sumberdaya alam lainnya tidak dapat menjangkau kawasan hutan; (c) amanat konstitusi (UUD 1945) dan regulasi (UUPA) tidak dapat dijalankan secara utuh oleh kelembagaan pertanahan selama ini.

Dalam perspektif *land management*, terintegrasinya *land tenure, land use, land value* dan *land development* yang didukung dengan *land information infrastructures* dan dibingkai melalui *land policy* yang tepat merupakan prasyarat terwujudnya *sustainable development* (Williamson, et al, 2010). Dalam konteks ini, terintegrasinya agraria-pertanahan dengan tata ruang adalah prakondisi menuju pembangunan berkelanjutan.

Namun demikian, hampir 2 tahun kementerian ini terbentuk, kebijakan dan bentuk integrasi kedua urusan ini belum menampakkan wujudnya. Berbagai agenda terkait integrasi yang dilakukan oleh kementerian juga belum menunjukkan wujud nyata operasionalisasi integrasi. Sutaryono (2016) menyebutkan bahwa integrasi kedua urusan ini dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen *One Map Policy*, neraca Penatagunaan Tanah, dan Konsolidasi Tanah.

Tanpa menafikan pentingnya kebijakan one map policy dan konsolidasi tanah, naskah ini bertujuan untuk mengelaborasi Neraca Penatagunaan Tanah sebagai salah satu instrumen yang dapat digunakan dalam operasionalisasi integrasi tata ruang dan pertanahan.

Neraca Penatagunaan Tanah adalah perimbangan antara ketersediaan tanah dan kebutuhan penguasaan, penggunaan dan pemanfaatan tanah menurut fungsi kawasan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW). Makna tersebut menunjukkan bahwa keberadaan neraca ini mampu menjadi elemen penting dalam penyusunan Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) ataupun Peraturan Zonasi (PZ). Penyusunan RDTR dan PZ selama ini masih belum mengakomodasi

secara khusus data dan informasi yang ada dalam neraca penatagunaan tanah. Hal ini disebabkan oleh belum tersedianya neraca penatagunaan tanah pada setiap wilayah kabupaten/kota atau belum dipahami sepenuhnya keberadaan neraca penatagunaan tanah oleh penyusun RDTR dan PZ.

Absennya input neraca penatagunaan tanah dalam RDTR dan PZ dapat dipastikan bahwa informasi yang terkandung dalam regulasi tersebut menjadi tidak optimal. Hal ini berakibat pada pemanfaatan ruang dan pengendalian pemanfaatan ruang yang kurang tepat atau bahkan mekanisme pengendalian tidak dapat dijalankan.

Metodologi

Naskah ini disusun melalui *desk study* terhadap beberapa regulasi dan beberapa pengalaman empirik berkenaan dengan kondisi kekinian berkenaan dengan upaya-upaya mengoperasionalkan integrasi tata ruang dan pertanahan. Deskriptif kualitatif digunakan untuk mengartikulasikan realitas dan gagasan pentingnya pemanfaatan Neraca Penatagunaan Tanah sebagai instrumen integrasi tata ruang dan pertanahan.

Content analysis dilakukan untuk mengkaji kondisi eksisting berkenaan dengan neraca penatagunaan tanah, operasionalisasi dan problematikanya serta peluang dimunculkannya sebagai instrument utama operasionalisasi integrasi tata ruang dan pertanahan.

Analisis terhadap kelembagaan Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional, yang mengintegrasikan urusan tata ruang dan pertanahan menjadi peluang dan titik masuk dalam pemanfaatan neraca penatagunaan tanah ini..

Hasil dan Pembahasan

A. Neraca Penatagunaan Tanah

Neraca Penatagunaan Tanah meliputi neraca perubahan penggunaan tanah, neraca kesesuaian penggunaan tanah terhadap RTRW, dan prioritas ketersediaan tanah, antara lain kesesuaian tanah untuk kegiatan tertentu. Penyusunan Neraca ini merupakan amanat Peraturan Pemerintah No. 16 Tahun 2004 tentang Penatagunaan Tanah Pasal 23 ayat (3) dan Undang-Undang No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Pasal 33 (BPN, 2013).

Neraca Penatagunaan Tanah dapat menjadi acuan dalam perencanaan kegiatan pembangunan maupun investasi yang membutuhkan tanah serta perencanaan pembangunan lainnya, termasuk dalam perencanaan dan revisi rencana tata ruang wilayah. Dalam konteks integrasi pengaturan dan penataan pertanahan terhadap pelayanan pertanahan, Neraca Penatagunaan Tanah antara lain dapat digunakan dalam rangka Pertimbangan Teknis Pertanahan dalam rangka penerbitan Izin Lokasi untuk kegiatan investasi, penetapan lokasi, maupun untuk perubahan penggunaan tanah.

Secara substansial Neraca Penatagunaan Tanah akan menghasilkan data dan informasi berkenaan dengan perubahan penggunaan tanah, kesesuaian penggunaan tanah dengan RTRW dan analisis prioritas ketersediaan tanah. Dengan demikian Neraca Penatagunaan Tanah ini mempunyai *out come* berupa:

1. Peta Perubahan Penggunaan Tanah Pada Fungsi Kawasan, yang memberikan informasi berkenaan dengan luas, jenis perubahan dan lokasi perubahan penggunaan tanah dalam kurun waktu tertentu;
2. Peta Kesesuaian Penggunaan Tanah Terhadap Rencana Tata Ruang Wilayah. Berisi tentang kesesuaian dan ketidaksesuaian penggunaan tanah dengan arahan fungsi kawasan dalam RTRW. Informasi ini dapat digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap RTRW maupun dalam pemberian ijin pemanfaatan ruang;
3. Peta Ketersediaan Tanah. Peta ketersediaan tanah ini pada prinsipnya merupakan hasil analisis ketersediaan tanah mengacu pada penggunaan dan penguasaan tanah. Tanah-tanah yang belum digunakan secara intensif dan belum dikuasai dengan hak atas tanah (skala besar) dikategorikan sebagai tanah-tanah yang tersedia untuk berbagai kegiatan sesuai dengan tata ruang. Sedangkan tanah-tanah yang telah digunakan secara intensif dan telah dikuasai dengan hak atas tanah (skala besar) masih dikategorikan tersedia dalam rangka penyesuaian dan optimalisasi penggunaan tanah.
4. Peta Ketersediaan Tanah untuk Kegiatan atau Komoditas Tertentu. Ketersediaan Tanah untuk Kegiatan atau Komoditas Tertentu merupakan pengembangan dari analisis ketersedian tanah. Tanah-tanah yang tersedia dianalisis lebih lanjut kesesuaiannya untuk pengembangan kegiatan atau komoditas tertentu yang dapat berkontribusi untuk pengembangan wilayah dan penyesuaian penggunaan tanah dengan tata ruang

Berdasarkan data dan informasi dalam Neraca Penatagunaan tanah sebagaimana di atas, apabila digunakan sebagai dasar dalam penyusunan RDTR maupun Peraturan Zonasi maka kualitas RDTR – PZ akan semakin baik. Bahkan operasionalisasi pemanfaatan ruang yang berpedoman pada RDTR-PZ sudah mempertimbangkan aspek penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah sebagiaman terdapat dalam Neraca Penatagunaan Tanah.

B. RDTR dan Peraturan Zonasi

Rencana Detail Tata Ruang (RDTR) dan Peraturan Zonasi (PZ) dalam konteks penyelenggaraan penataan ruang pada dasarnya berada pada level yang berbeda. RDTR merupakan instrumen pada level perencanaan tata ruang, sedangkan PZ berada pada level pengendalian pemanfaatan ruang.

Berdasarkan Peraturan Menteri PU Nomor 20/PRT/M/2011 tentang Pedoman Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi Kabupaten/Kota, disebutkan bahwa RDTR disusun untuk bagian dari wilayah kabupaten/kota yang merupakan kawasan perkotan dan/atau kawasan strategis kabupaten atau kawasan strategis kota. RDTR tersebut dilengkapi dengan Peraturan Zonasi. Dalam hal ini, secara jelas bahwa RDTR memuat juga PZ. Maka secara teknis penyusunan RDTR sekaligus juga dilakukan penyusunan PZ.

Terintegrasinya RDTR dan PZ dimaksudkan agar perencanaan dan pengendalian pemanfaatan ruang dapat lebih proporsional, mengingat selama ini belum berimbangnya agenda perencanaan tata ruang dan agenda pengendalian pemanfaatan ruang. Padahal pengendalian pemanfaatan ruang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dalam penyelenggaraan penataan ruang.

Persoalan terbesar dalam penataan ruang adalah pengendalian pemanfaatan ruang. Sebaik apapun rencana tata ruang dan program pemanfaatan ruang yang disusun, tanpa disertai dengan pengendalian pemanfaatan ruang yang tegas, konsisten dan berkelanjutan, maka tujuan penataan ruang tidak akan terwujud dengan efektif. Penyimpangan pemanfaatan ruang sebagian besar adalah karena lemahnya pengendalian pemanfaatan ruang. Oleh sebab itu, pedoman pengendalian pemanfaatan ruang merupakan bagian yang amat penting dalam penataan ruang. Pengendalian pemanfaatan ruang diselenggarakan melalui kegiatan perijinan, pengawasan, dan penertiban terhadap pemanfaatan ruang kota.

Berdasarkan UU No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, bentuk-bentuk pengendalian penyelenggaraan penataan ruang pada dasarnya meliputi empat jenis, yaitu peraturan zonasi, perizinan, pemberian insentif dan disinsentif, serta pengenaan sanksi.

1. Peraturan Zonasi, merupakan ketentuan yang mengatur tentang persyaratan pemanfaatan ruang dan ketentuan pengendaliannya dan disusun untuk setiap blok/zona peruntukan yang penetapan zonanya dalam rencana rinci tata ruang
2. Perizinan, merupakan upaya untuk memperbolehkan atau tidak memperbolehkan suatu kegiatan berlangsung pada suatu wilayah sesuai dengan tata ruang, dengan mengeluarkan penerbitan surat izin.
3. Pemberian Insentif dan Disinsentif, merupakan upaya untuk mengarahkan pembangunan dengan memberikan dorongan terhadap kegiatan yang sejalan dengan rencana tata ruang dan memberikan upaya menghambat terhadap kegiatan yang bertentangan dengan rencana tata ruang.
4. Pengenaan Sanksi, merupakan upaya untuk memberikan tindakan penertiban atas pemanfaatan ruang yang tidak sesuai dengan rencana tata ruang dan peraturan zonasi.

C. Operasionalisasi Neraca Penatagunaan Tanah dalam Penyusunan RDTR dan Peraturan Zonasi

Sebelum dipaparkan gagasan operasionalisasi Neraca Penatagunaan Tanah dalam penyusunan RDTR dan PZ, perlu dilihat dulu fungsi dan manfaata RDTR dan PZ. RDTR dan peraturan zonasi berfungsi sebagai: (a) kendali mutu pemanfaatan ruang wilayah kabupaten/kota berdasarkan RTRW; (b) acuan bagi kegiatan pemanfaatan ruang yang lebih rinci dari kegiatan pemanfaatan ruang yang diatur dalam RTRW; (c) acuan bagi kegiatan pengendalian pemanfaatan ruang; (d) acuan bagi penerbitan izin pemanfaatan ruang; dan (e) acuan dalam penyusunan RTBL.

Adapun manfaat RDTR dan peraturan zonasi adalah: (a) penentu lokasi berbagai kegiatan yang mempunyai kesamaan fungsi dan lingkungan permukiman dengan karakteristik tertentu; (b) alat operasionalisasi dalam sistem pengendalian dan pengawasan pelaksanaan pembangunan fisik kabupaten/kota yang dilaksanakan oleh Pemerintah, pemerintah daerah, swasta, dan/atau masyarakat; (c) ketentuan intensitas pemanfaatan ruang untuk setiap bagian wilayah sesuai dengan fungsinya di dalam struktur ruang kabupaten/kota secara keseluruhan; dan (d) ketentuan bagi penetapan kawasan yang diprioritaskan untuk disusun program pengembangan kawasan dan pengendalian pemanfaatan ruangnya pada tingkat BWP atau Sub BWP.

Mengingat fungsi dan manfaat di atas, maka pemanfaatan Neraca Penatagunaan Tanah menjadi sesuatu yang *urgent* dalam penyusunan RDTR dan PZ.

Salah satu data yang digunakan dalam penyusunan RDTR dan PZ adalah data penguasaan, penggunaan dan pemanfaatan lahan serta data peruntukan lahan. Dalam praktiknya data ini tidak mudah didapatkan. Untuk memnuhi kebutuhan data tersebut, Neraca Penatagunaan Tanah-lah jawabannya. Neraca Penatagunaan Tanah yang berisi data dan informasi berkenaan dengan perubahan penggunaan tanah, kesesuaiannya dengan rencana tata ruang wilayah

serta informasi ketersediaan tanah berdasarkan penguasaan dan penggunaannya, mampu memenuhi kebutuhan dan keterbatasan data dalam penyusunan RDTR dan PZ.

Pada tahapan pengolahan dan analisis data, analisis kebutuhan ruang dan analisis perubahan pemanfaatan ruang dapat menggunakan neraca perubahan dan neraca ketersediaan tanah.

Berdasarkan Tata Cara Kerja Neraca Penatagunaan Tanah (BPN, 2013), skala yang dipersyaratkan masih terlalu kecil, yakni: (1) 1 : 25.000 untuk kabupaten di Pulau Jawa, Bali, danNusa Tenggara; (2) 1: 50.000 untuk kabupaten di Pulau Sumatera, Kalimantan, Sulawesi,dan Maluku; (3) 1 : 100.000 untuk kabupaten di Pulau Papua; dan (4) 1 : 10.000 untuk kota. Padahal skala peta yang dipersyaratkan untuk penyusunan RDTR & PZ dengan tingkat ketelitian minimal 1:5000, atau mengikuti ketentuan mengenai system infromasi geografis yang dikeluarkan oleh kementarian/lembaga yang berwenang.

Berkenaan dengan hal di atas, penyusunan Neraca Penatagunaan Tanah perlu menyesuaikan dengan kebutuhan tersebut, yakni meningkatkan ketelitian peta menjadi 1:5000 dan menurunkan level wilayah kabupaten/kota dan kecamatan menjadi level desa. Bahkan apabila dimungkinkan Neraca Penatagunaan Tanah yang disusun berbasiskan bidang-bidang tanah, baik melalui kegiatan pendaftaran tanah maupun kegiatan Inventarisasi Penguasaan, Pemilikan, Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah (IP4T).

Kesimpulan dan Saran

Penyusunan RDTR dan PZ membutuhkan data-data pertanahan yang akurat dan valid. Data dan Informasi dalam Neraca Penatagunaan Tanah merupakan data pertanahan yang dapat digunakan sebagai basis dalam penyusunan RDTR dan PZ.

Tingkat ketelitian data pada Neraca Penatagunaan Tanah perlu didetailkan menjadi skala 1:5000 dengan yurisdiksi desa, agar sinkron dengan kebutuhan input data dalam penyusunan RDTR dan PZ.

Apabila hal di atas dapat dilakukan maka kendali mutu pemanfaatan ruang, perijinan pemanfaatan ruang, kebijakan penyusunan RTBL dan pengendalian pemanfaatan ruang akan sangat efektif, karena sudah mendasarkan pada data dan informasi berkenaan dengan penguasaan, pemilikan, penggunaan dan pemanfaatan tanah.

Daftar Pustaka

Badan Pertanahan Nasional, 2013. Tata Cara Kerja Penyusunan Neraca Penatagunaan Tanah. BPN. Jakarta.

Muta'ali, L. 2013. Penataan Ruang Wilayah dan Kota (Tinjauan Normatif – Teknis). Badan Penerbit Fakultas Geografi UGM. Yogyakarta.

Sutaryono, 2007. Dinamika Penataan Ruang dan Peluang Otonomi Daerah. TuguJogja Grafika. Yogyakarta.

----------, 2016, "Quovadis Integrasi Agraria dan Tata Ruang", SKH Kompas, 29 Agustus 2016.

Renyansih & Budisantoso, (tt). 'Kelembagaan Tata Ruang di Lingkungan Departemen Pekerjaan Umum sampai Departemen Kimpraswil' dalam Sejarah Panataan Ruang Indonesia. Ditjend Penataan Ruang, Kementerian PU. Jakarta.

Williamson, I. et all, 2010. *Land Administration for Sustainable Development*. Esri Press Academic. Redlands, California.

Pembuatan Peta Desa sebagai Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) Universitas Diponegoro dalam Mendukung Percepatan Pembangunan Desa

Bandi Sasmito

Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro (bandy.geo96@gmail.com)

ABSTRACT

KKN (Kuliah Kerja Nyata) is a summary of all the program content in curriculum and a learning experience that connects academic concepts are based on the reality of people's lives, especially in rural areas. KKN participants are students from various departments and faculties that one of the program is to create a map of the village (Peta Desa), they work together to make a map of the village with their respective expertise. Mapping method used is simple: integrate secondary data with existing map before in the village and the image of the portal open source by utilizing remote sensing technology, and to encourage the participation of rural communities to jointly take on primary data in the field by means of GPS navigation in the form of village boundaries and information potential others that exist in the village.

Keywords Peta Desa, Kuliah Kerja Nyata (KKN), Remote Sensing, GPS navigation

Pendahuluan

Nawacita, pembangunan nasional akan dilaksanakan berbasis desa dan daerah pinggiran dalam rangka untuk meningkatkan ketahanan bangsa (Jokowi dan Kalla, 2014). Pembangunan Desa tentunya menghadapi tantangan yang besar dengan kondisi ekonomi masyarakarat masih terbatas dan pengelolaan Sumber Daya Alam (SDA) yang masih kurang optimal. Indonesia yang luas terbentang di garis khatulistiwa memiliki 74.754 desa dan 8.430 kelurahan sebagaimana terdapat dalam Peraturan Menteri Dalam Negeri No.56/2015, menyebabkan banyak hal yang harus diperhatikan dalam pelaksanaan pembangunan desa (BIG, 2015).

Pembangunan di desa kebanyakan terjadi hanya sporadik tidak tepat sasaran serta tidak berkelanjutan, hal ini karena tidak adanya perencanaan yang matang. Dalam perencanaan pembangunan yang tepat dan berkelanjutan dibutuhkan peta, dengan adanya peta desa diharapkan pemerintah desa dan masyarakat desa dapat meng-idendifikasi secara mandiri kebutuhan pembangunan di wilayahnya dengan tepat dan merencanakan kelanjutan dari pembangunan tersebut di masa depan.

Kuliah Kerja Nyata (KKN) merupakan suatu bentuk kegiatan yang memadukan dharma pendidikan, penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dalam suatu kegiatan. KKN merupakan program perangkum semua isi kurikulum dan merupakan pengalaman belajar yang menghubungkan konsep-konsep akademis didasarkan pada realita kehidupan masyarakat terutama di wilayah desa (LPPM-UNDIP, 2016). KKN merupakan suatu bentuk pendidikan, serta memberikan pengalaman belajar kepada mahasiswa agar dapat hidup di tengah-tengah masyarakat di luar kampus, dengan secara langsung mengidentifikasi masalah-masalah pembangunan yang dihadapi. Dengan adanya KKN, mahasiswa diharapkan akan memahami posisi strategisnya sebagai agen aktif (fasilitator) yang dapat memunculkan potensi yang ada pada daerah dan masyarakatnya melalui program-program yang memiliki kapasitas dan karakter intelektual, serta mampu terlibat langsung dalam perubahan ke arah kemajuan dalam masyarakat pedesaan yang lebih baik, selain itu mahasiswa diharapkan dapat mengembangkan kemampuan diri untuk berpartisipasi dalam pembangunan masyarakat.

Peserta KKN berasal dari berbagai jurusan dan fakultas di UNDIP, salah satu program yang diajukan membuat peta desa. Mahasiswa dari Teknik Geodesi sebagai koordinator yang bertanggung jawab dalam pembuatan peta, bekerjasama dengan mahasiswa jurusan lain baik berlatar belakang teknik maupun sosial. Hasilnya identifikasi informasi-informasi desa di tampilkan secara spasial dalam peta sangat beragam informasinya. Metode pemetaan yang digunakan sederhana yaitu memadukan data sekunder dengan peta yang ada sebelumnya di desa dan citra dari portal open source dengan memanfaatkan teknologi Penginderaan Jauh serta mengajak partisipasi masyarakat desa untuk bersama-sama mengambil data primer dilapangan dengan alat GPS navigasi berupa batas desa dan informasi potensi lainya yang ada dalam desa tersebut.

Metodologi

Kegiatan KKN UNDIP diawali dengan pembekalan

baik di tingkat fakultas maupun universitas. Materi berupa bagaimana mahasiswa melakukan identifikasi masalah di desa dimana mereka ditugaskan baik secara mandiri maupun melakukan diskusi dengan pemerintah desa dan tokoh masyarakat dan bagaimana mengangkat permasalahan ini menjadi program KKN yang bertujuan pemberdayaan masyarakat (LPPM-UNDIP, 2016).

Observasi dan survey lapangan dilakukan setelah pembekalan **Gambar 1**, mahasiswa Teknik Geodesi salah satunya akan mengidentifikasi tentang peta desa apakah telah ada atau ada tetapi belum sesuai kaidah pemetaan dikarenakan biasanya ditemukan peta desa hanya berupa denah tanpa adanya skala, dan sistem koordinat yang benar. Permasalahan peta desa yang teridentifikasi akan diangkat dan diajukan sebagai salah satu program kerja KKN tim desa tersebut dan dituliskan ke dalam Laporan Rencana Kegiata (LRK) KKN. Dosen Pembimbing Lapangan (DPL) akan melakukan bimbingan dan evaluasi terhadap program yang diajukan dalam LRK apakah tepat dan sesuai dengan latar belakang keilmuan mahasiswa yang bersangkutan.



Gambar 1. Mahasiswa KKN melakukan survey lapangan dan wawancara ke tokoh Masyarakat

Setelah LRK disetujui DPL dan mahasiswa diterjunkan di lokasi KKN program akan dimulai. Pengumpulan data-data, survey lapangan, dan metode program pemetaan desa dijalankan. Data yang dipergunakan di kegiatan pembuatan peta dalam program KKN ini adalah berupa data sekunder berasal dari citra maupun peta dari portal open source seperti Ina-Geoportal, Google Map/Satelite, Bing Map dan lain-lain. Situs portal open source ini telah banyak digunakan dalam kegiatan penelitian khususnya di bidang pemetaan. Ina-Geoportal adalah layanan unduh peta digital gratis berbasis web dari Badan Informasi Geospasial (BIG) yang diluncurkan ke publik dari tahun 2013 (Santoso, 2012). Google Map/Earth adalah layanan pemetaan web yang dikembangkan oleh Google. Layanan ini memberikan citra satelit, peta jalan, dan lain-lain yang telah banyak digunakan untuk kegiatan dan penelitian secara Interactive Map (Chumak et al. 2015; Ghesquière et al. 2015; Yan et al. 2015). Data dari berbagai sumber online open source di download dan dilakukan pengolahan.

Metode pembuatan peta memanfaatkan teknologi Penginderaan Jauh untuk mengolah data sekunder dari portal online. Cropping citra, perbaikan kontras, dan rektifikasi/regsistrasi citra ke sistem koordinat geografis maupun UTM. Desain peta dan kartografi dibuat dengan memanfaatkan teknolgi Sistem Informasi Geografis (SIG).

Setelah peta desa jadi akan diserahkan ke pihak pemerintah desa/ kelurahan oleh mahasiswa KKN **Gambar 2**, sebagai hasil program mereka.



Gambar 2. Mahasiswa KKN menyerahkan hasil peta desa

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

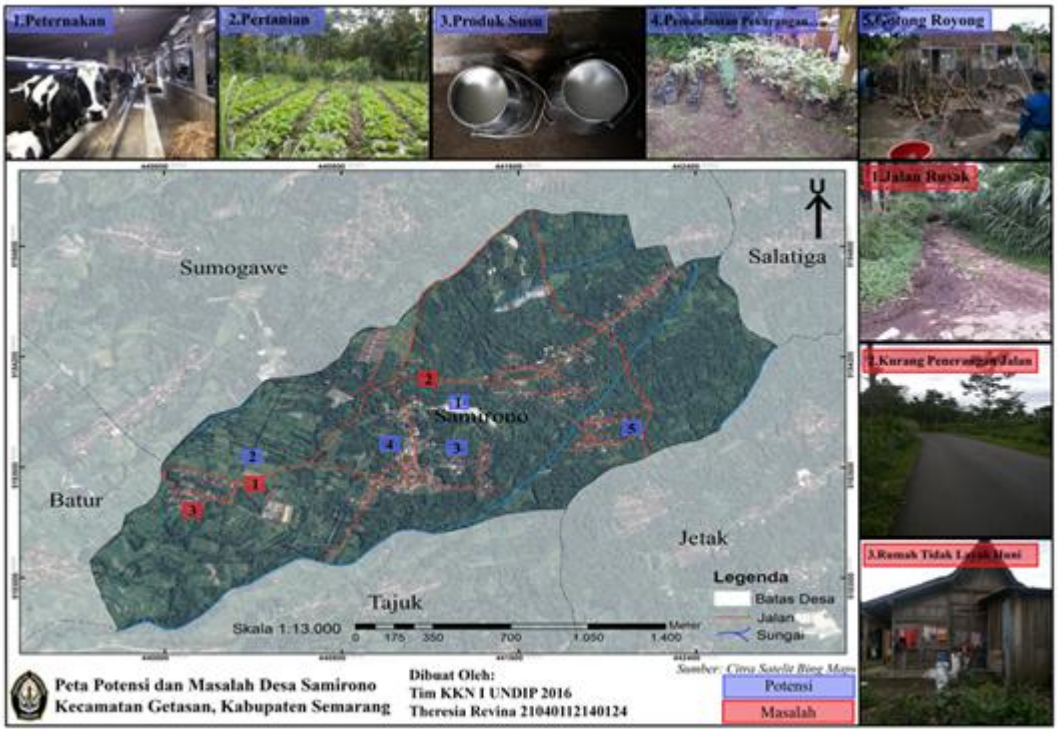
Hasil pembuatan peta desa di program KKN UNDIP beragam tema disesuaikan dengan hasil survey lapangan dan tema KKN itu sendiri yaitu pemberdayaan masyarakat. Hasil peta yang dibuat oleh mahasiswa KKN di Desa Samirono Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang dengan tema peta potensi dan masalah di desa tersebut ditunjukkan

Gambar 3. Peta tematik desa ini mahasiswa KKN menunjukkan potensi desa tersebut yang dapat dikembangkan untuk pemberdayaan masyarakat seperti peternakan sapi, pertanian, produk susu, pemanfaaatan pekarangan rumah untuk menanam sayuran serta buah buahan.

Peta Desa Samirono juga menunjukkan identifikasi potensi masalah yang memerlukan perhatian untuk dilakukan perbaikan seperti jalan rusak, jalan kurang lampu penerangan, dan beberapa rumah yang tidak layak huni. Peta desa ini dapat digunakan sebagai rujukan bagi pemerintah Desa Samirono untuk melakukan rencana pengembangan potensi desa untuk meningkatkan pendapatan penduduknya serta rencana pembangunan infrastruktur desa yang kurang layak di masa depan.

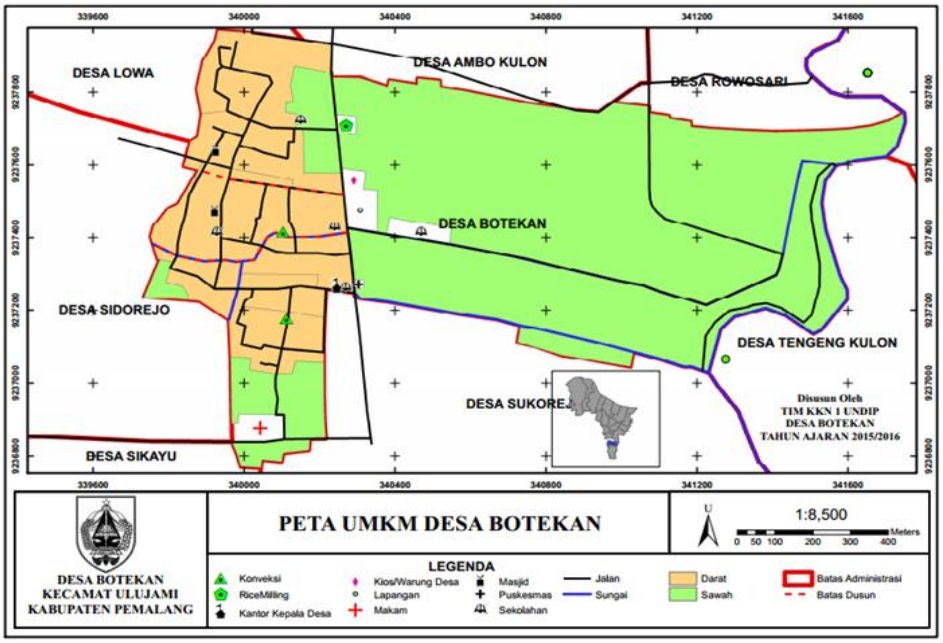
Peta pada **Gambar 3** menggunakan data dasar citra yang diunduh dari Google Map dan dilakukan registrasi sistem koordinat UTM sehingga diharapkan peta tersebut akan benar dan akurat posisinya. Proses digitasi dilakukan untuk menggambarkan objek-objek yang ada di Desa Samirono, objek seperti jalan, sungai, dan lainya.

Batas desa dilakukan *tracking* menggunakan peralatan GPS Navigasi. Posisi potensi desa dan masalah desa dilakukan survey lapangan dengan marking GPS untuk di plot ke dalam peta. Survey lapangan dilakukan dengan melibatkan secara aktif masyarakat desa terutama pada batas wilayah desa. GPS navigasi sekarang tidak hanya tersedia pada alat handheld khusus akan tetapi juga tersedia dalam integrasi fitur telelphon genggam/ *handphone*, atau lebih populer dengan sebutan *smartphone* (Bauer 2013; Hwang and Yu 2012; Paek, Kim, and Govindan 2010).



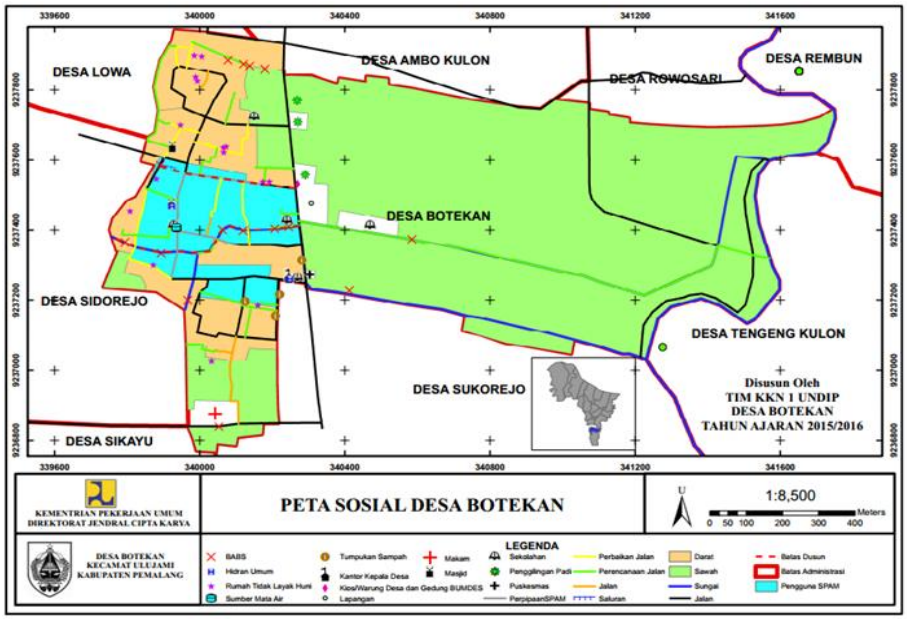
Gambar 3. Peta Tematik Potensi dan Masalah Desa Samirono hasil program KKN

Berikutnya adalah hasil peta di Desa Botekan Kecamatan Ulujami Kabupaten Pemalang, peta ini menggunakan data dasar peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25000 dari Ina-Geoportal. Peta desa yang dihasilkan adalah peta tematik tentang sebaran Usaha Mikro Kecil dan Menengah (UMKM) **Gambar 4.** Desa Botekan mempunyai potensi UMKM Konveksi pakaian yang menjadi salah satu kegiatan dan sumber penghasilan warga desa. Serta lokasi infrastruktur lainya digambarkan dalam peta ini. Batas-batas desa tergambar jelas sebagai wilayah administratif yang berbatasan dengan wilayah desa lain. Pengelolaan objek-objek yang berada atau melewati beberapa wilayah desa dapat dikoordinasikan dengan desa lain disekitarnya.



Gambar 4. Peta Tematik sebaran UMKM Desa Botekan hasil program KKN

Peta potensi sosial Desa Botekan **Gambar 5**, menunjukkan sebaran lokasi infrastruktur desa, dimana kegiatan ini adalah hasil kerjasama P2KKN UNDIP dengan Kementerian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat (PUPR).



Gambar 5. Peta Tematik potensi sosial Desa Botekan hasil program KKN

Kesimpulan dan Saran

Hasil pemetaan wilayah desa yang telah dilakukan dalam sinergi dengan program-program KKN UNDIP menghasilkan berbagai tematik. Peta desa selain menampilkan bentuk wilayah desa juga berisi potensi wilayah tersebut. Potensi di tiap desa berbeda-beda sehingga pihak pemerintah desa dapat mengenali kearifan lokal dari desa mereka. Dengan mengajak pihak desa baik pemerintah desa maupun masyarakat desa berpartisipasi dalam pemetaan diharapkan mereka dapat secara mandiri melakukan pembaharuan peta tersebut di masa depan.

Peta desa hasil program KKN belum sangat baik dalam hal akurasi karena hanya menggunakan citra dari portal gratis Google Map serta peta skala menengah dari Ina-geoportal. Format peta serta kartografi peta desa yang tidak seragam tentu nantinya akan

menyulitkan peta-peta di tiap desa digabungkan. Pelaksanaan lokasi desa KKN ditentukan tidak merata serta mahasiswa dari Teknik Geodesi tidak selalu ada dalam setiap desa lokasi sehingga program peta desa tidak ada di setiap desa.

Akan tetapi program KKN pembuatan peta desa ini dapat dikembangkan dimasa depan dengan memberikan pembekalan mahasiswa dengan standarisasi peta desa, baik format maupun kartografinya. Kerjasama-kerjasama dengan instansi pemerintah terkait terutama yang berkepentingan dengan adanya peta desa sangat diperlukan sehingga program pemberdayaan masyarakat lewat kegiatan KKN program peta desa dapat benar-benar bagus dan dirasakan manfaatnya oleh masyarakat desa serta pemerintah dalam menjalankan kebijakan tentang desa.

Dana Desa yang dicanangkan oleh Pemerintah dalam undang-undang desa (Republik Indonesia, 2014) dapat dikelola dengan baik demi kemakmuran rakyat indonesia khususnya masyarakat di wilayah desa, sehingga kebijakan pemerataan pembangunan oleh pemerintah dapat terlaksana. Tersedianya peta desa yang baik serta benar di tiap desa/kelurahan mutlak diperlukan bagi masyarakat dan pemerintah untuk perencanaan pembangunan dengan tepat sasaran dan berkelanjutan sehingga cita-cita kemakmuran rakyat Indonesia dapat tercapai.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasi disampaikan kepada para mahasiswa peserta KKN UNDIP yang telah berpartisipasi dalam salah satu program KKN pembuatan peta desa, dan P2KKN UNDIP dan LPPM UNDIP yang mengkoordinasi kegiatan KKN serta Dosen dan Staf Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP dalam bantuan laboraturium dan koordinasi pembekalan KKN.

Daftar Pustaka

Bauer, Christine. 2013. "On the (In-) Accuracy of GPS Measures of Smartphones." In Proceedings of International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia - MoMM '13, 335–41. doi:10.1145/2536853.2536893.

BIG (Badan Informasi Geospasial) , 2015. Peta Desa untuk Percepatan Pembangunan Desa dan Kawasan Perdesaan, http://www.bakosurtanal.go.id/berita-surta/show/peta-desa-untuk-percepatan-pembangunan-desa-dan-kawasan-perdesaan-2.Diakses pada : september 2016

Chumak, Vasyl, Martin K. Obrist, Marco Moretti, and Peter Duelli. 2015. "Arthropod Diversity in Pristine vs. Managed Beech Forests in Transcarpathia (Western Ukraine)." Global Ecology and Conservation 3: 72–82. doi:10.1016/j.gecco.2014.11.001.

Ghesquière, Ombeline, Julien Walter, Romain Chesnaux, and Alain Rouleau. 2015. "Scenarios of Groundwater Chemical Evolution in a Region of the Canadian Shield Based on Multivariate Statistical Analysis." Journal of Hydrology: Regional Studies 4: 246–66. doi:10.1016/j.ejrh.2015.06.004.

Hwang, Soyoung, and Donghui Yu. 2012. "GPS Localization Improvement of Smartphones Using Built-in Sensors." International Journal of Smart Home 6 (3): 1–8.

Paek, Jeongyeup, Joongheon Kim, and Ramesh Govindan. 2010. "Energy-Efficient Rate-Adaptive GPS-Based Positioning for Smartphones." In Proceedings of the 8th International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services - MobiSys '10, 299. doi:10.1145/1814433.1814463.

Jokowi, Jusuf Kalla 2014, Jalan Perubahan untuk Indonesia yang Berdaulat, Mandiri, dan Berkepribadian, Visi Misi, dan Program Aksi, Komisi Pemilihan Umum (KPU), Mei 2014 Jakarta

LPPM-UNDIP, 2016, Pedoman Kuliah Kerja Nyata - Pembelajaran Dan Pemberdayaan Masyarakat (KKNPPM), LPPM UNDIP

Republik Indonesia, 2014, Undang-Undang No. 06 Tahun 2014 tentang Desa. Lembaran Negara RI Tahun 2014, No.7. Sekretariat Negara RI. Jakarta.

Santoso, Imam (2012), Apa beda Ina-Geoportal dengan Google Maps?, ANTARA NEWS Jumat, 27 Juli 2012, http://www.antaranews.com/berita/323981/apa-beda-ina-geoportal-dengan-google-maps, diakses pada: september 2016

Yan, Dan, Saskia E. Werners, Fulco Ludwig, and He Qing Huang. 2015. "Hydrological Response to Climate Change: The Pearl River, China under Different RCP Scenarios." Journal of Hydrology: Regional Studies 4: 228–45. doi:10.1016/j.ejrh.2015.06.006.

Teknologi dan Kapasitas Geospasial Desa untuk Ketunggalan dan Keterpaduan Perencanaan Wilayah Kabupaten

Agus Prijadi Saido

Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, UNS, Surakarta (aguspsaido@ft.uns.ac.id)

ABSTRACT

Peta tunggal baku tingkat wilayah kabupaten yang mencerminkan ketelitian dan kerincian informasi geospasial tingkat desa diperlukan untuk perencanaan terpadu wilayah kabupaten. Data dan informasi dari tingkat desa dihimpun, dikelola, diolah dan dianalisis untuk perencanaan terpadu tunggal di wilayah kabupaten. Teknologi dan kapasitas geospasial desa diamati dan diidentifikasi untuk mewujudkan kemandirian desa dalam mengenali, merekam dan memahami spasial desa wilayahnya. Seiring dengan kemajuan dan ketersediaan teknologi informasi, komputer dan komunikasi serta kebijakan-kebijakan pemerintah yang mendukung saat ini, teknologi daring dan geospasial dan perangkatnya yang sudah tersedia dan mudah diperoleh, maka kapasitas geospasial desa yang umumnya masih kurang akan bisa dikembangkan dan ditingkatkan menuju kemandirian geospasial desa. Teknologi daring umum sudah dikenali dipraktekkan, sehingga teknologi dan kapasitas geospasial sumberdaya manusia dan perangkat global posititioning systems, sistem informasi geografis dan citra satelit yang perlu ditingkatkan.

Keywords: desa, mandiri, teknologi, kapasitas, geospasial.

1. Pendahuluan

Pada dekade tahun terakhir ini, mulai tahun 2006 di wilayah negara kita terus-menerus, susul-menyusul terpapar dengan aneka bencana alam. Bencana alam ini disebabkan oleh faktor kegeologian, kerusakan lahan, perilaku penduduk maupun masyarakat yang menyalahi tata ruang, dan perubahan iklim yang ekstrim, seperti pada tahun 2016 ini, terus hujan sepanjang tahun. Pembangunan, khususnya penataan ruang direncanakan dan dirancang tanggap terhadap kondisi-kondisi ini, mengimbangi pertumbuhan penduduk dan persaingan keras, ketat dan cepat era global.

Kelengkapan, kebenaran dan kekinian data dan informasi dari tingkat satuan wilayah administrasi pemerintahan terendah, yaitu desa atau kelurahan menjadi sangat penting. Data dan informasi tingkat desa atau kelurahan ini menjadi dasar data pada tingkatan wilayah administrasi berikutnya, kecamatan, kabupaten atau kota, provinsi dan seterusnya. Permasalahan yang sering muncul pada data desa atau kelurahan yang dirangkum dan diterbitkan oleh BPS Kabupaten atau kota adalah ketidak bakuan dan ketidak konsitenan.

Penataan ruang, perencanaan dan perancangan tata ruang perlu dan harus dilakukan dan dilaksanakan hingga tingkat detil atau rinci untuk dilaksanakan secara teliti di tingkat desa atau kelurahan.

Permasalahan umum yang diketahui berkaitan dengan perencanaan dan perancangan tata ruang adalah tidak atau belum tersedianya peta dasar yang baku dan tunggal. Peta perencanaan ruang dengan ketelitian yang diperlukan belum tersedia atau perlu dimutakhirkan. Hal-hal ini berujung pada ketidak paduan akibat ketidak tunggalan peta dasar yang digunakan. Pemerintah telah memberikan arahan *one map policy* pada tahun 2014 dan dilanjuti dengan Penetapan Peraturan Presiden Nomor 9 tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta (*one map policy*). Pemerintah, sebelumnya telah menerbitkan Undang-undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial dan Peraturan Presiden Nomor 27 tahun 2014 tentang Jaringan Informasi Geospasial Nasional (JIGN).

Pada makalah ini, pengkajian lebih diutamakan pada permasalahan *one map policy* di tingkat desa atau kelurahan, utamanya tentang teknologi dan kapasitas geospasial tingkat desa atau kelurahan. Penelaahan tidak tentang citra satelit resolusi tinggi (CSRT) yang telah tersedia di pasaran dengan teknologi dan program komputer untuk pemrosesan dan pengolahannya untuk menghasilkan peta dasar dan tematik pada skala 1 : 5 000, tetapi lebih mengutamakan perihal teknologi dan kapasitas geospasial tingkat desa atau kelurahan.

Penguasaan teknologi dan kapasitas geospasial tingkat desa atau kelurahan ini akan menjadi hal yang umum dan wajar mengingat kecenderungan kemajuan dan ketersediaan

teknologi daring dan telepon seluler yang semakin maju, mapan dan tersedia di pasaran. Survei dan pemetaan menggunakan telepon seluler dengan tingkat ketelitian yang semakin tinggi akan semakin terwujud dalam jangka waktu yang tidak lama dibandingkan dengan waktu yang akan diperlukan memetakan persil tunggal dan baku di seluruh wilayah Negara Republik Indonesia.

Hal-hal yang perlu diamati dan dikaji berkaitan dengan teknologi dan kapasitas geospasial tingkat desa atau kelurahan meliputi: data dan informasi geospasial yang berada di tingkat desa atau kelurahan, teknologi geospasial yang mungkin dan bisa diterapkan dan digunakan di tingkat desa atau kelurahan, kapasitas geospasial desa atau kelurahan untuk mengadopsi, menggunakan, memaknai dan ikut aktif berpartisipasi dari hari ke hari mengumpulkan dan mengirim sebarkan data dan informasi geospasial desa atau kelurahan kepada masyarakat dan khususnya pihak-pihak yang berkepentingan untuk perencanaan dan perancangan tata ruang kabupaten atau kota.

2. Metodologi

Pengamatan, diskusi dan pelaksanaan pekerjaan kegeospasialan partisipatif menggunakan sistem informasi geografis (SIG), teliti tingkat persil dan tingkat desa atau kelurahan di di Kabupaten Ponorogo dan Kota Probolinggo, Propvinsi Jawa Timur dari tahun 2011 hingga sekarang.

Jenis pekerjaan pemetaan rawan dan risiko bencana tingkat kabupaten dan kota, pemetaan tanah aset pemerintah kota dan pemetaan calon lahan pertanian pangan berkelanjutan (LP2B).

Badan dan dinas yang berkaitan jenis-jenis pekerjaan ini meliputi: Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda), Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD), Badan Lingkungan Hidup di kabupaten atau kota, Dinas Pekerjaan Umum (DPU), Dinas Pendapatan Pengelolaan Keuangan dan Aset Kota (DPPKA), Dinas Pertanian (Diperta), serta Satuan Perangkat Kerja Daerah (SKPD) lainnya yang diundang dan disertakan dalam diskusi-diskusi pekerjaan-pekerjaan tersebut.

Kajian undang-undang, peraturaan-peraturan tingkat pusat dan daerah kabupaten atau kota yang berhubungan pokok langsung dengan pekerjaan-pekerjaan di atas.

Kajian potensi teknologi telematika dan geospasial untuk saat ini dan jangka pendek yang mungkin tersedia di pasaran untuk diadopsi, diterapkan dan digunakan pada tingkat desa atau kelurahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Merujuk ke UU Informasi Geospasial tahun 2011, pada pada Pasal 1, ayat 1-7, informasi geospasial (IG) dasar (IGD) dan tematik (IGT) adalah data geospasial (DG) yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam pemodelan – perencanaan, perancangan dan pengambilan keputusan pada kegiatan-kegiatan yang berkaitan dengan aspek-aspek geospasial dalam sistem koordinat dan tingkat ketelitian – skala tertentu. Dengan demikian, teknologi geospasial adalah semua teknologi perangkat dan piranti yang berkaitan dengan kegeospasilan dan berbasis daring dan telematika.

Kapasitas geospasial, umum dikaitkan dengan pengembangan kapasitas sumber daya manusia (SDM) kapasitas organisasi dan kapasitas lembaga, yang selanjutnya juga kapasitas infrastruktur geospasial. JIGN seperti dimaksud dalam Peraturan Presiden nomor 27 tahun 2014 pasal 1, 2, 3 diselenggarakan berbasis sarana jaringan informasi dan komunikasi dan sebagai sarana berbagi pakai dan penyebarluasan IG di tingkat pusat maupun daerah.

Permasalahan pokok dan mendasar di tingkat daerah adalah infrastruktur geospasial tidak atau belum sepenuhnya dipahami dan dimaknai sebagai salah satu infrastruktur daerah. Pengembangan kapasitas geospasial SDM harus disertai dengan pengembangan kapasitas organisasi dan kelembagaan. Dukungan kebijakan kepemimpinan yang kuat dan berkelanjutan sangat menentukan perkembangan dan kemajuan kapasitas geospasial.

3.1 Peta rupabumi Bakosurtanal sebagai IGD

Peta rupabumi (RBI) dijital format ArcCoverage buatan Bakosurtanal skala 1 : 25 000 digunakan sebagai peta dasar dalam pemetaan rawan dan risiko bencana di Kabubaten Ponorogo dan Kota Probolinggo. Peta ini umumnya sudah dikenali pada tingkatan SKPD, tetapi tidak pada tingkatan desa atau kelurahan.

Pada pemetaan peta rawan dan risiko bencana di wilayah kota Probolinggo lapis data spasial dasar wilayah administrasi, transportasi dan drainase/sungai disunting dan disempurnakan atribut-atributnya dan didijit batas wilayah RT dan RW dengan mendiskusikannya dengan kelurahan dan SKPD terkait. Karena ketiadaan peta dasar yang lebih teliti, maka peta rupabumi skala 1 : 25 000 yang telah disempurnakan ini selanjutnya digunakan pula sebagai peta dasar

pada pekerjaan pemetaan dalam rangka inventarisasi tanah aset pemerintah dan pemetaan petak sawah calon LP2B.

Luasan wilayah desa atau kelurahan pada peta ini sering tidak sama dengan data BPS, meskipun BPS merujuk peta RBI yang sama dalam penjelasannya.

3.2 Peta tematik di desa atau kelurahan

Beberapa peta tematik telah ada di tingkat desa atau kelurahan, yaitu peta cetak pajak bumi dan bangunan (PBB), peta cetak peta persil berupa sket yang menunjukkan lokasi dan status persil dan peta sket jaringan drainase dan sumber daya air.

Persoalan utama pada peta-peta ini adalah kurang atau jarang dimanfaatkan karena ketidak pahaman dan ketiadaan SDM yang memahami peta-peta ini.

3.3 Peta tanah aset pemerintah kota Probolinggo

Bidang Aset DPPKA Kota Probolinggo pada tahun 2012 memulai pemetaan inventarisasi tanah aset pemerintah kota Probolinggo. Tujuan utama pada pemetaan ini adalah mengetahui dengan mudah lokasi tanah aset pada peta menggunakan SIG maupun penelusuran ke lapangan menggunakan global positioning system (GPS).

Pemetaan dilaksanakan secara partisipatif melibatkan kelurahan. Peta kerja untuk survei dan pemetaan tanah aset dibuat berdasarkan sket persil tingkat kelurahan, identifikasi citra satelit dari Google Earth dan penggalian pengetahuan dan informasi dari staf Bidang Aset DPPKA Kota Probolinggo. Dijitasi persil peta kerja juga disertai centroid masing-masing persil untuk verifikasi dan validasi lokasi.

Survei lapangan bersama-sama antara Bidang Aset DPPKA Kota Probolinggo bertujuan untuk verifikasi dan validasi lokasi, bentuk dan ukuran serta melengkapi atribut tanah aset.

Kemauan Bidang Aset DPPKA Kota Probolinggo sangat kuat untuk memadukan inventarisasi aset dengan data persil PBB DPPKA Kota Probolinggo. Pemaduan meliputi pemaduan nomor induk tanah aset dengan nomor obyek pajak PBB.

Peta PBB yang diperoleh dari hibah Kementerian Keuangan sudah menggunakan SIG dengan sistem koordinat UTM. Peta PBB sudah terstruktur, tetapi terrdapat penyimpangan bentuk dan ukuran bila dibandingkan dengan peta RBI maupun citra satelit dari Google Earth. Meskipun demikian masih bisa digunakan untuk identifikasi terpadu peta Bidang Aset dengan peta PBB DPPKA Kota Probolinggo.

Belum ada SDM yang berlatar belakang pendidikan kegeospasialan di Bidang Aset dan PBB DPPKA Kota Probolinggo. Seorang staf Bidang Aset DPPKA yang berlatar belakang telematika dikembangkan pengetahuan dan kemampuannya di bidang geospasial dengan cara belajar dengan mengerjakan. Pembimbingan oleh tenaga ahli geomatika dilakukan secara teratur dengan tatap muka langsung maupun sarana komunikasi lainnya.

Keteladanan dan dukungan kuat Kepala Bidang Aset DPPKA Kota Probolinggo untuk mengembangkan pemetaan tanah aset sangat menentukan kapasitas teknologi dan kapasitas geospasial di lingkungan DPPKA Kota Probolinggo.

3.4 Peta calon LP2B kota Probolinggo

Peta calon LP2B suatu wilayah kota atau kabupaten sangatlah penting dan menentukan dalam pengalokasian penggunaan lahan dalam penataan ruang di wilayah kabupaten atau kota.

Peta calon LP2B Kota Probolinggo telah dibuat oleh Diperta Kota Probolinggo pada tahun 2013 menggunakan SIG. Peta ini menunjukkan calon LP2B hingga petak sawah tetapi belum menunjukkan rincian informasi kepemilikan dan perkiraan nilai jualnya yang sangat diperlukan untuk perencanaan pemberian insentif dan pemberian fasilitas lainnya agar tetap mempertahankan lahan pertaniannya.

Pada tahun 2015, peta calon LP2B tahun 2013 ini direvisi oleh Bappeda Kota Probolinggo dan oleh Diperta Kota Probolinggo dipetakan lanjutan menggunakan peta PBB DPPKA Kota Probolinggo.

Peta calon LP2B tahun 2015 ini mencakup 3 dari lima kecamatan di kota Probolinggo dan telah mencakup rician informasi untuk pemberian insentif dan fasilitas lainnya agar tetap mempertahankan lahan pertaniannya.

Peta calon LP2B kota Probolinggo tahun 2015 ini tetaplah belum padu dengan peta-peta perencanaan tata ruang di Bappeda Kota Probolinggo yang peta dasarnya menggunakan peta RBI buatan Bakosurtanal

Sisa satu kecamatan peta calon LP2B kota Probolinggo pada tahun 2015 sedang dikerjakan tahun ini menggunakan peta IGD kota Probolinggo skala 1 : 5 000.

3.5 Peta IGD kota Probolinggo skala 1 : 5

000

Bappeda Kota Probolinggo menyelenggarakan pembuatan peta IGD skala 1 : 5 000 menggunakan CSRT. Peta ini dikelola di Bidang Fisik dan Prasarana (Fispra) Bappeda Kota Probolinggo. Peta ini meliputi lapis-lapis data IGD seperti lapis-lapis data pada peta dijital RBI skala 1 : 25 000.

Penggunaan peta IGD Kota Probolinggo dengan skala 1 : 5 000 untuk pemetaan calon LP2B dengan tujuan agar diperoleh peta calon LP2B yang sudah tunggal dan terpadu dengan peta-peta rencana dan detil tata ruang di kota Probolinggo pada tahun 2015. Peta calon LP2B ini juga tetap dirujukkan dengan peta PBB untuk memperoleh informasi objek persil petak sawah sesuai PBB.

Bidang Fispra Bappeda Kota Probolinggo juga berperan dan bertugas sebagai penyelenggara dan pengelola jaringan informasi geospasial daerah (JIGD).

3.6 Teknologi geospasial desa

Pada setiap jenis dan tahapan pemetaan-pemetaan di sub-sub bab 3.1 hingga 3.5 di atas, setiap kelurahan di kota Probolinggo bisa memperoleh peta-peta tersebut untuk masing-masing wilayah kelurahan. Peta-peta tersebut dalam bentuk dijital format SIG dan format gambar meliputi:

32. Peta dasar peta RBI skala 1 : 25 000 yang sudah disunting dan disempurnakan,
33. Citra satelit dari Google Earth khusus yang digunakan pemetaan di wilayah kota Probolinggo,
34. Peta rawan dan risiko bencana tingkat kelurahan di kota Probolinggo berdasarkan peta dasar peta dijital RBI skala 1 : 25 000,
35. Peta tanah aset pemerintah kota Probolinggo yang sudah dipadukan dengan peta PBB,
36. Peta calon LP2B berdasarkan peta PBB,
37. Peta dasar CSRT skala 1 : 5 000,
38. CSRT kota Probolinggo,
39. Peta calon LP2B berdasarkan peta dasar CSRT skala 1 : 5 000.

Berdasarkan peta-peta yang bisa diperoleh ini, maka teknologi geospasial desa atau kelurahan meliputi teknologi:

7. Daring, komunikasi dan telematika,
8. Peta dijital IGD dan IGT wilayah kota Probolinggo menggunakan SIG,
9. Citra satelit dari Google Earth,
10. Citra satelit resolusi tinggi,
11. Peta Google Map dan Google Earth yang bisa diakses menggunakan telepon seluler,
12. Telepon seluler berbasis Android,
13. GPS,
14. Aneka media sosial.

3.7 Kapasitas geospasial desa

Kapasiatas geospasial desa sesuai teknologi geospasial di atas perlu dikuasai dan dikembangkan:

15. Kapasitas SDM pengelola dan pelaksana,
40. Kapasitas organisasi desa atau kelurahan,
41. Kapasitas kelembagaan desa atau kelurahan.

Karena kapasitas geospasial daerah umumnya juga masih dalam tarap pengembangan, maka pengembangan dan penguasaan kapasitas geospasial desa atau kelurahan dengan kabupaten atau kota dilaksanakan bersamaan terpadu menuju kemandirian geospasial di tingkat desa atau kelurahan pada wilayah kabupaten atau kota.

3.8 Pendorong dan peluang

Peraturan Presiden Nomor 9 tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta (*one map policy*) dan UU Nomor 6 tahun 2014 tentang Desa merupakan pendorong dan peluang untuk pengembangan dan penguasaan teknologi dan kapasitas geospasial desa atau kelurahan terpadu tunggal dalam kabupaten atau kota.

UU Informasi Geospasial dan Peraturan Presiden tentang JIG merupakan dasar kuat untuk mengembangkan dan mengusai teknologi dan kapasitas geospasial menuju kemandirian geospasial desa atau kelurahan terpadu tunggal dalam kabupaten atau kota.

4. Kesimpulan dan saran

Kesimpulan tentang teknologi dan kapasitas geospasial desa untuk ketunggalan dan keterpaduan perencanaan wilayah kabupaten adalah:

16. Teknologi geospasial berbasis teknologi daring, komunikasi dan telematika,
17. Teknologi ini meliputi: SIG, Google Earth, Google Map, Citra Satelit, GPS dan telepon seluler berbasis Android,
18. Kapasitas geospasial perlu dikembangkan untuk dikuasai oleh SDM, organisasi dan lembaga secara bersamaan terpadu di desa atau kelurahan terpadu tunggal kabupaten atau kota,
19. Peta IGD dan IGT berbasis CSRT dengan ketelituan skala 1 : 5 000 merupakan dasar untuk pemetaan, perencanaan dan

perancangan tata ruang terpadu dan tunggal hingga tingkat desa atau kelurahan.

Dukungan politik dan kebijakan kuat dan berkelanjutan dari legeslatif dan eksekutif sangat menentukan keberhasilan dan keberlanjutan pengembangan dan penguasaan teknologi dan kapasitas geospasial desa atau kelurahan.

Kerja sama dengan berbagai pihak juga merupakan keharusan menuju kemandirian teknologi dan kapasitas geospasial desa.

5. Terimakasih

Penulis menyampaikan terimakasih atas kesempatan, kepercayaan dan kerjasama yang diberikan kepada penulis oleh Fakultas Teknik UNS dengan Pemerintah Kota Probolinggo, Pusat Studi Bencana LPPM UNS dengan Pemerintah Kabupaten Probolinggo untuk melakukan pemetaan-pemetaan yang dikaji dalam makalah ini.

Keseluruhan pembiayaan pemetaan-pemetaan yang dikaji dalam makalah ini dibiayai oleh APBD Pemerintah Kota Probolinggo dan Pemerintah Kabupaten Ponorogo, Provinsi Jawa Timur.

Daftar Pustaka

BPBD Kabupaten Ponorogo, 2014, Analisis Risiko Bencana di Kabupaten Ponorogo Berdasarkan Data Kebencanaan dan Peta Rawan Bencana, Pemerintah Kabupaten Ponorogo, Ponorogo.

BPBD Kota Probolinggo, 2011, *Penelitian Pemetaan Daerah Rawan Bencana Kota Probolinggo Tahun Anggaran 2011*, Pemerintah Kota Probolinggo, Kota Probolinggo

BPBD Kota Probolinggo, 2015, *Penyusunan Peta Rawan Bencana Kota Probolinggo Tahun 2015*, Pemerintah Kota Probolinggo, Kota Probolinggo.

Dinas Pertanian Kota Probolinggo, 2015, *Pemetaan Calon Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan, Pemerintah Kota Probolinggo*, Kota Probolinggo.

DPPKA Kota Probolinggo, 2012, *Pemetaan Tanah Aset Kota Probolinggo Tahun 2012*, Pemerintah Kota Probolinggo, Kota Probolinggo.

DPPKA Kota Probolinggo, 2015, Pemetaan Tanah Aset Melalui GIS (Jalan) Kota Probolinggo Tahun 2015, Pemerintah Kota Probolinggo, Kota Probolinggo.

Peraturan Presiden, 2014, Nomor 27 tahun 2014 tentang *Jaringan Informasi Geospasial Nasional*, Jakarta.

Peraturan Presiden, 2016, Nomor 9 tahun 2016 tentang *Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta*, Jakarata.

Undang-undang, 2011, Nomor 4 Tahun 2011 tentang *Informasi Geospasial*, Jakarta.

Undang-undang, 2014, Nomor 6 Tahun 2014 tentang *Desa*, Jakarta.

Sistem Manajemen Alokasi Lahan (SIMAL) Sebagai Dasar Dalam Melakukan Alokasi Ruang

Dinar Dwi Anugerah Putranto[a]*, Sarino[a], Agus Lestari Yuono[a]

[a,] Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya (dwianugerah@yahoo.co.id)

ABSTRACT

Structural form of space utilization pattern is the arrangement of elements forming the hue of the natural environment, social environment, and the built environment are hierarchically and structurally related to each other to form the layout. The elements in the layout are related, then the allocation of space utilization in the spatial plan should pay attention to three elements forming the carrying capacity of the environment. In fact, in every product arrangement of space, elements of the natural environment, such as topography area, open green spaces, river systems (drainage) and protected areas of local, often the element that is most neglected, and consequently flooding problems will arise a few years later, the resulting in cost reduction and rehabilitation to be very expensive. With a population growth rate is very fast (1:12% / year, BPS, 2014), the pressure on land use changes Palembang into smaller plots led to an increase in surface runoff, and the incidence of flooding or inundation in nearly all sub-systems of the river. This was caused, simulation or analysis in the allocation of space utilization of the build is not done properly. Simal is the Land Allocation Management System, which was created to help simulate the conduct of land allocation when considering giving a building permit on a large scale. In this study, the simulation will be carried out on a sub-system of land use change Lambidaro River with an area of 65.42 km2 and simulation analysis performed by utilizing Simal puddle.

Keywords *: Spatial, SIMAL, flooding and inundation, river hydraulics.*

Pendahuluan

Perubahan Pemanfaatan lahan kota yang begitu cepat, telah merubah pola-pola pengaliran air pada wilayah sub DAS yang ada di daerah perkotaan. Dampak utama akibat perubahan pola pengaliran tersebut adalah banjir dan genangan sebagai akibat dari limpasan yang berlebihan.

Permasalahan limpasan air permukaan (*run-off*) dan genangan (*inundation*) di Kota Palembang, dipengaruhi oleh beberapa faktor, selain masalah okupasi bantaran sungai, penimbunan rawa yang tidak sesuai, pengaruh pasang-surut sungai Musi yang melintas Kota Palembang, juga disebabkan sedimentasi aliran sungai Musi dari daerah hulu dan sungai-sungai kecil lainnya yang membentuk sub DAS di Kota Palembang.

Optimasi penataan penggunaan lahan adalah salah satu kunci aktivitas yang harus dilakukan jika ingin memainkan kebijakan penting, seperti pada kasus sub DAS yang ada di Kota Palembang. Dalam analisis antara kondisi hidrotopografi, jenis penutup lahan, lama dan waktu hujan, ketinggian pasang surut, yang dimodelkan menggunakan teknik GIS, dapat mendukung pembuatan keputusan untuk manajemen DAS.

Dengan demikian pendekatan spesifik melalui teknik yang lebih bermanfaat dan akurat, perlu dilakukan. transformasi data kedalam suatu Sistem Informasi Geografis menggunakan Multicriteria Analysis dalam pengambilan keputusan (MCA/Banna dan Costa, 1990; Zimmermann dan Gutsche, 1991; Vincke, 1992; Munda, 1995; Belton dan Stuwert, 2002), dapat digunakan sebagai solusi kombinasi kebijakan dan teknis, namun juga sebagai model dalam menyajikan kondisi lingkungan DAS untuk melakukan perolehan kualitas data dan analisis yang lebih baik.

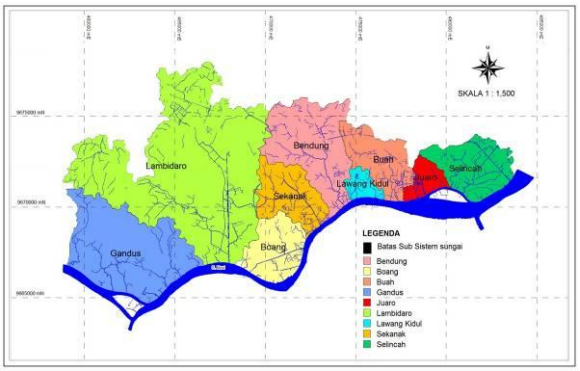
Sistem Manajemen Alokasi Lahan (SIMAL) adalah suatu sistem analisis Daerah Aliran Sungai (DAS) yang akan dikembangkan dengan memanfaatkan teknik GIS atau Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan menggunakan parameter perubahan pemanfaatan lahan, morfometri dan hydrometri DAS. Atas dasar tersebut masalahnya adalah bagaimana bentuk struktur basis data Sistim Informasi Manajemen Alokasi Lahan yang sesuai untuk dapat dijadikan dasar dalam analisis pengendalian distribusi genangan yang diaplikasikan dalam kebijakkan pemberian IMB. Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi kebutuhan data morfometri dan

hydrometric DAS serta mentransformasikan ke dalam bentuk basis data spasial beserta atributnya.

Metodologi

Lokasi Penelitian

Penelitian ini mengambil lokasi sub DAS Lambidaro (Gambar 1), yang meupakan salah satu dari 16 Sub DAS yang membentuk sistem drainase kota Palembang dan bermuara di sungai Musi, yang membelah kota Palembang. Luas wilayah penelitian adalah 65,42 Km^2.



Gambar 1. Wilayah Penelitian Sub DAS Lambidaro

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian adalah data hidrometri sungai, penampang memanjang (*l*) dan melintang sungai (*b*), kemiringan sungai (*ls*) dan luasan (A) dan kerapatan DAS (*r*). Sementara data *spot height* dan penggunaan lahan diperlukan untuk menganalisis koefisien infiltrasi (*c*) dan time konsentrasi (tc). Dan data dinamis yang selalu berubah adalah data curah hujan (*R*) yang diperlukan untuk menghitung intensitas hujan (*I*) dalam tiap sub DAS.

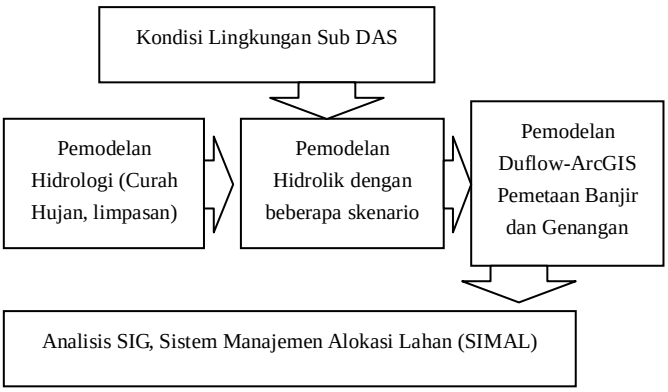
Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini, adalah dengan menggunakan pendekatan model hidrologi dan Sistem Informasi Geografis (SIG). Model hidrologi yang digunakan adalah dengan menggunakan HEC-HMS, sedangkan model hidrodinamik yang digunakan untuk menghitung besarnya limpasan yang terjadi adalah dengan Duflow yang juga akan digunakan untuk penelusuran aliran banjir pada sungai.

Analisis hidrodinamik dilakukan pada sub sistem sungai terpilih yang telah diperoleh dari hasil analisis klaster. Analisis ini memanfaatkan model aliran tidak tunak 1D (Duflow) dengan kondisi batas intensitas hujan maksimum periode ulang 25 tahunan hasil analisis hidrologi yang telah dilakukan sebelumnya serta hasil peramalan pengamatan pasang surut di muara sub sistem sungai terpilih. Tahap pertama dalam analisis hidrodinamik dengan membentuk skematisasi jaringan tata air pada sub DAS yang disesuaikan dengan hasil melalui analisis *terrain morphology* dan *terrain processing* pada ARCGIS-ARC Hydro serta kondisi lapangan, kemudian memasukkan dimensi dari bangunan air, penampang saluran, kondisi batas (pasut, hujan hasil analisis hidrologi) dan debit aliran. Setelah dilakukan perhitungan dari masing-masing segmen/ penampang akan diperoleh beberapa parameter hidrolik seperti tinggi muka air banjir, kecepatan aliran air, debit saluran dan tinggi muka air di sungai dan saluran.

Distribusi genangan yang tejadi pada sub sistem sungai diperoleh dengan mengkombinasikan hasil analisis hidrodinamik dan analisis spasial. Tinggi muka air di sungai dan saluran diinterpolasi sehingga diperoleh distribusi tinggi muka air pada sub sistem sungai terpilih. Kemudian distribusi tinggi muka air tersebut ditumpangsusunkan dengan kondisi topografi sub sistem sungai dalam bentuk DEM 5m x 5m sehingga diperoleh distribusi tinggi genangan terklasifikasi yang terjadi pada masing-masing sub sistem sungai terpilih dengan periode ulang 25 tahunan.

Dengan beberapa skenario perubahan pemanfaatan lahan kemudian dapat diketahui berapa besar efek yang terjadi (perubahan tinggi genangan) akibat perubahan pemanfaatan lahan pada sub sistem yang terpilih. Skenario ini digunakan sebagai salah satu cara untuk melihat kondisi sub sistem sungai yang selanjutnya akan mempengaruhi pola pengendalian lingkungan sungai yang akan dilakukan. Skenario pertama dengan merubah tipe pemanfaatan lahan sehingga nilai C cenderung menurun yang menjadi indikator kondisi sub sistem sungai menjadi lebih baik. Skenario kedua dengan merubah tipe pemanfaatan lahan sehingga nilai C cenderung meningkat, kondisi ini dapat menjelaskan bahwa suatu sub sistem sungai memiliki kondisi yang dianggap mulai terganggu.



Gambar 2. Diagram Alir Metode Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Korelasi antara limpasan permukaan dengan variable karakteristik morfometri

Korelasi ini dianalisis untuk menjawab permasalahan mengenai hubungan spasial antara pemanfaatan lahan dengan morfometri sub DAS dan pengaruhnya terhadap besarnya limpasan permukaan. Kuatnya hubungan antara variabel bebas (karakteristik morfometri sub DAS) dan variabel terikat limpasan (Q) tersebut, dilihat melalui nilai korelasi Pearson. Nilai korelasi berkisar antara -1,000 sampai dengan 1,000. Nilai -1.000 menunjukkan korelasi sangat kuat tetapi berarah negatif, sedangkan nilai 1,000 menunjukkan korelasi yang sangat kuat/sangat erat berarah positif.

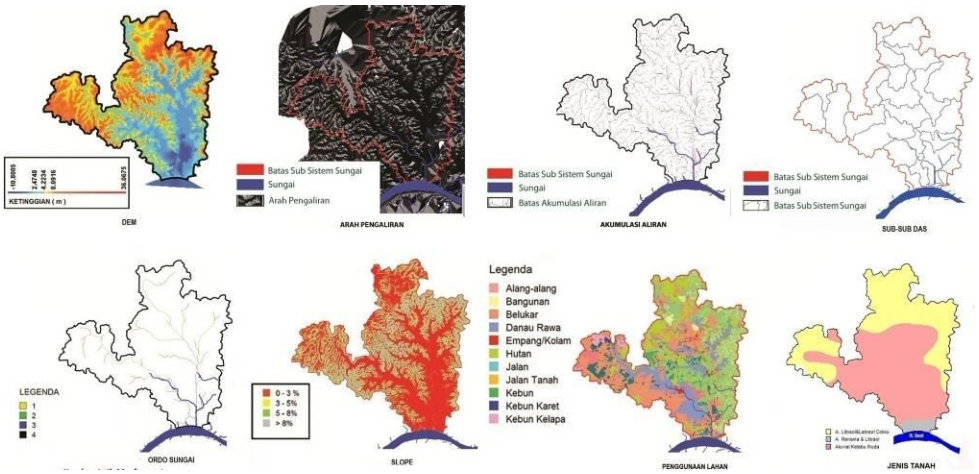
Hasil analisis (pada tingkat kepercayaan 99%) diperoleh nilai korelasi antara variabel Limpasan (Q) sangat kuat berkisar 0,849 – 0,999 dengan variabel Panjang orde sungai (X_1), Panjang sungai (X_2), Luas DAS (X_3), Keliling DAS (X_4), Rata-rata Rb (X_5), Kerapatan aliran (X_6), Tekstur rasio (X_8), angka kekasaran Rn (X_{10}).

Hal ini berarti, terdapat hubungan sangat kuat secara signifikan antara limpasan dengan panjang orde sungai, panjang sungai, luas DAS, keliling DAS, rata-rata Rb, kerapatan aliran, tekstur rasio, angka kekasaran Rn. Sedangkan nilai korelasi kuat terlihat antara limpasan dengan waktu konsentrasi Tc sebesar 0,629. Hal ini berarti pada tingkat signifikansi 5% atau tingkat kepercayaan 95%, terdapat hubungan yang kuat antara limpasan dan waktu konsentrasi (Tc). Nilai korelasi cukup kuat pada Frekuensi aliran (X_7), Relief (X_9) dan kawasan hijau (hutan, pohon, belukar, pekarangan/halaman rumah, sawah, ladang, kebun) (X_{14}). Nilai korelasi rendah antara limpasan dan variabel Koefisien aliran C (X_{12}) sebesar 0,319 dengan tingkat signifikan dan berkorelasi negatif sebesar 0,234 untuk variabel *circularity ratio* Rc (X_{13}). Korelasi antara X_7, X_9, X_{11}, X_{12}, X_{13}, dan X_{14} dengan Q tidak signifikan hal ini dilihat dari nilai signifikansi yg lebih dari 5%.

Karakteristik sub DAS Lambidaro

Genangan sering terjadi pada sub DAS Lambidaro terutama di daerah hilir dan sekitar dataran banjir, ketika musim hujan dan pasang tinggi. Sub DAS Lambidaro dengan luas 65,25 km^2 merupakan sub DAS yang memiliki karakteristik morfometri berbeda dengan sub DAS lainnya di daerah penelitian. Sub DAS Lambidaro berdasarkan pola pengalirannya terbagi menjadi dua sub DAS yaitu Sub DAS Lambidaro Kiri dan sub DAS Lambidaro Kanan yang bermuara ke sungai Musi. Karakteristik morfometri sub DAS Lambidaro terlihat pada Gambar 2. Pemanfaatan lahan di sub DAS Lambidaro di dominasi oleh belukar, pohon, ladang dan hutan berkisar 72 %, permukiman berkisar 4,74% sehingga berpotensi untuk mengalami perubahan pemanfaatan lahan, seperti untuk pembangunan permukiman. Pembangunan permukiman terutama terjadi pada sub DAS Lambidaro Kanan yang dekat dengan jalan utama/poros lingkar luar Kota Palembang (Musi dua). Pada sub DAS Lambidaro Kiri didominasi oleh belukar dan rawa. Sub DAS sungai Lambidaro memiliki ketinggian bervariasi kurang dari 10 m dpl di daerah muara sampai 36m didaerah hulu. Kemiringan lereng didominasi sebesar 0-3 dan lebih dari 8% dengan ketinggian maksimum 36 mdpl pada daerah hulu. Kondisi sungai masih alami terutama di Lambidaro Kiri, sedangkan sebagian sungai di sub DAS Lambidaro Kanan telah dinormalisasi dengan perkuatan tebing.

Dengan kondisi pemanfaatan lahan, kemiringan lereng, kerapatan aliran dan jenis tanah, maka rentang nilai koefisien limpasan pada sub DAS Lambidaro terlihat pada Gambar 3. Nilai koefisien limpasan sub DAS Lambidaro sebesar 0,66. Hal ini berarti 34% dari total curah hujan yang jatuh pada sub DAS sungai Lambidaro masih dapat terinsepsi.



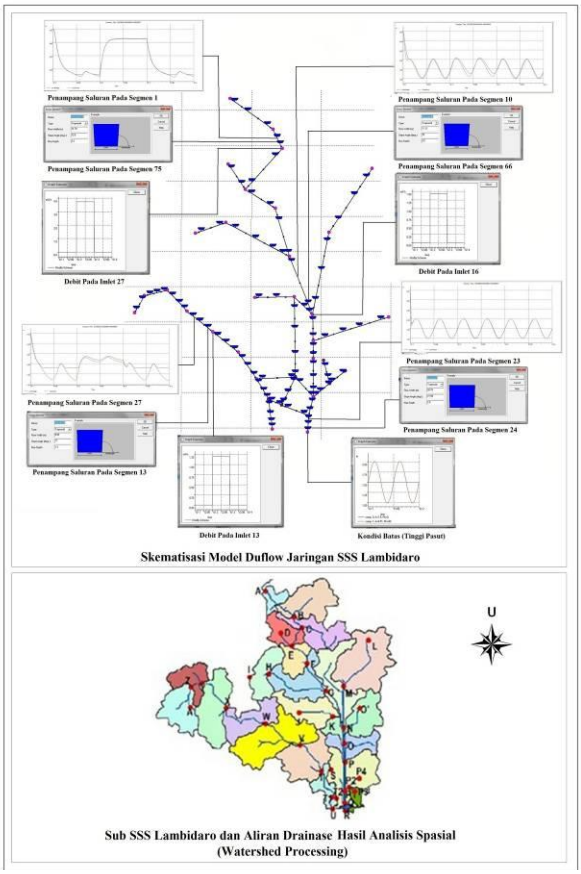
Gambar 3. Karakteristik morfometri sub DAS Lambidaro

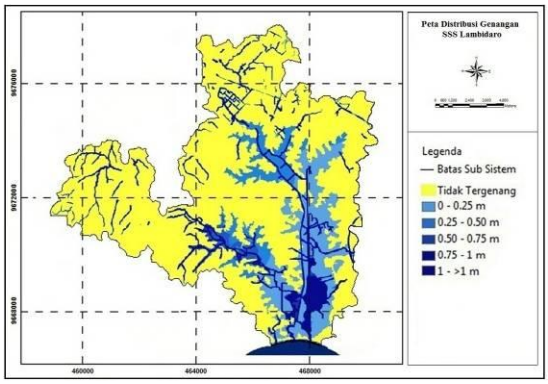
Model hidrodinamik sub DAS Lambidaro

Simulasi model Duflow-ArcGIS dilakukan pada sub DAS Lambidaro. Skematisasi jaringan tata air berdasarkan ekstraksi DEM dengan pola aliran yang menghasilkan batas sub DAS dan *drainage line* untuk menggambarkan limpasan pada bantaran banjir dibangun terlebih dahulu. (Gambar 4). Skematisasi jaringan sub DAS Lambidaro dibangun dengan memasukkan data profil melintang maupun memanjang saluran per segmen berdasarkan hasil pengukuran di lapangan. Lebar saluran berkisar 11 – 18 m. Kondisi batas untuk model Duflow terdiri dari kondisi batas di hulu seperti limpasan dari hulu sub DAS Lambidaro dan kondisi batas di hilir, seperti tinggi muka air di muara sungai Lambidaro. Parameter hidrologi curah hujan diambil dari hasil analisis distribusi curah hujan harian maksimum dengan metode Gumbell untuk periode 25 tahunan sebesar 163 mm/hari. Nilai C tertimbang masing-masing sub DAS Lambidaro dihitung dari hasil analisis spasial penggunaan lahan, kemiringan lereng, jenis tanah dan kerapatan aliran per sub DAS seperti pada Gambar 3. Tinggi muka air pada segmen-segmen tertentu jaringan drainase sub DAS Lambidaro terlihat pada Gambar 4. Hasil pemodelan hidrodinamik, kondisi eksisting dari sub DAS Lambidaro dapat didekati dengan skenario periode ulang 25 tahunan.

Ketinggian muka air pada masing-masing segmen kemudian ditransformasikan kedalam DEM sub DAS Lambidaro, kemudian diinterpolasi dengan prosedur Arc GIS untuk mendapatkan distribusi genangan yang akan terjadi dengan skenario periode ulang 25 tahunan. Hasil analisis distribusi genangan sub DAS Lambidaro diklasifikasikan menjadi enam klasifikasi, yaitu: (1) daerah yang tidak tergenang, (2) tergenang dengan ketinggian kurang dari 0,25 m, (3) ketinggian 0,25 – 0,5 m, (4) ketinggian 0,5-0,75 m, (5) ketinggian 0,75-1 m dan (6) ketinggian lebih dari 1 m. Hasil permodelan hidrodinamik menggunakan model Duflow yang dilanjutkan dengan analisis distribusi genangan yang akan terjadi dengan skenario periode ulang 25 tahunan terlihat seperti pada Gambar 5.

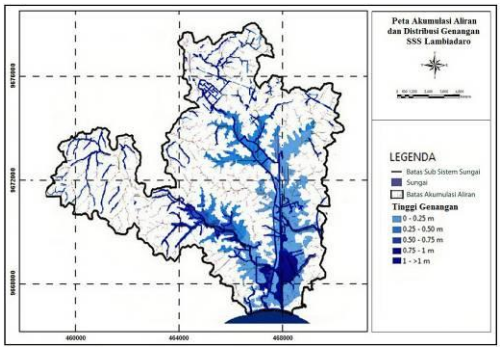
Daerah-daerah yang tergenang pada sub DAS Lambidaro merupakan daerah akumulasi aliran dan dari pengamatan lapangan merupakan daerah rendah yang memiliki kemiringan lereng 0-3% dengan jenis penggunaan lahan di dominasi rawa (Gambar 6 dan 7). Kalibrasi model ini ditunjukkan dengan kesesuian tinggi genangan yang terjadi di lapangan dengan R^2 0,869



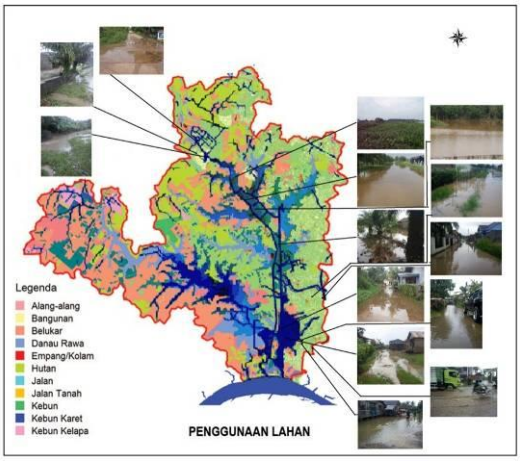


Gambar 5. Distribusi genangan akibat perubahan pemanfatan lahan pada sub DAS Lambidaro

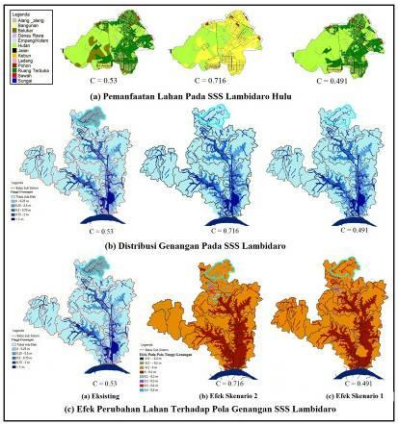
Pengaruh pasang surut pada sub DAS Lambidaro bagian hulu seluas 756.81 ha, tengah 2821,6 ha dan bagian hilir 513,23 ha. Sedangkan untuk sub DAS Lambidaro bagian kiri, daerah hulu seluas 1854,5 ha, tengah 380,5 ha dan bagian hilir 131,1 ha. Distribusi genangan ditumpangsusunkan dengan sub_DAS Lambidaro dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 6. Daerah genangan ditumpangsusunkan dengan akumulasi aliran



Gambar 7. Distribusi genangan ditumpangsusunkan dengan penggunaan lahan



Gambar 8. Distribusi genangan ditumpangsusunkan dengan sub DAS Lambidaro bagian hulu, tengah dan hilir

Skenario Perubahan Pemanfaatan Lahan

Skenario zonasi untuk melihat efek perubahan pemanfaatan lahan terhadap distribusi genangan yang akan terjadi pada sub DAS Lambidaro. Skenario perubahan pemanfaatan lahan dibuat sebanyak 5 Skenario, yaitu :

(1) Skenario pertama dengan merubah tipe pemanfaatan lahan yang masih mungkin untuk dirubah menjadi kawasan hijau (hutan kota, taman) sehingga dapat menurunkan nilai C.

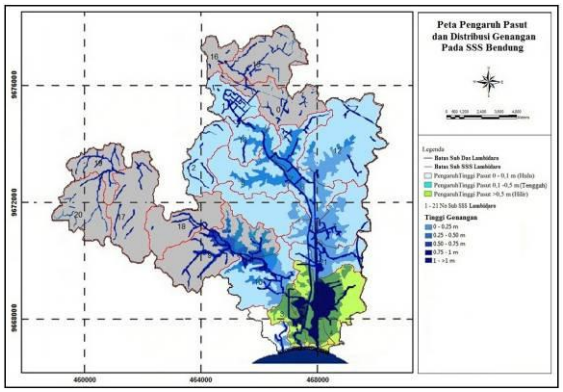
(2) Skenario kedua dengan merubah tipe pemanfaatan lahan sub DAS Lambidaro bagian kanan yang masih mungkin dirubah menjadi permukiman (melihat perkembangan kota saat ini) sehingga berakibat meningkatnya nilai C.

(3) Skenario ketiga sama dengan skenario pertama hanya dilakukan pada sub DAS Lambidaro Kiri.

(4) Skenario keempat sama dengan skenario kedua hanya dilakukan pada sub DAS Lambidaro Kiri.

(5) Skenario kelima dengan merubah pemanfaatan lahan dengan nilai C berbeda mulai dari 0,2 sampai 0,9.

Beberapa efek dari skenario perubahan pemanfaatan lahan pada sub DAS bagian hulu, tengah dan hilir dengan memperkecil dan meningkatkan nilai koefisien limpasan C per sub-sub DAS dilakukan untuk mereduksi dan meningkatkan genangan yang terjadi diperlihatkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Efek perubahan pemanfaatan lahan sub DAS Lambidaro bagian hulu

Kesimpulan

1) Kapasitas drainase Sungai Lambidaro rata-rata 14,25 m^3/det, tidak mampu mengalirkan debit air periode ulang 25 tahun sebesar 52,43 m^3/det

2) Debit banjir rencana periode ulang 25 tahun mengakibatkan genangan seluas yaitu 609.01 Ha atau sekitar 1.1% dari luas total Sub Sistem Sungai Lambidaro, Lama genangan bervariasi antara 3 jam sampai 59 jam dengan ketinggian genangan antara 0.01 m dari elevasi tebing kiri sungai +2,5 m sampai 1.80 m dari elevasi tebing kanan sungai + 1,5m

3) Efek perubahan pemanfaatan lahan pada beberapa scenario yang dibuat,

membuktikan bahwa apabila perubahan pemanfaatan lahan tidak dikendalikan dengan baik, maka luas genangan akan meluas dari daerah hilir, tengah hingga ke daerah hulu

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Kementrian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi, atas dukungan dana penelitian Hibah Unggulan Perguruan Tinggi untuk masa penelitian 2016-2018.

Demikian juga ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Sriwijaya, atas kesempatan yang diberikan kepada penulis dalam memperoleh dana hibah penelitian ini.

Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Laboratorium Survei Pemetaan, Penginderaan Jauh dan GIS dalam dukungan peralatan untuk melaksanakan pengukuran di Lapangan.

Daftar Pustaka

BanaE, Costa CA, Da Silva PA, Nunes Correia F (2004) Multicriteria Evaluation of Flood Control Measures: The Case of Ribeirado Livramento. Water Resour Manag 18 (21): 263–283

Brouwer R, van Ek R (2004) Integrated ecological, economic and social impact assessment of alternative flood control policies in the Netherlands. Ecol Econ 50 (1–2):1–21

DiLuzio M, Srinivasan R, Arnold JG, Neitsch SL (2002) Soil and water assessment tool. Arc view GIS Interface Manual: Version 2000. GSWRL Report 02-03, BRC Report 02-07. Texas Water Resources 1238 J.P. Patil, et al.

He C (2003) Integration of geographic information systems and simulation model for watershed management. Environ Model Softw 18(8–9):809–813

Malczewski J (1999) GIS and multicriteria decision analysis. Wiley, NewYork Malczewski J (2006) GIS- based multicriteria decision analysis :a survey of the literature. Int J Geogr Inf Sci 20 (7):703–726

Malczewski J, Chapman T, Flegel C, Walters D, Shrubsole D, Healy MA (2003) GIS multicriteria evaluation with ordered weight edaveraging (OWA) :case study of developing watershed management strategies. Environ Plan A 35 (10): 1769–1784

Olivera F, Valenzuela M (2002) Watershed and srteam delineation tool interface. http://cprofs.tamu.edu/folivera/GISTools/wsdt/ home.htm. Cited 26 June 2006

Sarangi A, Bhattacharya AK (1999) Small watershed runoff generation model. J Soil Water Conserv 43 (3&4):176–188

Sumi Amarina Hamim, 2012, Model Pengendalian Lingkungan sub Sistem Sungai Dalam Manajemen Sistem Drainase Kota Palembang, Disertasi, Program Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, UNSRI

Sarangi A, Bhattacharya AK (2005) Comparison of artificial neural network and regression models for sediment loss prediction from Banha watershed in India. Agric Water Manag 78:195–208

Sarangi A, Madramootoo CA, Singh DK (2004) Development of ArcGIS assisted user interfaces for estimation of watershed morphologic parameters. J Soil Water Conserv 3(3, 4):139–149

Shrestha MN (2003) Spatially distributed hydrological modelling considering land-use changes using remote sensing and GIS, Water Resources, Map Asia Conference 2003, Map Asia 2003. http://www. gisdevelopment.net

Zade M, Ray SS, Dutta S, Panigrahy S (2005) Analysis of runoff pattern for all major basins of India derivedusing remote sensing data. Curr Sci 88(8):1301–1305

Sadiki, A., Faleh, A., Navas, A., Bouhlassa, S., 2007. Assessing soil erosion and control factors by the radiometric technique in the Boussouab catchment, Eastern Rif, Morocco. CATENA 71, 13–20.

Tyagi, J., Mishra, S., Singh, R., Singh, V., 2008. Cscnbased timedistributed sediment yield model. Journal of Hydrology 352, 388– 403.

Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan di Indonesia

Eko Budi Wahyono[a], Kusmiarto[b]

[a,b,] Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
Jln. Tata Bumi No 5 Yogyakarta, Telp.(0274)587239, Fax (0274)587138,
(ebudiw65@yahoo.co.id)

ABSTRACT

Salah satu Program strategis Pemerintah di bidang Pertanahan adalah percepatan pendaftaran tanah. Dalam proses tersebut memerlukan Petugas Ukur Pertanahan dalam jumlah yang banyak, jika hanya diselesaikan oleh petugas ukur pertanahan dengan status kepegawaian Aparatur Sipil Negara akan tidak terpenuhi dalam waktu yang ditentukan. Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif diperoleh dari Studi Literatur, Peraturan Perundang – Undangan Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan khususnya Surveyor Berlisensi, laporan kinerja terkait surveyor berlisensi, wawancara dengan Surveyor Berlisensi. Hasil dari penelitian ini (1).Perlu dilakukan privatisasi pekerjaan pengukuran dan pemetaan batas bidang tanah untuk kepentingan percepatan pendaftaran tanah. (2) Perubahan Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional nomor 9 Tahun 2013, (3) Surveyor Berlisensi merupakan suatu Profesi sehingga untuk memperolehnya harus melalui pendidikan profesi, (4) Diperlukan SKKNI bidang Kadastral/Pertanahan, untuk melengkapi SKKNI bidang Informasi Geospasial yang ada.

Keywords : Pendaftaran Tanah, Petugas Ukur, Surveyor Berlisensi

Pendahuluan

Pada tahun 2017, Kementerian Agraria dan Tata Ruang / Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN) mempunyai 3 Program Strategis yaitu 1). Percepatan Pendaftaran Tanah ; 2) Reforma Agraria dan 3). Pengadaan Tanah. Ketiga program strategis tersebut memerlukan sumber daya manusia, tidak hanya kualitas melainkan juga kuantitas. Berdasarkan Berdasarkan penelitian dari Pusat Penelitian Dan Pengembangan Kementerian ATR/BPN tahun 2015 diperoleh data jumlah bidang tanah di Indonesia sebagai berikut : Jumlah bidang tanah : 90.622.503 Bidang, jumlah bidang tanah yang telah terdaftar : 35.789.766 Bidang dan jumlah bidang tanah yang belum terdaftar : 54.832.737 Bidang. Terdapat 61% bidang tanah belum terdaftar, artinya 61% bidang tanah yang ada di Indonesia belum diukur dan belum dipetakan oleh Kementerian ATR/BPN. Dari analisis yang dilakukan oleh PULITBANG Kementerian ATR/BPN, beban kerja rata-rata kemampuan PNS petugas ukur untuk mengukur bidang tanah sebagai berikut : Pendaftaran Tanah Secara sporadik dalam satu hari adalah 5 bidang tanah dan Pendaftaran Tanah Secara sistematis dalam satu hari adalah 15 bidang tanah. Jumlah petugas ukur yang tercatat di Kementerian ATR/BPN dengan status ASN/PNS adalah 2.159 orang dengan asumsi 80 % yang aktif sedangkan 20% tidak aktif dikarenakan faktor usia dan keterbatasan dalam *upgrading* kemampuan pengukuran dan pemetaan. Sehingga untuk menyelesaikan pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang belum terdaftar jika dikelakukan oleh petugas ukur PNS tanpa melibatkan pihak swasta maka waktu yang diperlukan agar seluruh bidang tanah terdaftar 100% dilaksanakan dengan cara pendaftaran tanah sporadik adalah 32 tahun dan jika dilakukan pendaftaran tanah secara sistematis diperlukan waktu 25 tahun. Maka untuk itu perlu penambahan petugas ukur dengan status kepegawaian ASN/PNS untuk menyelesaikan pengukuran dan pemetaan seluruh bidang tanah yang belum terdaftar dalam kurun waktu 5 tahun akan dibutuhkan 10.686 orang dan kurun waktu 10 tahun akan dibutuhkan 4.651 orang. Hingga tahun 2019, Kementerian Pendayagunaan Aparatur Negara dan Reformasi Birokrasi Republik Indonesia melakukan moratorium rekruitmen calon aparatur sipil negara. Termasuk petugas ukur ASN tidak boleh ada rekruitmen untuk Kementerian ATR/BPN. Maka untuk itu perlu keterlibatan swasta dalam melaksanakan tugas Kementerian ATR/BPN bidang pengukuran dan pemetaan, privatisasi petugas ukur pertanahan melalui surveyor berlisensi menjadi salah satu solusi. Berdasarkan data dari Direktorat Pengukuran dan Pemetaan Dasar Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN (Kementerian ATR/BPN) tahun 2015 jumlah Surveyor Berlisensi (SB) adalah sebanyak 151 orang, jumlah Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) adalah sebanyak 2.039 orang. Pada tanggal 19 September 2016, berdasarkan pengumuman dari Direktur Pengukuran Dan Pemetaan Dasar DIRJEN

Infrastruktu Keagrariaan Kementerian ATR/BPN No. 66/PENG/IX/2016 tentang Penetapan Peserta Lulus Ujian Tertulis Surveyor Berlisensi Tahun 2016, Surevyor Berlisensi yang lulus ujian tulis terdiri atas 145 Surveyor Pertanahan dan 388 Asisten Surveyor Peratanahan. Sehingga Jumlah Total sampai saat ini Surveyor Berlisensi : 2.723 orang yang terdiri atas 296 Surveyor Pertanahan dan 2.427 Asisten Surveyor Pertanahan. Merujuk pada hasil diskusi Lingkar Belajar Bersama Reforma Agraria (LiBBRA) STPN awal tahun 2016, jika petugas ukur ASN/PNS dan surveyor berlisensi dilibatkan semua ditambah petugas ukur pertanahan yang ASN/PNS diperlukan waktu kurang lebih 10 tahun untuk menyelesaikan pengukuran dan pemetaan bidang tanah secara pendafataran tanah sistematis sedangkan jika secara sporadik dapat lebih lama. Program strategis Reforma Agraria, seperti yang disebut dalam butir 5 Nawa Cita peningkatan kualitas hidup manusia Indonesia dapat dicapai dengan Program Indonesia Pintar, Program Indonesia Sehat dan Program Indonesia Kerja dan Indonesia Sejahtera melalui Reforma Agraria 9 Juta Ha Untuk Rakyat Tani dan Buruh Tani, Rumah susun Bersubsidi dan Jaminan Sosial. Terdapat 9 Juta Ha yang harus dilakukan pengukuran dan pemetaan untuk pendaftaran tanahnya. Dalam program ini juga memerlukan petugas ukur pertanahan. Program strategis ke tiga berupa : Pengadaan tanah, mengingat pembangunan selalu membutuhkan tanah. Maka dalam proses pengadaan tanah dengan semakin intensifnya pembangunan, pengadaan tanah perlu juga didorong untuk dipercepat. Maka kebutuhan petugas ukur pertanahan yang mendorong percepatan pengukuran dan pemetaan bidang tanah dalam rangka percepatan pengadaan tanah sangat diperlukan. Mengingat peran petugas ukur pertanahan swasta / surveyor berlisensi menjadi penting bagi Kementerian ATR/BPN. Maka untuk itu sudah selayaknya privatisasi petugas ukur pertanahan didorong lebih cepat ralisasinya.

Petugas ukur pertanahan adalah sumber daya manusia yang andal dan profesional yang mampu melakukan rekayasa teknik guna meningkatkan nilai tambah, daya saing, daya guna, efisiensi dan efektivitas anggaran, perlindungan publik, kemajuan ilmu dan teknologi, serta pencapaian kebudayaan dan peradaban bangsa yang tinggi. Maka Hasil karya Petugas Ukur Pertanahan harus dapat dipertanggungjawabkan, baik secara moril-materiil maupun di muka hukum sehingga layanan jasa di petugas ukur pertanahan memiliki kepastian hukum, memberikan pelindungan bagi petugas ukur pertanahan dan pengguna, serta dilakukan secara profesional, bertanggung jawab, dan menjunjung tinggi etika profesi. Hal tersebut merupakan tuntutan Undang – Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran.

Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif diperoleh dari Studi Literatur, Peraturan Perundang – Undangan Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan khususnya Surveyor Berlisensi, laporan kinerja terkait surveyor berlisensi, wawancara dengan Surveyor Berlisensi.

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

1. Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan Negara Lain.

Pengalaman dari beberapa negara di Eropa, Australia dan Selandia Baru serta Malaysia, pekerjaan petugas ukur di bidang pertanahan sudah dilaksanakan oleh pihak swasta. Peran pemerintah hanya membuat regulasi, mengawal regulasi dan supervisor. Bahka dibeberapa negara supervisor profesi Petugas Ukur Pertanahan dilaksanakan oleh organisasi profesi. Petugas ukur pertanahan swasta ini diberikan kewenangan oleh negara untuk melaksanakan fungsi pemerintah fungsi pemerintah di bidang pengukuran dan pemetaan untuk kepentingan kadaster atau pendaftaran tanah.

Di Eropa, petugas ukur pertanahan swasta yang menjalankan fungsi pemerintah dibidang survey disebut Geometer – Europas (GE). Geometer – Europa merupakan kegiatan professional di bidang survey dilakukan oleh sector swasta di Eropa yang dilakukan oleh individu dengan kualifikasi yang sangat tinggi secara pribadi bertanggung jawab dan akuntabel serta dibawah otoritas pemerintah. Geometer - Europa yang menggantikan fungsi pemerintah di beberapa Negara Eropa, penyebutannya disetiap negara berbeda :

France : Géomètre Expert Foncier
Austria : Ingenieurkonsulent für Vermessungswesen
Switzerland : Patentierter Ingenieur-Geometer
Germany : Öffentlich bestellter Vermessungsingenieur
Belgium : Géomètre juré
Denmark : Praktiserende Landinspektør.

Petugas Ukur Pertanahan atau Surveyor Pertanahan Di Australia dan Selandia Baru disebut dengan Surveyor Berlisensi (*Resgitered Surveyor*), bahkan diatur dalam suatu undang – undang termasuk tentang tentang kualifikasi dan pengalaman professional.

Di Malaysia Petugas ukur pertanahan atau Surveyor Pertanahan disebut dengan Juru Ukur berlesen, dengan tugas melakukan pengukuran dan pemetaan bidang tanah untuk kadaster.

Profesi Surveyor Pertanahan di beberapa Negara tersebut diatas dalam melaksanakan fungsi pemerintah dalam kegiatan pengukuran dan

pemetaan bidang kadastral merupakan pejabat publik atau pejabat umum..

Dalam melaksanakan pekerjaan survey dibeberapa Negara Eropa, Surveyor kadastral bekerja di bawah firma atau badan hukum tertentu.

Malaysia, Surveyor Berlisensi dapat bekerja dibawah firma/badan hukum tetapi juga memungkinkan bekerja secara perseorangan.

Pengalaman dari beberepa Negara, pembinaan dan pengawasan Surveyor Berlisensi dilaksanakan oleh organisasi profesi surveyor berlisensi tersebut ataupun oleh suatu Departemen Yang menangani bidang survey, pengukuran dan pemetaan di negara tersebut.

Di Negara Eropa termasuk Jerman, karena Surveyor Berlisensi termasuk suatu profesi. Maka Surveyor berlisensi bertanggung jawab atas nama dirinya sendiri selaku professional terhadap pekerjaan yang dilakukannya

Surveyor Berlisensi di Australia dalam melakukan tugasnya tunduk terhadap peraturan perundang undangan yang berlaku dan organisasi profesi yang membawahi wilayah kerja Surveyor Berlisensi yaitu Dewan Jendral Surveyor Berlisensi. Dewan Jendral Surveyor Berlisensi ini memiliki tugas 1) mendaftar ulang lisensi surveyor, 2) melakukan investigasi jika terjadi kesalahan dalam survey dan memberikan koreksinya, 3) melakukan pemantauan kinerja surveyor berlisensi dalam suatu audit berkala.

Pengalaman Surveyor Berlisensi di semenanjung Malaysia (Malaysia dan Brunei) tidak serta merta seseorang yang memiliki ijasah perguruan tinggi bisa mengikuti ujian untuk memperoleh lisensi. Ada tiga tahap yang harus dilalui : Tahap 1 : Orang berartikel, Tahap II : Juru ukur Tanah berdaftar dan Tahap terakhir baru memperoleh Juru ukur berlisensi.

Kualifikasi Surveyor Kadaster swasta atau profesi Geometer – Europa di Eropa : 1). Lulus Pendidikan akademik formal / Sarjana, 2). Mengikuti pelatihan khusus dan lanjut bidang hukum properti – real estate (Pertanahan) dan hukum administrasi selama satu atau dua tahun dan mengikuti ujian akhir untuk tujuan memperoleh gelar profesi, 3). Memiliki pengalaman praktis pada jangka waktu tertentu. Uni Eropa memiliki kewajiban mendistribusikan Geometer ini keseluruh Negara – Negara Eropa, karena di setiap Negara Eropa memiliki standart profesi dan kualifikasi yang berbeda dalam bidang survey kadastral.

Kualifikasi dan cara memperoleh lisensi sebagai Surveyor Berlisensi di Australia dan Selandia Baru adalah sebagai berikut : 1) harus sarjana dibidang ilmu spasial, geomatika atau yangsejenis dari Perguruan tinggi terkemuka, 2) Mengikuti pelatihan dan memiliki pengalaman kerja dari Surveyor Berlisensi yang telah memiliki perjanjian pelaksanaan pelatihan dengan Dewan Jendral Surveyor Berlisensi, 3) Mengikuti ujian yang dilaksanakan oleh Dewan Jendral Surveyor Berlisesni pada setiap Negara bagian, 4) Calon Surveyor berlisensi tersebut diakreditasi oleh Dewan Jendral Surveyor Berlisensi untuk mendapatkan kriteria mahir dalam praktek pengukuran bidang tanah serta berhak memperoleh lisensi untuk melaksanakan tugas sebagai Surveyor Berlisensi dibawah register Dewan Jendral Surveyor Berlisensi di setiap wilayah Negara Bagian. Pengalaman dari beberapa Negara, ternyata proses pelantikan selaku surveyor berlisensi dilaksanakan di bawah naungan organisasi profesi tidak lagi dilakukan dibawah departemen atau instansi pemerintah.

Pengalaman Negara Eropa (termasuk Jerman), Australia, Malaysia dan Brunei wilayah kerja Surveyor berlisensi adalah satu Negara bagian dan masing masing Negara bagian tersebut memiliki aturan tersendiri. Kualifikasi pendidikan juru ukur surveyor berlisensi di Malaysia, Brunei dan Singapura minimal sarjana.

Kualifikasi Surveyor Kadaster swasta atau profesi Geometer – Europa di Eropa : 1). Lulus Pendidikan akademik formal / Sarjana, 2). Mengikuti pelatihan khusus dan lanjut bidang hukum properti – real estate (Pertanahan) dan hukum administrasi selama satu atau dua tahun dan mengikuti ujian akhir untuk tujuan memperoleh gelar profesi, 3). Memiliki pengalaman praktis pada jangka waktu tertentu

2. Petugas Ukur Pertanahan di Kementerian Agraria Tata Ruang – Badan Pertanahan Nasional.

Petugas Ukur Kementerian ATR/BPN, seperti yang dimaksud dalam Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah dan Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah untuk pendaftaran tanah secara sistematik disebut Satgas Pengukuran dan pemetaan sedangkan untukPendaftaran Tanah secara Sporadik disebut Petugas Pengukuran. Disamping petugas ukur yang merupakan pegawai negeri sipil/Aparatur Sipil Negara Kantor kementerian ATR/BPN, kewenangan melakukan pengukuran dan pemetaan dilimpahkan kepada *licensed surveyor* (Dalam penjelasan Peraturan Pemerintah No. 24/1997 pasal 20 ayat 4 dan Peraturan Menteri Negara Agraria /Kepala Badan Pertanahan No. 3 Tahun 1997 pasal 77 ayat 3, 4 dan 5). Kemudian untuk lebih operasional mengenai licensed surveyor atau surveyor

berlisensi diatur oleh Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala BPN No. 2 Tahun 1998 tentang Surveyor Berlisensi dan Keputusan Keputusan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 8 Tahun 1998 Tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 2 Tahun 1998 Tentang Surveyor Berlisensi. Pada tahun 2013, kedua peraturan tentang surveyor berlisensi diganti dengan Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia No. 9 Tahun 2013 tentang Surveyor berlisensi. Dengan berlakunya peraturan – peraturan tersebut, fungsi pemerintah dalam kegiatan survey untuk kegiatan pendaftaran tanah dapat dilakukan oleh Petugas Ukur Pertanahan Swasta atau Surveyor Berlisensi, tetapi dengan kewenangan terbatas.

3. Privatisasi Petugas Ukur Pertanahan Di Indonesia.

Petugas ukur pertanahan berdasarkan status kepegawaiannya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu petugas ukur pertanahan Aparatur Sipil Negara Kementerian ATR/BPN dan Surveyor Berlisensi. Dengan berlakunya Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia No. 9 Tahun 2013 tentang Surveyor berlisensi. Maka secara tidak langsung telah terjadi privatisasi petugas ukur pertanahan. Kondisi sekarang ini, kementerian ATR/BPN mendorong peran surveyor berlisensi dalam percepatan pendaftaran tanah lebih kuat dan cepat.

3.1. Surveyor Berlisensi Dan Tugas Surveyor Berlisensi.

Dalam rangka percepatan pendaftaran tanah Kementerian ATR/BPN mengangkat Surveyor Berlisensi. Surveyor Berlisensi dalam melaksanakan tugasnya :

1. Bergabung dengan Kantor Jasa Surveyor Berlisensi (KJSB) atau ;
2. Bertindak sebagai perorangan.

Satu KJSB terdiri atas 1 (satu) Surveyor Pertanahan dan 2 (dua) Asisten Surveyor Pertanahan. Surveyor Berlisensi selaku perseorangan terdiri atas Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan. Dalam Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 1993 disebutkan bahwa **Surveyor Pertanahan** adalah Seseorang yang memiliki keahlian dibidang pengukuran dan pemetaan serta kemampuan mengorganisasi kegiatan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah dan telah mendapatkan lisensi dari BPN RI. **Asisten Surveyor Pertanahan** adalah Seseorang yang memiliki ketrampilan dibidang pengukuran dan pemetaan yang diberi kewenangan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah yang mendapat lisensi dari BPN RI. Lisensi adalah iZin yang diberikan BPN RI kepada surveyor berlisensi untuk membantu melaksanakan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah. Untuk memperoleh lisensi calon Surveyor Pertanahan dan calon Asisten Surveyor Pertanahan mengikuti ujian yang diselenggarakan oleh Kementererian Agraria Tata Ruang – Badan Pertanahan Nasional

Ruang lingkup pekerjaan Surveyor Berlisensi menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 adalah sebagai berikut :

A. **KJSB :**
   - Pengukuran dan Pemetaan PT pertama kali Sporadik maupun Sistematik.
   - Pengukuran dan Pemetaan Tematik.

B. **Perseorangan :**
   - Pengukuran dan Pemetaan PT Pertama kali Sporadik maupun Sistematik.
   - Pengukuran dan Pemetaan Tematik.
   - Pengukuran dan pemetaan Pemeliharaan Data PT.

3.2. Tata Cara Perolehan Lisensi.

. Syarat untuk mengikuti ujian Surveyor Berlisensi sebagai berikut :

A. Syarat untuk mendapatkan Lisensi Surveyor Pertanahan :
   1. WNI
   2. Mengikuti Ujian Calon SP
   3. Usia < 60 Th.
   4. Fotocopy KTP
   5. Surat Permohonan
   6. Sarjana (Strata 1) Prodi bidang Pengukuran dan Pemetaan dari PT Terakreditasi atau perorangan dengan pengalaman bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Sarjana /S1.

B. Syarat untuk mendapatkan Lisensi Asisten Surveyor Pertanahan :
   1. WNI
   2. Mengikuti Ujian Calon ASP
   3. Usia < 60 Th.
   4. Fotocopy KTP
   5. Surat Permohonan
   6. Lulusan D1 Prodi Bidang Pengukuran Dan Pemetaan PT Terakreditasi atau Sekolah Tinggi Kedinasan Yang Terakreditasi.

Dengan dipenuhinya syarat – syarat diatas Calon Surveyor Pertanahan dan Calon Asisten Surveyor Pertanahan dapat mengikuti ujian dan jika dinyatakan lulus baru mendapatkan Lisensi Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan. Dari Syarat diatas, seorang Surveyor Pertanahan dalam memperoleh Lisensinya harus memiliki kualifikasi pendidikan sarjana (S1) dan lulus ujian, tidak ada ketentuan harus mengikuti pendidikan dan pelatihan secara khusus bidang

pertanahan terlebih dahulu. Berbeda dengan Surveyor Pertanahan di negara lain seperti di Eropa, untuk memperoleh lisensi disamping syarat harus sarjana, juga diwajibkan mengikuti pendidikan dan pelatihan khusus tentang pertanahan. Di negara lain, Profesi Asisten Surveyor Pertanahan tidak dikenal. Lisensi Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan berlaku selama 5 tahun dan dapat diperpanjang sampai usia maksimal 60 tahun. Perpanjangan Lisensi dengan syarat :

1. Surat Permohonan Perpanjangan.
2. Foto copi Lisensi dan
3. Surat Pernyataan Pengalaman Pekerjaan paling sedikit 50 Bidang tanah yang dibuktikan dengan gambar ukur yang dihasilkan.

3.3. Profesionalisme Surveyor Berlisensi.

Dari pengalaman negara – negara lain terkait privatisasi petugas ukur pertanahan merupakan suatu bagian tidak terpisahkan dalam penyelenggaraan administrasi pertanahan. Maka petugas ukur pertanahan harus profesional. Sikap Profesional Petugas Ukur Pertanahan / Surveyor Berlisensi memiliki karakteristik sebagai berikut (Peter Dale, Pub. FIG 19, 1998) :

a. Menguasai ketrampilan dan keahlian tertentu yang diperoleh dari pendidikan akademik dan pelatihan.
b. Menerima pekerjaan dari masyarakat dalam hubungan klien dan pemberi pekerjaan.
c. Memiliki pandangan yang obyektif terhadap pekerjaan
d. Memiliki pelayanan yang prima dengan standar yang tinggi terhadap perilaku dan kinerjanya.

Karakteristik tersebut diatas telah dilakukan dan menjadi ciri profesionalisme petugas ukur pertanahan/surveyor berlisensi di negara negara yang telah melakukan privatisasi petugas ukur pertanahan/Surveyor Berlisensi.

Termasuk di Indonesia, maka petugas ukur pertanahan termasuk dalam hal ini Surveyor Berlisensi harus profesional. Surveyor Berlisensi di Indonesia terdiri atas Badan Hukum : KJSB dan Perseorangan : Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan. Karakteristik Profesionalisme nomor 1 Ketrampilan dan keahlian dari pendidikan akademik, Surveyor berlisensi hanya berbasiskan pendidikan akademik saja tidak melalui suatu pelatihan tertentu, berarti belum 100% terpenuhi karakteristik ini . Karakteristik No. 2 dapat menerima pekerjaan dari masyarakat secara langsung, menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 pasal 6 dan pasal 10 Surveyor Berlisensi menerima pekerjaan dari kementerian ATR/BPN tidak bisa langsung dari masyarakat, karena pembiayaan bersumber pada DIPA Kementerian. Karakteristik No. 3 yaitu memiliki pandangan obyektif terhadap pekerjaan, tentu setelah melalui pendidikan strata 1 / S1 untuk Surveyor Pertanahan dan Diploma I untuk Asisten Surveyor Pertanahan dapat memiliki pandangan obyekif terhadap pekerjaan pengukuran dan pemetaan pertanahan. Jika merujuk definisi Surveyor menurut FIG, maka Surveyor Berlisensi harus Sarjana. Padahal menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Surveyor Berlisensi terdiri atas Surveyor Pertanahan (SP) memiliki pendidikan Sarjana sedangkan Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) memeiliki pendidikan Diploma I. Maka sikap obyektifnya terhadap pekerjaan dapat berbeda. Seharusnya dalam melaksanakan pekerjaannya ASP dibawah bimbingan dan koordinasi SP. Karakteristik Profesional no. 4, layanan prima dengan standar yang tinggi terhadap perilaku dan kinerjanya dapat terukur jika telah memiliki pedoman dalam mengukur perilaku dan kinerja. Perilaku diukur menggunakan kode etik profesi. Kinerja diukur menggunakan Standar Kerja Kualifikasi Nasional Indonesia (SKKNI) bidang Pertanahan./Kadastral. Sampai saat ini kode etik Surveyor Berlisensi secara khusus belum ada tetapi kode etik Profesi Surveyor Indonesia dari Ikatan Surveyor Indonesia sudah ada. Maka untuk itu dapat mengunakan kode etik Profesi Surveyor Indonesia ini. SKKNI bidang Pertanahan/Kadastral sampai saat ini belum ada, meskipun demikian terkat dengan teknis pengukuran dan pemetaan dapat menggunakan SKKNI yang sudah ada. Perlu dibuat SKKNI bidang Pertanahan/Kadastral secara khusus, karena bidang Pertanahan/kadastral berbeda dengan profesi surveyor pada umumnya.

3.4. Surveyor Berlisensi Profesional.

Berdasakan karakteristik Profesional menurut Peter Dale, 1998 tersebut, maka beberapa hal yang dapat dilakukan utnuk menuju profesionalisme Surveyo berlisensi untuk memenuhi kriteria tersebut adalah sebagai berikut :

a. Sebelum menerima lisensi Surveyor Berlisensi disamping mengikuti ujian juga harus mengikuti pelatihan terlebih dahulu. Tidak seperti saat ini sarat memperoleh lisensi hanya mengikuti ujian tulis. Khusus untuk Surveyor Pertanahan dapat juga melalui suatu program pendidikan Profesi yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi terakreditasi atau perguruan tinggi dibawah Kementerian ATR/BPN bekerja sama dengan Kementerian ATR/BPN dan Organisasi Profesi ISI. Sehingga lulusan pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan akan mendapatkan : Sertifikat Profesi, Sertifikat Kompetensi dan Lisensi Surveyor Pertanahan.

Pelatihan dapat dimasukkan dalam kurikulum pendidikan profesi Surveyor Pertanahan.

b. Melakukan revisi Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013, khususnya pasal 6 dan 9, diubah menjadi Surveyor Berlisensi dapat menerima jasa pengukuran dan pemetaan untuk kepentingan pendaftaran tanah secara langsung seperti yang pernah tertulis dalam peraturan menteri BPN terdahulu.
c. Mengingat profesi Surveyor Berlisensi merupakan profesi yang spesifik, pertanggung jawaban hukum terhadap hasil pekerjaan sangat besar. Maka perlu ada organisasi profesi dan kode etik tersendiri.
d. Perlu dibuat Standart Kerja Kualifikasi Nasional Indonesia bidang survey kadastral/Pertanahan, dengan mengadopsi sebagaian SKKNI bidang Informasi Geospasial lainnya yang sudah ada dalam mendukung pekerjaan Surveyor Berlisensi.

Kesimpulan dan Saran

1. Kebutuhan Surveyor Berlisensi sangat tinggi untuk percepatan pendaftaran tanah maka perlu adanya privatisasi Surveyor Pertanahan.
2. Dengan adanya Privatisasi maka Surveyor Berlisensi dituntut profesional.
3. Profesionalisme Surveyor Berlisensi saat ini dapat dilakukan dengan :
   a. Melalui pendidikan profesi Surveyor Pertanahan dan pelatihan khusus untuk Surveyor Berlisensi yang bukan Sarjana.
   b. Surveyor Berlisensi dapat menerima jasa pengukuran dan pemetaan secara langsung dari masyarakat, berarti harus ada revisi Perubahan PERKABAN No. 9 Tahun 2013 pasal 6 dan pasal 9 serta ASP bekerja dibawah bimbingan SP tidak lagi bekerja secara mandiri.
   c. Perlu adanya Organisasi khusus Surveyor Berlisensi dan kode etik Surveyor Berlisensi.
   d. Perlu dibuat SKKNI bidang Kadastral/Pertanahan, untuk melengkapi SKKNI bidang Informasi Geospasial yang ada.

Daftar Pustaka

Attorney General's Chambers, 2011, *Licensed Land Surveyors Regulations 2011*, Federal Government Gazette, Malaysia.

EUROPAS, G. *Geometer Europas*. FIG 2006 Munich.

FIG 2005. *FIG Statement on the Cadastre*. OICRF, Waltersingel 1, 7314 NK Apeldoorn, THE NETHERLANDS: International Office of the Cadastre and Land Registry (OICRF).

Harsono, Budi, 2005, *Hukum Agraria Indonesia*, Penerbit Dambatan, Edisi Revisi 2005 (Cetakan kesepuluh), Jakarta.

PARAMIA, S., SUSANTO, H. & ADI, F. N. 2013. *Pemberdayaan Surveyor Berlisensi dalam Rangka Percepatan Pendaftaran Tanah*. Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia (FIT- ISI) 2013, 2013 STPN Yogyakarta. Yogyakarta.

Pekka Raitenen, -, *Definition Of A Surveyor*, FIG Publication No. 2. diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub02/figpub_2.pdf (tgl. 5 September 2016).

Peter Dale, 1998, Statement of Ethical Principles and Model Code of Professional Conduct, FIG Publication No. 17, diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub17/figpub_17.pdf (tgl. 5 September 2016).

Peter Morgan, Robert Hodgkinson, Enemark, 1999, *Quality Assurance in Surveying Education*, FIG Publication No. 19, diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub19/figpub_19.pdf (tgl. 5 September 2016).

WIDIANTO, T. *Penguatan Status Surveyor Berlisensi Menjadi Pejabat Pengukur Bidang Tanah* (*PPBT*). FIT ISI 2015, 2015 Malang.

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi.

Undang – Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang keinsinyuran

Peraturan Presiden nomor 8 tahun 2012 Kerangka Kerja Nasional Indonesia (KKNI)

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi Dan Pengelolaan Perguruan Tinggi.

Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 73 Tahun 2013 Tentang Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi.

Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014 Tentang Ijazah, Sertifikat Kompetensi, Dan Sertifikat Profesi Pendidikan Tinggi.

Peraturan Menteri Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi.

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.331/MEN/III/2013 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Jasa Profesional, Ilmiah Dan Teknis Golongan Pokok Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil; Analisis Dan Uji Teknis Gologan Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI

Sub Golongan Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI Kelompok Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI Sub Kelompok Informasi Geospasial.

Sertifikasi Profesi dan UU Keinsinyuran dalam Menghadapi MEA

Waryanta

Kepala Seksi Pemantauan dan Evaluasi Wilayah Pesisir, Direktorat Penataan WP3WT

Dirjen Penataan Agraria, Kementrian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional

(rausanul.qalbu@gmail.com)

ABSTRAK

Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) merupakan bentuk integrasi ekonomi kawasan ASEAN. Penerapan MEA akan merubah tatakelola perekonomian di negara ASEAN termasuk didalamnya berkaitan sumberdaya manusia terutama para professional. Kompetisi tenaga professional antar negara tidak mungkin lagi dihindari sehingga para professional yang berkompenten dan akuntabilitas sudah menjadi tuntutan di era MEA ini. Salah satu alat penilai untuk melihat kompenten dan akuntabilitas adalah berdasarkan sertifikasi profesi. Terlebih lagi dalam profesi keinsinyuran sebagai salah satu profesi yang akan kena dampak secara nyata di Era MEA ini. Bahkan dengan sertifikasi profesi banyak keuntungan yang diperoleh bukan sekedar dalam lingkungan MEA, tapi persaingan global.

Kata Kunci : MEA, Sertifikasi Profesi.

ABSTRACT

ASEAN Economy Community (AEC) *is a form of economic integration of the ASEAN region . Application of ASEAN Economy Community* (AEC) *will change the economic governance in ASEAN countries including the related human resources , especially the professionals . Competition of professionals between countries no longer possible to be avoided so that the professionals who berkompenten and accountability has become a claim in this ASEAN Economy Community* (AEC) *era . One assessment tool to see kompenten and accountability is based on professional certification . Moreover, in the engineering profession as a profession to be affected significantly in this ASEAN Economy Community* (AEC) *A Era . Even with professional certification are many benefits not just within the ASEAN Economy Community* (AEC) *, but global competition .*

Keywords : AEC , Professional Certification **.**

LATAR BELAKANG

MEA 2015 bukanlah senjata untuk memantik tenaga kerja Indonesia terpuruk di regionalnya sendiri, melainkan sebaliknya, agar tenaga kerja Indonesia dapat bertukar pengalaman dari negara-negara anggota ASEAN lainnya. Dengan sebagian besar penduduknya yang berusia produktif, akan sangat sulit membendung tenaga kerja Indonesia untuk bekerja dan berkompetisi dalam MEA 2015. (Aveline, 2014)

Penggalan pernyataan ini menggambarkan bahwa bagi sebagian ahli kehadiran Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) akan mempunyai dampak bagi sumberdaya manusia di Indonesia. Pada satu sisi, penerapan MEA oleh pemerintah dipandang akan mempunyai dampak untuk saling bertukar pengalaman dengan tanaga asing sehingga tenaga kerja Indonesia akan mampu menimba ilmu dan pengalaman dari para tenaga kerja asing. Namun demikian pada sisi yang lain, kehadiran tenaga kerja asing akan menjadi persoalan baru, mengingat kemampuan dan kapabilitas tenaga kerja Indonesia harus berkompetisi dengan tenaga asing dalam lapangan kerja yang tersedia di Indonesia pada era MEA mendatang. Kini timbul pertanyaan, sebenarnya apakah Masyarakat Ekonomi Asean (MEA), sehingga mempunyai pengaruh yang kuat terhadap sumberdaya manusia Indonesia? Bagaimana kondisi sumberdaya manusia Indonesia dalam menghadapi MEA? Strategi apa yang harus dilakukan dalam menghadapi MEA oleh masyarakat Indonesia termasuk para Insinyur Indonesia? Makalah mencoba melihat secara global permasalahan

sumberdaya manusia dalam menghadapi era MEA dan sekaligus bisa dijadikan acuan awal untuk melakukan penelitian lebih mendalam bagi berbagai *stackholder* yang berkecimpung dalam kajian MEA.

MASYARAKAT EKONOMI ASEAN (MEA)

Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) dimaknai sebagai bentuk integrasi ekonomi ASEAN. Artinya semua negara-negara yang berada dikawasan Asia Tenggara (ASEAN) menerapkan sistem perdagangan bebas. Sepuluh negara di kawasan ASEAN termasuk Indonesia telah menyepakati perjanjian MEA tersebut. Di dalam study kawasan, MEA dikenal sebagai *ASEAN Economy Community* atau AEC.

Kelahiran MEA dimulai pada Desember 1997 ketika KTT ASEAN yang diselenggarakan di Kota Kuala Lumpur, Malaysia menyepakati adanya ASEAN Vision 2020. Dalam ASEAN Vision 2020 ditegaskan keinginan bersama negara-negara ASEAN untuk membentuk kawasan ASEAN yang stabil, makmur, dan kompetitif dengan pertumbuhan ekonomi yang adil dan merata serta dapat mengurangi kemiskinan dan kesenjangan sosial.

Perkembangan selanjutnya, sekitar bulan Oktober 2003 ketika KTT ASEAN di Bali, Indonesia menyatakan bahwa Masyarakat Ekonomi ASEAN (MEA) menjadi tujuan dari integrasi ekonomi regional dikawasan Asia Tenggara yang akan diberlakukan pada tahun 2020. Namun demikian, yang semula MEA dicanangkan berlaku tahun 2020, kenyataannya hasil Deklarasi Cebu yang merupakan salah satu hasil dari KTT ASEAN yang ke-12 pada Januari 2007,disepakati bahwa tahun 2015 merupakan awal tahun diberlakukannya MEA. Pada KTT tersebut para pemimpin ASEAN bersepakat untuk mengubah ASEAN menjadi daerah dengan perdagangan bebas baik barang maupun jasa, investasi, tenaga kerja profesional, dan juga aliran modal (dana). *(sukasosial.blogspot.com, 3, agustus 2015)*[1]

Lebih khusus, pemberlakuan MEA mempunyai karakteristik bagi kawasan ASEAN yang berbeda dari masa-masa sebelumnya. Sebagaimana ditulis dalam *ASEAN.Org*, 2015 bahwa MEA mempunyai 4 karakteristik yakni : (1) berbasis pada pasar tunggul dan produksi, (2) kawasan ekonomi yang sangat kompetitif, (3) wilayah pembangunan ekonomi yang adil, dan (4) kawasan yang begitu terintegrasi dalam hal ekonomi global.

Hal yang patut dicermati bahwa keempat karakteristik penerapan MEA tersebut berimpilikasi terhadap kondisi sumberdaya manusia di Indonesia. Menurut Baskoro (2015)[2] dengan pemberlakuan MEA maka:

Pertama, negara-negara di kawasan Asia Tenggara ini akan dijadikan sebuah wilayah kesatuan pasar dan basis produksi. Dengan terciptanya kesatuan pasar dan basis produksi maka akan membuat arus barang, jasa, investasi, modal dalam jumlah yang besar, dan ***skilled labour*** menjadi tidak ada hambatan dari satu negara ke negara lainnya di kawasan Asia Tenggara.

Kedua, MEA akan dibentuk sebagai kawasan ekonomi dengan tingkat kompetisi yang tinggi, yang memerlukan suatu kebijakan yang meliputi *competition policy, consumer protection, Intellectual Property Rights* (IPR),*taxation,* dan *E-Commerce*. Dengan demikian, dapat tercipta iklim persaingan yang adil; terdapat perlindungan berupa sistem jaringan dari agen-agen perlindungan konsumen; mencegah terjadinya pelanggaran hak cipta; menciptakan jaringan transportasi yang efisien, aman, dan terintegrasi; menghilangkan sistem *Double Taxation*, dan; meningkatkan perdagangan dengan

[1] *Pembahasan lebih detail masalah ini dapat dilihat dalam sukasosial.blogspot.com : Pengertian Masyarakat Ekonomi Asean dan Pembahasannya*

[2] *Aryo Baskoro,* ***Peluang, Tantangan, Dan Risiko Bagi Indonesia Dengan Adanya Masyarakat Ekonomi Asean, 2015, yang dimuat dalam*** *http://crmsindonesia.org/knowledge/crms-articles/peluang-tantangan-dan-risiko-bagi-indonesia-dengan-adanya-masyarakat-ekonomi*

media elektronik berbasis *online*.

Ketiga, MEA pun akan dijadikan sebagai kawasan yang memiliki perkembangan ekonomi yang merata, dengan memprioritaskan pada Usaha Kecil Menengah (UKM). Kemampuan daya saing dan dinamisme UKM akan ditingkatkan dengan memfasilitasi akses mereka terhadap informasi terkini, kondisi pasar, ***pengembangan sumber daya manusia dalam hal peningkatan kemampuan***, keuangan, serta teknologi.

Keempat, MEA akan diintegrasikan secara penuh terhadap perekonomian global. Dengan dengan membangun sebuah sistem untuk meningkatkan koordinasi terhadap negara-negara anggota. Selain itu, akan ditingkatkan partisipasi negara-negara di kawasan Asia Tenggara pada jaringan pasokan global melalui pengembangkan paket bantuan teknis kepada negara-negara Anggota ASEAN yang kurang berkembang. Hal tersebut dilakukan untuk meningkatkan kemampuan industri dan produktivitas sehingga tidak hanya terjadi peningkatkan partisipasi mereka pada skala regional namun juga memunculkan inisiatif untuk terintegrasi secara global.

KARAKTERISTIK SUMBERDAYA MANUSIA INDONESIA.

Salah satu komponen yang sangat penting yang perlu dijadikan kajian mendalam dalam menghadapi penerapan MEA adalah ketersediaan dan kemampuan sumberdaya manusia untuk mampu bersaing dengan masuknya tenaga-tenaga asing ke Indonesia. Sebagaimana dikutip katadata.com bahwa: "Pemberlakuan kerjasama Masyarakat Ekonomi ASEAN sejak awal 2016 telah memicu serbuan tenaga kerja asing ke Indonesia. Selama Januari tahun ini saja, sekitar 25 ribu warga negara asing (WNA) masuk ke Indonesia untuk bekerja di berbagai sektor usaha[3]. Data ini menegaskan bahwa pemberlakuan MEA mempunyai konsekuensi yang besar bagi sumberdaya manusia Indonesia-termasuk didalamnya para professional yang bekerja konsultan, konstruksi, infrastruktur dsb- agar mampu bersaing dengan tenaga asing. Terlebih ada beberapa proyek pembangunan yang pembiayaannya dilakukan melalui dana asing dan mensyaratkan harus membawa tenaga kerja dari negaranya. Dengan kata lain, persaingan di bursa tenaga kerja akan semakin meningkat saat pemberlakuan pasar bebas ASEAN mendatang dan akan mempengaruhi banyak orang, terutama pekerja yang berkecimpung pada sektor keahlian khusus".[4]

Sementara itu, berbagai data menunjukkan bahwa kondisi sumberdaya manusia Indonesia masih dalam kondisi yang belum menggembirakan dan kopentensinya berada dibawah negara-negara ASEAN lainnya. National Geographic, co.id, yang dinukil oleh Kompas.co.id menjelaskan bahwa mutu pendidikan tenaga kerja masih rendah, di mana hingga Febuari 2014 jumlah pekerja berpendidikan SMP atau dibawahnya tercatat sebanyak 76,4 juta orang atau sekitar 64 persen dari total 118 juta pekerja di Indonesia. Akibatnya, Indeks Pembangunan Manusia (IPM) Indonesia kalah jauh dengan Malaysia ataupun Thailand. Malaysia yang berada di peringkat ke-62 dan Thailand di ranking ke-93 sudah masuk dalam kelompok pembangunan manusia tinggi. Sementara Indonesia berada di peringkat ke-110 dari 188 negara dengan besaran 0,684 atau sama dengan tahun sebelumnya. Posisi Indonesia sama dengan Gabon (salah satu negara di Afrika yang merdeka pada 1960)[5].

Hal senada diungkapkan oleh laporan *Institute of Management Development (IMD)* bahwa daya

[3] *Katadata.co.id pada tanggal 1 Maret 2016 membuat headlines beritanya berjudul : MEA Berlaku, 25 Ribu Pekerja Asing Serbu Indonesia Selama Januari BPS mencatat, para pekerja paruh waktu itu melakukan pekerjaan di bidang konstruksi, konsultan, instruktur, dan lain-lain.*

[4] *BBC.com, 27 Agustus 2014 membuat headlines "Apa yang harus Anda ketahui tentang Masyarakat Ekonomi Asean"*

[5] *http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2015/12/16/154600626/Indeks.Pembangunan.Manusia.Indonsia. Stagnan.*

saing Sumber daya manusia Indonesia peringkatnya turun 16 peringkat dari peringkat ke-25 pada tahun 2014 menjadi peringkat ke-41 pada tahun 2015. Posisi Indonesia berada jauh di bawah posisi negara tetangga seperti Singapura, Malaysia, bahkan Thailand. Posisi Indonesia juga hanya sedikit lebih baik dari Filipina. Peringkat ini dihitung dengan bobot tertentu dengan mempertimbangkan tiga faktor yaitu faktor pengembangan dan investasi, faktor daya tarik suatu negara, dan faktor kesiapan sumber daya manusia. Dua faktor pertama Indonesia mempunyai peringkat yang relatif sama dengan tahun sebelumnya. Akan tetapi untuk faktor ketiga yaitu kesiapan sumber daya manusia merupakan hal yang paling dominan menyumbang angka penurunan peringkat tenaga terampil Indonesia di tahun 2015. Pada tahun 2014, Indonesia masih menduduki peringkat ke-19 untuk faktor ini. Di tahun 2015, peringkat kesiapan tenaga kerja Indonesia terjerembab ke peringkat 42. Faktor kesiapan tenaga kerja Indonesia dirasa masih kurang bersaing dari negara lain di tahun 2015. Untuk faktor ini, Indonesia hanya unggul dalam pertumbuhan angkatan kerja saja dimana Indonesia menduduki peringkat kelima. Indikator lainnya seperti pengalaman internasional, kompetensi senior manajer, sistem pendidikan, pendidikan manajerial, dan pada keterampilan bahasa berada pada peringkat di atas 30. Bahkan untuk keterampilan keuangan, Indonesia berada pada peringkat ke-44. [6] Keadaan yang demikian menunjukkan bahwa tenaga berbakat dan terampil Indonesia kurang bisa bersaing dengan baik dengan warga negara ASEAN lainnya khususnya Singapura, Thailand dan Malaysia. Oleh karena itu, jangan sampai beberapa Paket Kebijakan Ekonomi Indonesia yang telah diperjuangkan oleh pemerintah Indonesia justru lebih dimanfaatkan negara lain dalam berbisnis di Indonesia dengan tetap membawa tenaga kerja terampil dari negaranya sementara warga negara Indonesia tidak bisa bersaing dengan warga negara asing lainnya.

PENGEMBANGAN SUMBERADAYA MANUSIA INDONESIA DALAM MENGHADAPI PENERAPAN MEA

Sebagaimana disinggung pada penjelasan sebelumnya, bahwasanya penerapan MEA telah merubah berbagai aturan yang berkaitan dengan keterlibatan tenaga asing yang professional ke dalam berbagai kegiatan di Indonesia. Sebelum MEA dijalankan, maka masuknya tenaga professional asing dibatasi secara ketat dengan berbagai peraturan. Namun semenjak MEA diperlakukan mengharuskan adanya penghapusan aturan-aturan yang sebelumnya menghalangi perekrutan tenaga kerja asing tersebut. Dengan demikian, pemberlakuan MEA lebih membuka peluang tenaga kerja asing untuk mengisi berbagai jabatan serta profesi di Indonesia yang tertutup atau minim tenaga asingnya[7]. Oleh karena itu, agar para professional Indonesia termasuk profesi insinyur perlu dibuat strategi yang kuat dan jelas agar mampu berkompetisi dengan tenaga asing tersebut baik di dalam negeri mapun di kancah internasional.

Salah satu strategi yang telah dilakukan oleh pemerintah adalah menerbitkan peraturan yang berfungsi sebagai payung hukum dalam melaksanakan kegiatan dibidang keinsiyuran, yakni UU No. 11 Tahun 2014 Tentang Keinsinyuran. Ada hal yang menarik dalam undang-undang ini berkaitan dengan wajibnya seorang insinyur untuk mempunyai standar mutu kompetensi dan professional. Pada saat yang sama, untuk mengantisipasi masuknya insinyur asing

[6] *Institute of Management Development (IMD) yang merupakan lembaga pendidikan bisnis terkemuka di Swiss melaporkan hasil penelitiannya berjudul IMD World Talent Report 2015. Penelitian ini berbasis survei yang menghasilkan peringkat tenaga berbakat dan terampil di dunia tahun pada tahun 2015. Tujuan dari diadakannya pemeringkatan oleh IMD adalah untuk menilai sejauh mana negara tersebut menarik dan mampu mempertahankan tenaga berbakat dan terampil yang tersedia di negaranya untuk ikut berpartisipasi dalam perekonomian di suatu negara.. Laporan ini di relis di Media Kompas tertanggal 25 November 2015.*

[7] *Hal ini disampaikan oleh Staf Khusus Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi, Dita Indah Sari dalam wawancara dengan BBC.Com.*

kedalam negeri yang besar-besaran, diperlakukan persyaratan yang sangat ketat. UU No. 11 tahun 2014 dalam Bab IV mengenai Standar Keinsinyuran Pasal 6 ayat 1: di tegaskan bahwa untuk menjamin mutu kompetensi dan profesionalitas layanan profesi Insinyur, dikembangkan standar profesi Keinsinyuran yang terdiri atas: a. standar layanan Insinyur; b. standar kompetensi Insinyur; dan c. standar Program Profesi Insinyur. Sementara itu dalam Bab VII tentang Insinyur Asing Pasal 18 ayat (1) di tegaskan bahwa Insinyur Asing hanya dapat melakukan Praktik Keinsinyuran di Indonesia sesuai dengan kebutuhan sumber daya manusia ilmu pengetahuan dan teknologi pembangunan nasional yang ditetapkan oleh Pemerintah. Ditambah lagi, dalam Pasal 25 dijelaskan tentang kewajiban Insinyur asing harus: a. melaksanakan kegiatan Keinsinyuran sesuai dengan keahlian dan kode etik Insinyur; b. melaksanakan tugas profesi sesuai dengan keahlian dan kualifikasi yang dimiliki; c. melaksanakan tugas profesi sesuai dengan standar Keinsinyuran.

Salah satu pembenahan internal oleh negara Indonesia dalam menghadapi MEA adalah peningkatan mutu kompetensi dan profesionalitas insinyur Indonesia. Indikator seorang professional itu benar-benar professional atau tidak biasanya ditandai dengan sertifikasi pada bidang yang dimiliki. Insinyur yang memiliki sertifikasi keahliannya tentu nilai jualnya jauh lebih tinggi di banding dengan yang tidak mempunyai sertifikat. Karena kualitas. SDM yang telah menjalani uji kompetensi memiliki jaminan bahwa dirinya mampu meningkatkan kualitas pada suatu di sebuah wilayah kerja. Hal ini senada diungkapkan oleh Ariawan Gunadi bahwa pada waktu MEA diberlakukan parameter utama adalah sertifikasi apalagi jika ingin bekerja di luar negeri. "Jika tak punya sertifikasi maka tak akan diakui dan menjadi buruh biasa," jelasnya. Ada delapan profesi prioritas yang harus memiliki sertifikasi yakni akuntansi, teknik, survei, arsitektur, keperawatan, kesehatan, perawatan gigi dan pariwisata.[8]

Terlebih di era globalisasi ini, fungsi sertifikasi mempunyai kedudukan yang sangat strategis untuk menentukan jaminan mutu dan kualitas baik dari sisi manajemen, keselamatan kerja, produksi, keamanan informasi hingga produk yang di hasilkan . Oleh karena itu, Badan Standar Internasional atau *International Organization for Standardization* (ISO) telah mengeluarkan berbagai jenis standar yang harus diterapkan seperti sistem manajemen dengan standar ISO-9000, sistem keselamatan dan kesehatan kerja dengan OHSAS- 1800, berkaitan keselamatan keamanan informasi dengan ISO-27000, dan lingkungan dipersyaratkan dengan ISO-14000 dan produk makanan dengan ISO-17000.

Hal yang cukup menarik, hingga saat ini ISO belum mengeluarkan standarisasi yang berkaitan dengan sumberdaya manusia maupun profesi. Hal ini disebabkan masing- masing negara di dunia mempunyai standar yang berbeda-beda sesuai tingkat perkembangan dan kebutuhan masing-masing negara sehingga belum ditemukan kesepakatan standar yang pas dan berlaku universal. Padahal, dimasa sekarang ini sebagai mana disinggung sebelumnya bahwa standarisasi profesi sangat penting dan sangat dibutuhkan sebagaimana standar manajemen, keselamatan kerja, keselamatan dan keamanan informasi maupun produk suatu karya. Namun demikian, ada beberapa yang mendorong atau memotivasi penerapan sertifikasi profesi khususnya insinyur, diantaranya :

1. Pemberlakuan UU 11 Tahun 2014 tentang Keinsinyuran mewajibkan agar insinyur mempunyai standar profesi.
2. Perbelakuan MEA telah menetapkan parameter utama adalah sertifikasi profesi terutama jika ingin bekerja di luar negeri.

[8] *Makalah dengan Judul : Pentingnya Sertifikasi Profesi Jelang MEA pada acara Media Gathering di kampus Untar, Grogol, Jakarta Barat, Selasa (16/6/2015).*

"Jika tak punya sertifikasi maka tak akan diakui dan menjadi buruh biasa."

3. Untuk mencapai standarisasi, setiap tenaga kerja terdidik perlu mendapatkan *Mutual Recognition Agreement* (MRA) sebagai sertifikasi. Sebagai SDM yang potensial, tenaga kerja Indonesia perlu peningkatan yang lebih, terutama dalam profesi.
4. Memasuki evolusi era mutu pada level : *Strategic Quality Management/Total Quality Management/Total Quality Service* Dalam era ini, TQM merupakan pendekatan untuk meningkatkan efektivitas dan daya lentur sebuah bisnis secara keseluruhan dengan berpusat di sekitar mutu. TQM pada prinsipnya adalah cara mengorganisasi dan mengerahkan seluruh organisasi, setiap departemen, setiap aktivitas dan setiap individu di setiap tingkatan untuk mencapai kualitas. TQM berkaitan dengan masalah strategis, masalah pemasaran dan aspek-aspek manusia dari organisasi tersebut. [9].
5. Pesaing (competitor) telah disertifikasi oleh registrar terakriditasi. Banyaknya kompetetitor yang telah bersertifikat secara tidak langsung menjadi pesaing yang sangat berat bagi professional yang tidak bersertifikat.
6. Meningkatkan citra mutu profesi. Disadari atau tidak apabila seseorang mempunyai profesi teretentu dan memperoleh pengakuan berdasarkan sertifikasi yang dimiliknyan maka citra dan profesionalitasnya dapat dijadikan referensi untuk menangani persoalan yang diharapkan klien.

Dari perspektif manfaat, banyak keuntungan yang dapat dirasakan oleh professional yang telah mempunyai sertifikasi. Wahyudin Sumpeno (2012) dalam blog pribadinya yang mengangkat headlines **Sertifikasi Profesi**, menjelaskan beberapa manfaat sertifikasi profesi sebagai berikut : [10]

1. Melindungi organisasi dan anggota profesi dari praktek penyelenggaraan layanan sesuai tugas dan fungsi yang tidak kompeten sehingga dapat merusak citra organisasi profesi itu sendiri.
2. Melindungi masyarakat atau warga negara dari praktek layanan yang merugikan dan tidak dapat dipertanggungjawabkan dapat menghambat kepentingan yang lebih luas.
3. Mendorong upaya pembinaan sumber daya manusia yang memiliki kualifikasi yang dipersyaratkan oleh organisasi profesi.
4. Sebagai wahana dalam penjaminan mutu bagi lembaga atau organisasi profesi yang bertugas mempersiapkan anggotanya untuk memberikan layanan secara berkualitas.
5. Melindungi dan memelihara organisasi profesi dalam menyelenggarakan tugas dan fungsinya dari kepentingan internal dan eksternal yang berpotensi menimbulkan menyimpang dari ketentuan-ketentuan yang berlaku.
6. Sarana akuntabilitas publik.
7. Pengembangan karir dalam masyarakat bagi anggota profesi.
8. Menerapkan etika dan standar nilai yang mengatur kinerja dan layanan profesi.
9. Mendapatkan pengakuan secara resmi dari orang lain atau organisasi atau juga dimata pemeberi kerja mengenai keahlian orang tersebut;
10. Meningkatkan daya saing dalam bidangnya

Dengan demikian, disamping banyak faktor yang mendorong pentingnya sertifikasi di era sekarang,

---

9 TQM adalah adalah tahapan kelima dan terakhir hingga saat ini dalam proses evolusi mutu. Tahap pertama disebut Era Non Mutu, tahap kedua disebut Inspection Era, tahap ketiga disebut Statistic Quality Control Era, tahap empat disebut Quality Assurance Era dan tahap kelima Disebut Total Quality Management. Lebih detail masalah evolusi mutu dapat dilihat dalam tulisan ***Aveline Agrippina Tando yang berjudul*** *MEA 2015: Ajang Kompetisi Kualitas Tenaga Kerjayang dimuat oleh suara mahasiswa.com*

10 https://wahjudinsumpeno.wordpress.com/2012/07/16/sertifikasi-profesi/

juga banyak manfaat yang diperoleh dari seseorang yang menyandang profesi tertentu dan mempunyai sertifikat sesuai profesinya. Bahkan tidak menutup kemungkinan di masa mendatang professional yang tidak bersertifikat sangat sulit untuk bekerja atau memperoleh pekerjaan dikarenakan tuntutan dunia kerja yang mensyaratkan sumberdaya manusianya harus memiliki sertifikat profesi.

DAFTAR PUSTAKA

Baskoro, Aryo, 2015, **Peluang, Tantangan, Dan Risiko Bagi Indonesia Dengan Adanya Masyarakat Ekonomi Asean, 2015, dalam** http://crmsindonesia.org/knowledge/crms-articles/peluang-tantangan-dan-risiko-bagi-indonesia-dengan-adanya-masyarakat-ekonomi. (Akses, 25 September 2016)

Gunadi, Ariawan ,2015*;* Pentingnya Sertifikasi Profesi Jelang MEA pada acara Media Gathering di kampus Untar, Grogol, Jakarta Barat, Selasa (16/6/2015).

Sari, Dita Indah ,2014, Apa yang harus Anda ketahui tentang Masyarakat Ekonomi Asean, 27 Agustus 2014, dalam wawancara dengan BBC.Com . (Akses, 25 September 2016)

Tando, Aveline Agrippina, 2015 MEA 2015: Ajang Kompetisi Kualitas Tenaga Kerja yang dimuat oleh suara mahasiswa.com . (Akses, 25 September 2016)

BBC.com, 2016. Apa yang harus Anda ketahui tentang Masyarakat Ekonomi Asean, 27 Agustus 2014. (Akses, 25 September 2016)

Sukasosial.blogspot.com 2014, Pengertian Masyarakat Ekonomi Asean dan Pembahasannya, 2014 (Akses, 25 September 2016)

Katadata.co.id, 2016 , MEA Berlaku, 25 Ribu Pekerja Asing Serbu Indonesia Selama Januari 2015, 1 Maret 201.(Akses, 25 September 2016)

Kompas,2016,http://bisniskeuangan.kompas.com/read/2015/12/16/154600626/Indeks.Pembangunan.Manusia.Indonsia. Stagnan. .(Akses, 25 September 2016)

Sumpeno, Wahyudin, 2012, https://wahjudinsumpeno.wordpress.com/2012/07/16/sertifikasi-profesi/..(Akses, 25 September 2016)

UCAPAN TERIMA KASIH

1. Puji syukur, alhamdulillah, hanya berkat pertolongan Allah Ta'ala, penulis mampu menghadirkan tulisan ini,
2. Kepada kedua orang tua, karena doa dan bimbingan beliaulah penulis mampu untuk menapaki hari hari dari kecil hingga kini,
3. Kepada istri dan anak anak tercinta, doa dan segala bantuan telah mereka curahkan untuk mewarnai kehidupan sehari hari
4. Keluarga Besar Direktorat Penataan WP3WT, Direktorat Jenderal Penataan Agraria pada Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional , serta rekan - rekan di Human Geonomic Consulting yang senantiasa memberi supporting bagi penulis.

BIODATA

Waryanta.

Penulis lahir, 6 November 1970, di Padon, Sendangrejo, Minggir, Sleman, Yogyakarta. Kini, penulis dikarunai sorang istri dan dua orang putri. Latar belakang pendidikan , Sekolah Dasar di SDN Sendangharjo I Minggir (1976-1983), SLTP di SMPN Sendangsari Minggir (1983-1986), SLTA di SMAN Argomulyo Bantul (1986-1989) Dan kuliah di Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada Yogyakarta (1989). Sejak tahun 1997, Penulis mendapat amanah sebagai Pegawai Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia dan kini menjabat sebagai Kepala Seksi Pemantauan dan Evaluasi Wilayah Pesisir di Direktorat Penataan Wilayah Pesisir, Pulau-Pulau Kecil, Perbatasan dan Wilayah Tertentu (PWP3WT) Direktorat Penataan Agraria Kementerian Agraria dan Tata Ruang / Badan Pertanahan Nasional. Sejak Tahun 2015, Penulis juga bergabung dengan Human Geonomic Consulting yakni perusahaan yang bergerak di bidang sertifikasi sistem manajemen (ISO-9000), sistem keselamatan dan kesehatan kerja (OHSAS-1800), keselamatan keamanan informasi (ISO-27000), dan lingkungan (ISO-14000) serta produk makanan (ISO-17000).

Peran Program Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral dalam Mencetak Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) untuk mendukung Percepatan Pendaftaran Tanah

Nuraini Aisiyah[a]

[a] Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (aisiyahnuraini@gmail.com)

ABSTRACT

There are 54 million parcels of land in Indonesia have not been registered (Sofyan A. Djalil, 2016). Minister of Agrarian and Spatial Planning/National Land Agency makes strategic agenda until 2019 to solve this problem. The most important agenda to resolve this problem is to completely develop the base map and implementing systematic parcel measurements (from village to village). This agenda needs to be supported by reliable Land Surveyor / ASP. Diploma I PPK STPN plays a major role for the success of the strategic agenda as a provider of Assistant Land Surveyor. This paper aims to determine the suitability of DI PPK curriculum with ASP criteria and determine the strength of Prodi DI PPK in preparing human resources for the acceleration of land registration. This paper also describes the learning tools and the availability of human surveyors / ASP. The result shows that Diploma I PPK Curriculum Structure is adequate to develop ASP / Land Surveyor and the amount of DI PPK alumni is the power to implement that strategic agenda.

***Key words** : surveyor, ASP, curriculum, DI PPK*

Pendahuluan

Menurut data Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN (2016) diketahui di Indonesia terdapat 60% bidang tanah yang belum terdaftar. Jumlah bidang tanah kurang lebih 90 juta bidang tanah (36 juta bidang tanah telah terdaftar dan 54 juta bidang tanah belum terdaftar). Jumlah petugas ukur yang berstatus PNS sebanyak 2159 orang di seluruh Indonesia. BPN menjadikan agenda strategis sampai tahun 2019 untuk menyelesaikan permasalahan ini. Agenda penting untuk menyelesaikan masalah ini adalah penyelesaian pembuatan peta dasar, melaksanakan pengukuran sistematis(desa demi desa). Semua ini dapat berjalan dengan baik jika didukung petugas ukur/ASP yang handal. Program Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral (PPK) STPN berperan besar dalam keberhasilan agenda strategis ini sebagai pencetak ASP. Program Diploma I PPK STPN berdiri tahun 1996 berdasarkan Keputusan Menteri Agraria nomor 12 tahun 1996 . Awal pendirian Program Diploma I PPK untuk menyiapkan petugas ukur dalam rangka pemenuhan kebutuhan petugas ukur Proyek PAP 1997. Pada saat ini Program DI PPK telah menghasilkan 5234 alumni, dengan profesi 51 % sebagai Pegawai Negeri Sipil di Badan Pertanahan Nasional dan 49 % sebagai Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) dan bekerja di sektor lain. Dalam proses pembelajarannya Program Diploma I mendasarkan kurikulum yang berbasis kadastral. Kurikulum selalu mengikuti perkembangan teknologi dan kebutuhan pengguna. Tercatat sejak berdirinya telah lima kali revisi kurikulum , yakni tahun 2004, 2007, 2010, 2013 dan 2016. Hasil penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Arief Syaifullah dan Nuraini A, (2013) dikatakan bahwa (1) Diploma 1 PPK telah menggunakan kurikulum yang mengajarkan 10 materi utama surveying. Perubahan kurikulum DI PPK belum secara komprehensif dan sistematis melibatkan surveyor-surveyor akademisi. Teknologi Informasi belum diintegrasikan secara menyeluruh dalam kurikulum DI PPK, (2) PKL yang diselenggarakan oleh DI PPK merupakan wujud pembelajaran project-based, problem-based, dan scaffolding. Integrasi akademisi-praktisi secara otomatis telah dilakukan di STPN sebagai perguruan tinggi kedinasan.(3) Tantangan ke depan untuk Program DI adalah memenuhi 139 kompetensi yang diatur dalam jabatan fungsional umum BPN, adanya KKNI, dan adanya kadaster 2014. Rumusan masalah : (1)Apakah materi yg diajarkan dan metode pembelajaran telah sesuai dengan kriteria ASP yang digariskan dalam peraturan yang berlaku? (2) Seberapa besar kekuatan Prodi DI PPK dalam menyiapkan SDM untuk percepatan pendaftaran tanah? Tujuan dari tulisan ini adalah untuk mengetahui kesesuaian kurikulum Program DI PPK dengan kriteria ASP dan mengetahui kekuatan Prodi DI PPK dalam menyiapkan SDM untuk percepatan pendaftaran tanah.

Metodologi

Jenis penelitian ini adalah deskriptif komparatif. Mendeskripsikan kurikulum pada Program DI PPK STPN , menguraikan kriteria ASP sesuai peraturan yang berlaku, kemudian mengkomperasikan antara kurikulum dan kriteria ASP sesuai peraturan. Dalam penelitian ini menyajikan data jumlah alumni DI PPK sebagai ASP untuk percepatan pendaftaran tanah dan perkiraan waktu untuk menyelesaikan target tersebut. Metode ini diharapkan dapat menjawab dua permasalahan yang diajukan sehingga dapat diketahui kesesuaian kurikulum Program DI PPK dengan kriteria ASP dan kekuatan Prodi DI PPK dalam menyiapkan SDM untuk percepatan pendaftaran tanah sebagai pelaksanaan agenda strategis Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN .

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Untuk menjawab rumusan masalah yang pertama berikut disajikan struktur kurikulum yang berlaku di Prodi Diploma I PPK pada tabel 1.

Tabel 1. Struktur Kurikulum Program DI PPK STPN

KURIKULUM PROGRAM STUDI DIPLOMA I PENGUKURAN DAN PEMETAAN KADASTRAL SEKOLAH TINGGI PERTANAHAN NASIONAL

SEMESTER I

No.	Mata Kuliah	Kode	SKS		
			Teori	Praktik	Total
1	Pendidikan Agama a. Islam b. Kristen c. Katolik d. Hindu e. Budha	PPK11011 PPK11012 PPK11013 PPK11014 PPK11015	2	0	2
2	Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan	PPK1102	2	0	2
3	Matematika Terapan	PPK1201	1	2	3
4	Kartografi	PPK1202	1	1	2
5	Ilmu Ukur Tanah	PPK1203	1	2	3
6	Pengolahan Data Berkomputer	PPK1204	1	2	3
7	Fotogrametri	PPK1205	1	2	3
8	Praktik Peralatan Survei	PPK1206	0	2	2
9	Hukum Tanah	PPK1301	1	1	2
Jumlah (1)			10	12	22

SEMESTER II

No.	Mata Kuliah	Kode	SKS		
			Teori	Praktik	Total
1	Etika Profesi	PPK2103	1	1	2
2	Pendaftaran Tanah	PPK2401	1	2	3
3	Pemetaan Digital	PPK2207	1	2	3
4	Kerangka Dasar Pemetaan	PPK2208	1	2	3
5	Survei Kadastral	PPK2209	1	2	3
6	Gambar Ukur dan Pengembalian Batas	PPK2210	1	2	3
7	Kerja Praktik Pengukuran dan Pemetaan Kadastral	PPK2211	0	4	4
Jumlah (2)			6	15	21
Jumlah (1) + (2)			16	27	43

Dari struktur kurikulum terdapat kelompok mata kuliah Mata Kuliah Inti (Agama dan Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan), Mata Kuliah Pengukuran dan Pemetaan (Matematika Terapan, Kartografi, Ilmu Ukur tanah, Pengolahan Data Berkomputer, Fotogrametri, Praktik Peralatan Survei, Pemetaan Digital, Kerangka dasar Pemetaan, Survei Kadastral, Gambar Ukur dan Pengembalian Batas, dan Kerja Praktik Pengukuran dan Pemetaan Kadastral), serta Mata Kuliah Hukum dan Mata Kuliah Pendaftaran Tanah. Menurut Peraturan Kepala BPN nomor 9 tahun 2013, ASP adalah seseorang yang mempunyai ketrampilan di bidang pengukuran dan pemetaan yang diberi kewenangan untuk melakukan pekerjaan pengukuran dan pemetaan dalam rangka Pendaftaran Tanah yang mendapatkan lisensi dari BPNRI. Menurut Pasal 14 Peraturan Pemerintah No. 24 tahun 1997, Pengukuran Dan Pemetaan adalah (1) Untuk keperluan pengumpulan dan pengolahan data fisik dilakukan kegiatan pengukuran dan pemetaan.(2) Kegiatan pengukuran dan pemetaan sebagaimana dimaksud pada ayat (1) meliputi: (a) pembuatan peta dasar pendaftaran;(b) penetapan batas bidang-bidang tanah;(c) pengukuran dan pemetaan bidang-bidang tanah dan pembuatan peta pendaftaran; (d) pembuatan daftar tanah;(e) pembuatan surat ukur.

Dengan mengkomparasikan jenis mata kuliah yang ada di dalam struktur kurikulum (Kelompok Mata kuliah Pengukuran dan Pemetaan) dengan ketrampilan di bidang pengukuran dan pemetaan yang harus dimiliki oleh ASP juga dengan melihat perincian kegiatan pengumpulan dan pengolahan data fisik dalam kegiatan Pengukuran dan Pemetaan sesuai pasal 14 Peraturan Pemerintah nomor 24 tahun 1997, maka terlihat dengan jelas bahwa mata kuliah yang diajarkan di Prodi Diploma I PPK sesuai dengan dengan kriteria ASP yang digariskan dalam peraturan yang berlaku. Hal ini dikuatkan juga dengan hasil penelitian terdahulu (2013) dikatakan bahwa Diploma 1 PPK telah menggunakan kurikulum yang mengajarkan 10 materi utama surveying. Dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Sepuluh Materi Surveying Dunia Vs DI PPK STPN

No	10 Materi Surveying Dunia	DI PPK STPN
1.	*Plane surveying.*	Ilmu Ukur Tanah.
2.	*Photogrammetry and Remote Sensing.*	Fotogrametri dan Penginderaan Jauh.
3.	*Surveying Computation.*	Hitung Perataan Kesalahan.
4.	*Geodesy / GPS.*	Peralatan Survei, Kerangka Dasar Pemetaan.
5.	*Cartography/ Mapping.*	Kartografi.
6.	*GIS / LIS.*	Pengolahan Data Berkomputer.
7.	*Cadastral / Boundary Surveying.*	Survei Kadastral, Pembuatan GU &Pengembalian Batas.
8.	*Land Subdivision.*	Pembuatan GU &Pengembalian Batas.
9.	*Surveying Practicum / Camp.*	Praktik Kerja Lapangan I dan II.
10.	*Professional Issues.*	Etika Profesi.

Sumber : Syaifullah A. dan Nuraini A. (2013)

Untuk menjawab rumusan masalah yang kedua, berikut disajikan perhitungan waktu penyelesaian target dengan beberapa asumsi pada tabel 3.

Tabel 3. Asumsi Waktu Penyelesaian Target Pengukuran Bidang Tanah dengan Jumlah Petugas Ukur

1.	Jumlah petugas ukur PNS	2.159 orang
2.	Bidang Tanah belum terdaftar	± 54 juta bidang
3.	Target Penyelesaian bidang tanah / tahun (rutin + kegiatan strategis)	5.000.000 bid/thn
4.	Asumsi (Jumlah hari kerja per tahun)	200 hari
5.	Kemampuan petugas ukur per hari (**Sporadik**)	**5 bidang / hari**
6.	**Penyelesaian Target (± 54 juta bidang)**	**± 25 Tahun**
	$x = (\frac{\text{Jumlah bidang yang belum terdaftar}}{\text{(Jumlah PNS petugas ukur x kemampuan per hari)}}) / 200 \text{ hari}$	
7.	Pemberdayaan Surveyor Berlisensi	2.190 orang
8.	**Penyelesaian Target (± 54 juta bidang)**	**12.6 Tahun**
9.	Kemampuan petugas ukur & surveyor berlisensi per hari (Bila dilaksanakan **secara sistematik**)	**15 bidang / hari**
10.	**Penyelesaian Target (± 54 juta bidang)**	**4.2 Tahun**

Jika jumlah petugas ukur kita 2159 dan ASP kita 2553 orang, maka target 54 juta bidang tanah dan dilaksanakan pendaftaran tanah sporadik (kemampuan petugas ukur 5 bidang perhari) dengan target penyelesaian bidang /tahun 5 juta bidang/tahun dan asumsi jumlah hari kerja per tahun 200 hari maka penyelesaian memakan waktu 12 tahun. Selanjutnya, jika jumlah petugas ukur 2159 dan ASP kita 2553 orang, dengan target 54 juta bidang tanah dan dilaksanakan secara sistematik (kemampuan 15 bidang perhari) dengan target penyelesaian bidang /tahun 5 juta bidang/tahun dan asumsi jumlah hari kerja per tahun 200 hari maka penyelesaian memakan waktu 4 tahun. Dari penjelasan diatas terlihat bahwa dengan memperdayakan alumni Prodi DI PPK STPN yang berprofesi ASP penyelesaian target lebih cepat enam kali (yakni 4 tahun) dibandingkan dengan tanpa memberdayakan ASP (25 tahun). Tulisan ini, belum membahas percepatan pendaftaran dengan sistem pendaftaran sporadik.

Kesimpulan dan Saran

Dari bahasan tersebut diatas dapat disimpulkan sebagai berikut : (1) materi yg diajarkan dan metode pembelajaran di prog DI PPK telah sesuai dengan kriteria ASP yang digariskan dalam peraturan yang berlaku, (2) Prodi DI PPK memiliki kekuatan dalam menyiapkan SDM sebagai ASP untuk percepatan pendaftaran tanah.

Daftar Pustaka

Moleong, Lexy J., 2000, *Metodologi Penelitian Kualtatif*. Cetakan Kesebelas. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.

Syaifullah Arief dan Nuraini Aisiyah., 2013. *Surveyor Education Global Trend :Diploma I Cadastral Surveying and Mapping At National Land College (STPN)***,** Ikatan Surveyor Indonesia, 03 November 2013, Yogyakarta.

Web site/blog:

www.bpn.go.id(situs resmi Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional).

Peraturan Perundang-undangan :

Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 1997 tentang Pendaftaran tanah.

Peraturan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 tahun 1997.

Peraturan Kepala BPN nomor 9 tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi.

Keputusan Menteri Agraria nomor 12 tahun 1996 tentang Pendirian Program Diploma I PPK STPN.

Surat Keputusan Ketua STPN nomor 1320/KEP-800.37/IX/2016 tentang Kurikulum dan Silabus Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral STPN.

Pemberdayaan Lulusan SMK Geomatika Menjadi Surveyor Berlisensi

Kusmiarto[a], Eko Budi Wahyono[b]

[a,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (kusmiarto@stpn.ac.id)
[b,] Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (ebudiw65@yahoo.co.id)

ABSTRACT

It is needed a breakthrough to answer the challenge of acceleration of land registration in Indonesia. One thing that we can do is to accelerate the recruitment of Land Surveyor Assistant (ASP) from Vocational High School of Geomatics graduates. This paper aims to examine the possibility based on rules and standards that already exist. Based on Perkaban No. 9/2013, the requirement for someone to hold a licensed ASP is graduated Diploma 1 Cadastre Surveying and Mapping. There are two ways to meet the requirements: (1) formal education: Diploma I Cadastre Surveying and Mapping with certain exemptions course credit; (2) Recognition Past Learning Mechanism (RPL) with accelerated learning by the selected colleges.

Keywords *Vocational High School of Geomatics, Licensed Land Surveyor, Land Registration*

Pendahuluan

Berdasarkan Naskah Pidato Menteri Agraria dan Tata Ruang dalam rangka Peringatan Hari Ulang Tahun Undang-Undang Pokok Agraria yang ke-56 (lima puluh enam), tanggal 24 September 2016, bahwa Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional telah mencanangkan 3 (tiga) Program Strategis selama tahun 2016 sampai dengan 2019 yaitu: 1) Percepatan Legalisasi Aset secara sistematik sebanyak 23.21 juta Bidang tanah; 2) Percepatan Pengadaan Tanah untuk mendukung program strategis pembangunan, antara lain untuk Pembangkit Listrik 35.000MW, Jalan Tol 7.338Km, 24 Bandar Udara, Jalur Kereta Api 3.258Km, 24 Pelabuhan, 5 Juta Unit Rumah Masyarakat Berpenghasilan Rendah (MBR), 49 Waduk, 1 juta hektar jaringan irigasi, 12 Kawasan Ekonomi Khusus, 15 Kawasan Industri, 78 Unit Stasiun BBG dan 2 Kilang Minyak; 3) Pelaksanaan Reforma Agraria dengan sasaran terdiri atas 0.6 Juta hektar tanah transmigrasi yang belum bersertipikat, 3,9 Juta hektar legalisasi asset masyarakat, 0.4 Juta hektar tanah terlantar, dan 4,1 Juta hektar tanah pelepasan kawasan hutan. Berdasarkan data Aplikasi KKP Web, diakses dari www.bpn.go.id, tanggal 7 Agustus 2016, dari keseluruhan total bidang tanah di Indonesia (90.622.523 bidang), baru terdaftar sebanyak 41.800.133 bidang (46% bidang) dan masih terdapat 48.822.390 bidang (54% bidang) yang belum terdaftar. Disisi lain kondisi saat ini jumlah petugas ukur yang berstatus sebagai PNS di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional adalah sebanyak 2.159 Orang. Sedangkan Surveyor Berlisensi yang terdisi atas Surveyor Pertanahan sebanyak 151 orang dan Asisten Surveyor Pertanahan sebanyak 2.039 orang, sehingga jika ditotal jumlah seluruh juru ukur PNS-BPN dan Surveyor Berlisensi adalah sebanyak 4.349 orang. Dengan jumlah petugas ukur tersebut Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional rata-rata hanya mampu melaksanakan pensertipikatan bidang tanah di seluruh Indonesia sebanyak kurang lebih 1.5 juta pertahun. Untuk dapat memenuhi target program strategis pensertipikatan tanah sebanyak 23.21 juta bidang dalam kurun waktu 3 tahun (2016-2019), maka Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional harus dapat mensertipikatkan bidang tanah sebanyak 7.73 juta pertahun. Sebuah tantangan percepatan yang "luar biasa" yang harus bisa dijawab. Salah satu langkah yang bisa dilakukan adalah dengan mempercepat penambahan juru ukur. Karena sampai dengan tahun 2016 di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional masih terdapat moratorium pengangkatan PNS, sehingga yang bisa dilakukan adalah dengan mempercepat penambahan juru ukur swasta/non PNS/Surveyor Berlisensi. Pengadaan Surveyor Berlisensi khususnya Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) selama ini dilakukan melalui rekruitmen/Ujian Lisensi terhadap lulusan Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral dengan jumlah rata-rata 320 pertahun. Jumlah tersebut tentu saja sangat kurang untuk memenuhi kebutuhan percepatan pengukuran dalam rangka Pendaftaran Tanah sesuai dengan yang telah menjadi program prioritas tersebut. Yang selama ini luput dari perhatian kita adalah telah banyak tersedianya lulusan SMK Survei Pengukuran

dan Pemetaan/SMK Geomatika yang tersebar hampir di seluruh wilayah NKRI yang mungkin dapat direkrut menjadi Surveyor Berlisensi (Asisten Surveyor Pertanahan). Berdasarkan data dari situs resmi Direktorat Pembinaan SMK, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, (http://portal.ditpsmk.net/datapokok) yang diakses tanggal 30 September 2016) bahwa jumlah SMK Geomatika adalah sebanyak 56 SMK.



Sumber: http://portal.ditpsmk.net/peta (Situs resmi Direktorat Pembinaan SMK, Kemendiknas, diakses tanggal 30 September 2016)

Gambar 2. Peta Sebaran SMK Geomatika dan SMK Survei Pengukuran dan Pemetaan di Indonesia

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia No. 9 tahun 2013 mensyaratkan untuk dapat mengikuti ujian Lisensi Asisten Surveyor Pertanahan harus Lulusan pendidikan Diploma I Program Studi di bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Perguruan Tinggi yang terakreditasi atau Sekolah Tinggi Kedinasan yang terakreditasi. Bagaimanakah agar Lulusan SMK Geomatika dapat disetarakan kompetensinya sesuai persyaratan Perkaban 9 tahun 2013 untuk mendapatkan Lisensi ASP? Makalah ini bertujuan untuk mengkaji kemungkinan tersebut berdasarkan tinjauan terhadap peraturan dan standar yang telah ada.

Surveyor Berlisensi Menurut Perkaban Nomor 9 Tahun 2013.

Menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi, Surveyor Berlisensi adalah Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan. Surveyor Pertanahan adalah seseorang yang mempunyai keahlian di bidang pengukuran dan pemetaan kadastral dan kemampuan mengorganisasi pekerjaan dan pengukuran dan pemetaan kadastral, yang diberi kewenangan untuk melakukan pekerjaan pengukuran dan pemetaan kadastral tertentu dalam rangka pendaftaran tanah, baik sebagai usaha pelayanan masyarakat sendiri maupun sebagai pegawai badan hukum yang berusaha di bidang pengukuran dan pemetaan. Asisten Surveyor Pertanahan adalah seseorang yang mempunyai keterampilan di bidang pengukuran dan pemetaan kadastral yang diberi kewenangan untuk melakukan pekerjaan penggukuran dan pemetaan kadastral tertentu dalam rangka pendaftaran tanah, baik sebagai usaha pelayanan masyarakat sendiri maupun sebagai pegawai badan hukum yang berusaha di bidang pengukuran dan pemetaan. Dalam melaksanakan tugasnya, Surveyor Berlisensi dapat bergabung dengan KJSB (Kantor Jasa Surveyor Berlisensi) atau bertindak sebagai perseorangan. Untuk mendapatkan lisensi, maka calon surveyor berlisensi harus mengikuti ujian yang diselenggarakan oleh Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia. Syarat untuk mengikuti ujian Surveyor Pertanahan: (a) Warga Negara Indonesia; (b) fotocopy kartu tanda penduduk; (c) surat permohonan, (d) Strata Satu (Sarjana) Program Studi di bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Perguruan Tinggi yang terakreditasi atau yang setara, atau Perorangan yang berpengalaman di bidang Pengukuran dan Pemetaan yang berasal dari Strata Satu (Sarjana). Syarat untuk mengikuti ujian Asisten Surveyor Pertanahan: (a) Warga Negara Indonesia; (b) fotocopy kartu tanda penduduk; (c) surat permohonan, (d) Lulusan pendidikan Diploma I Program Studi di bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Perguruan Tinggi yang terakreditasi atau Sekolah Tinggi Kedinasan yang terakreditasi. Setelah ujian selesai dan dinyatakan lulus maka diterbitkan Surat Keputusan dari Kepala BPN RI tentang pengangkatan Surveyor Berlisensi dan Kartu Lisensi. Untuk selanjutnya Surveyor Berlisensi sebelum menjalankan jabatannya wajib diambil sumpah/janji jabatan menurut agama/kepercayaannya, Surveyor Pertanahan oleh Kepala BPN RI atau Pejabat yang ditunjuk, dan Asisten Surveyor Pertanahan oleh Kepala Kantor Wilayah BPN. Wilayah kerja Surveyor Pertanahan seluruh wilayah Republik Indonesia, sedangan Asisten Surveyor Pertanahan adalah wilayah satu propinsi. Ruang lingkup pekerjaan Surveyor Berlisensi bersumber pada pendanaan DIPA BPN RI. Untuk KJSB ruang lingkup pekerjaan: (1) pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah pertama kali secara sporadik atau sistematik (2) pengukuran dan pemetaan tematik. Untuk Surveyor Berlisensi perseorangan ruang lingkup pekerjaan: (1) pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah pertama kali secara sporadik atau sistematik (2) pengukuran dan pemetaan tematik (3) Pengukuran dan Pemetaan dalam rangka pemeliharaan data pendaftaran tanah. Kewenangan yang dimiliki dalam melaksanakan tugas dan jabatannya:(1) melaksanakan pekerjaan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah, (2) menandatangani gambar ukur, (3) membuat konsep Peta Bidang Tanah /Surat Ukur yang akan di tandatangani pejabat yang berwenang.

Pengawasan dan pembinaan Surveyor Berlisensi dilaksanakan sebagai berikut: Pembinaan Surveyor Berlisensi dilakukan oleh BPN RI, Kantor Wilayah BPN atau Kantor Pertanahan dan atau Asosiasi Profesi di bidang pengukuran dan pemetaan, sedangkan pengawasan dilaksanakan oleh BPN RI, Kantor Wilayah BPN atau kantor pertanahan atau pejabat yang ditunjuk. Khusus Surveyor Berlisensi perorangan sesuai wilayah kerjanya. Dalam implementasinya Perkaban No. 9 tahun 2013 masih belum optimal, sehingga saat ini Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional sedang menyiapkan peraturan baru untuk merevisi peraturan tersebut.

Penerapan KKNI dalam bidang Pendidikan Tinggi: Permendikbud No. 73 Tahun 2013

Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) bidang pendidikan tinggi merupakan kerangka penjenjangan kualifikasi yang dapat menyandingkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan capaian pembelajaran dari jalur pendidikan nonformal, pendidikan informal, dan/atau pengalaman kerja ke dalam jenis dan jenjang pendidikan tinggi. Capaian pembelajaran pendidikan nonformal, pendidikan informal, dan pengalaman kerja dapat disetarakan dengan jenjang kualifikasi tertentu pada pendidikan tinggi. Capaian pembelajaran tersebut merupakan kemampuan yang diperoleh melalui internalisasi pengetahuan, sikap, keterampilan, kompetensi, dan akumulasi pengalaman kerja. Capaian pembelajaran dihasilkan oleh proses pendidikan tinggi mengacu pada standar kompetensi lulusan pendidikan tinggi. Dalam pasal 3 ayat (2) dan (3) Permendikbud No. 73 Tahun 2013 menyebutkan bahwa Penyetaraan capaian pembelajaran pendidikan nonformal, pendidikan informal, dan pengalaman kerja pada pendidikan tinggi diberlakukan terhadap capaian pembelajaran peserta didik yang telah memiliki ijazah SMA/SMK/MA/MAK/Paket C/Paket C Kejuruan. Penyetaraan capaian pembelajaran pendidikan nonformal, pendidikan informal, dan pengalaman kerja pada pendidikan tinggi diberlakukan mulai dari jenjang kualifikasi 3 (tiga) sebagai jenjang paling rendah sampai dengan jenjang kualifikasi 9 (sembilan) sebagai jenjang paling tinggi. Pengakuan atas capaian pembelajaran seseorang yang diperoleh dari pengalaman kerja, pendidikan nonformal, atau pendidikan informal ke dalam sektor pendidikan formal dilakukan melalui mekanisme Rekognisi Pembelajaran lampau (RPL). RPL dimaksudkan untuk (1) mengakui capaian pembelajaran yang diperoleh individu melalui pendidikan nonformal, informal, dan/atau pengalaman kerja sebagai dasar untuk melanjutkan pendidikan formal dalam rangka pembelajaran sepanjang hayat; (2) mengakui capaian pembelajaran yang dilakukan oleh perguruan tinggi dan/atau lembaga pendidikan dan pelatihan yang diselenggarakan oleh kementerian dan/atau lembaga di luar pembinaan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan dan Kementerian Agama sebagai dasar pemberian gelar yang setara; dan (3) mengakui tenaga ahli yang kualifikasinya setara dengan kualifikasi magister atau doktor sebagai dosen.

Rekognisi Pembelajaran Lampau (RPL) Menurut Permenristek Dikti Nomor 26 Tahun 2016

Rekognisi Pembelajaran Lampau (RPL) adalah pengakuan atas Capaian Pembelajaran (CP) seseorang yang diperoleh dari pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja ke dalam pendidikan formal. RPL bertujuan untuk: (a) mendapatkan pengakuan CP untuk melanjutkan pendidikan formal; dan (b) mendapatkan pengakuan CP untuk disetarakan dengan kualifikasi tertentu. Pengakuan CP untuk melanjutkan pendidikan formal merupakan pengakuan akumulasi CP yang diperoleh dari pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja sebagai dasar untuk melanjutkan pendidikan formal. Yang dimaksud dengan Pendidikan Formal adalah jalur pendidikan yang terstruktur dan berjenjang yang terdiri atas pendidikan dasar, pendidikan menengah, dan pendidikan tinggi (Peraturan Pemerintah No.13 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Penyelenggaraan Pendidikan). Pendidikan nonformal adalah jalur pendidikan di luar pendidikan formal yang dapat dilaksanakan secara terstruktur dan berjenjang misalnya lembaga kursus dan lembaga pelatihan, kelompok belajar, pendidikan kesetaraan (Program Paket C setara SMA/MA, Paket C Kejuruan setara SMK/MAK). Pendidikan nonformal berfungsi sebagai penambah pada pendidikan formal apabila pengetahuan (kognitif), sikap (afektif) dan keterampilan (psikomotorik) yang diperoleh peserta didik pada satuan pendidikan formal dirasa belum memadai. Hasil pendidikan nonformal dapat dihargai setara dengan hasil pendidikan formal setelah melalui uji kesetaraan yang memenuhi Standar Nasional Pendidikan oleh lembaga yang ditunjuk oleh Pemerintah atau Pemerintah Daerah. Sedangkan pendidikan Informal adalah jalur pendidikan keluarga dan lingkungan yang berbentuk kegiatan belajar secara mandiri. Hasil pendidikan informal dapat dihargai setara dengan pendidikan nonformal dan formal setelah melalui uji kesetaraan yang memenuhi Standar Nasional Pendidikan oleh lembaga yang ditunjuk oleh Pemerintah atau Pemerintah Daerah sesuai kewenangan masing-masing. Di dalam RPL, luaran dari proses pengakuan Capaian Pembelajaran (CP) untuk melanjutkan pendidikan formal melalui (a)

pendidikan formal berupa alih kredit (b) pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja berupa pembebasan kredit mata kuliah tertentu. Pengakuan tersebut ditetapkan oleh Perguruan Tinggi. Pengakuan CP untuk disetarakan dengan kualifikasi tertentu merupakan pengakuan akumulasi CP yang diperoleh dari pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja pada jenjang kualifikasi untuk bekerja. Pengakuan CP untuk disetarakan dengan kualifikasi tertentu ditetapkan oleh perguruan tinggi dan dapat bekerja sama dengan organisasi profesi atau pihak lain yang diakui oleh Kementerian. CP/LO (*Learning Outcome*) yang diperoleh dapat diakui kualifikasinya melalui RPL dalam rangka mengikuti studi pada program studi yang diselenggarakan oleh perguruan tinggi. Pengakuan CP untuk disetarakan dengan kualifikasi tertentu dilakukan oleh perguruan tinggi pada program studi dengan peringkat terakreditasi paling rendah B atau sebutan lain sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan. Dalam hal terdapat kebutuhan khusus untuk pengakuan CP Menteri dapat menugaskan perguruan tinggi tertentu untuk menyelenggarakan RPL. Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Nomor 73 tahun 2013 Kriteria penyelenggara yang berwenang melaksanakan RPL untuk memfasilitasi penyetaraan gelar yaitu (1) peserta didik yang merupakan calon pegawai di kementerian/lembaga yang membawahi perguruan tinggi dan/atau lembaga pendidikan dan pelatihan dan memiliki ikatan dinas; (2) program pendidikan telah 2 (dua) kali secara berturutan dan pada saat pengusulan masih terakreditasi atau tersertifikasi dari suatu lembaga akreditasi atau lembaga sertifikasi nasional atau internasional yang setara; (3) penyelenggara dapat membuktikan bahwa capaian pembelajaran lulusannya sesuai kualifikasi pada jenjang KKNI bidang pendidikan tinggi tertentu berdasarkan uji kompetensi kerja dan evaluasi kinerja lulusan; penyelenggara mempunyai sistem informasi akademik yang dapat diakses oleh Direktorat Jenderal untuk keperluan evaluasi akademik; (4) sudah memiliki sumber daya untuk menyelenggarakan pendidikan sesuai dengan rasio dosen dan mahasiswa sebesar 1:12 (satu banding dua belas) berkualifikasi magister atau setara dari program studi yang relevan; (5) lolos uji portofolio perencanaan penyelenggaraan RPL yang dilakukan oleh tim pakar yang ditugaskan oleh Direktur Jenderal.

Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral STPN

Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral (DI PPK) STPN didirikan tahun 1996, yang dikukuhkan dengan Surat Keputusan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.12 Tahun 1996, dengan tujuan untuk merespon tuntutan pembangunan di bidang Pertanahan. Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral didisain untuk memenuhi kebutuhan Asisten Surveyor Kadastral (Sekarang Asisten Surveyor Pertanahan). Setiap tahun Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional meluluskan kurang lebih 320 orang. Sampai dengan tahun 2016, jumlah alumni Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional berjumlah 5239 orang. Sebagian dari jumlah tersebut, sebanyak 2681 orang telah menjadi PNS di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional, alumni yang bukan PNS di Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional sebanyak 2558 orang tersebar menjadi Asisten Surveyor Pertanahan (ASP), sebagai PNS di Instansi selain BPN, dan juga di sektor swasta lainnya. Di masa awal pendiriannya tahun 1996-1997, selain melaksanakan pendidikan formal jalur reguler, Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral STPN pernah mengadakan pendidikan khusus bagi lulusan SMK Survei Pengukuran dan Pemetaan sebanyak 3 (tiga) periode dalam satu tahun (empat bulan/periode). Setiap periode peserta pelatihannya sebanyak 40 orang. Setelah selesai mengikuti pendidikan khusus tersebut Lulusan SMK Survei diberikan lisensi sebagai Asisten Surveyor Kadastral. Tujuannya waktu itu adalah untuk memenuhi kebutuhan perusahan swasta yang akan mengikuti tender kegiatan Proyek Administrasi Pertanahan (PAP)/Ajudikasi di BPN. Karena waktu itu persyaratan untuk mengikuti tender mereka (perusahan swasta) diwajibkan memiliki SDM yang mempunyai Lisensi Asisten Surveyor Kadastral. (Suyudi, 2016). Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral merupakan pendidikan formal yang diselenggarakan oleh Perguruan Tinggi dalam hal ini sebagai Perguruan Tinggi Kedinasan (PTK) di bawah Kementerian Agraria dan Tata Ruang. Sistem Pembelajarannya dengan Sistem Kredit Semester (SKS). Berdasarkan Struktur Kurikulum yang berlaku sekarang, jumlah SKS yang wajib ditempuh adalah sebanyak 43 SKS, dengan rasio 16 SKS Teori (37%) dan 27 SKS Praktik (63%) yang harus diselesaikan minimal 2 (dua) semester dan maksimal 4 (empat) semester. 43 SKS tersebut terdiri atas Mata Kuliah Inti, Mata Kuliah Pengukuran dan Pemetaan, Mata Kuliah Hukum dan Mata Kuliah Pendaftaran Tanah. Kurikulum yang digunakan secara periodik ditinjau ulang dan direvisi dalam rangka mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya Pengukuran dan Pemetaan Kadastral. Gelar yang diberikan adalah Ahli Pratama,

dan lulusannya berhak mendapatkan Lisensi Asisten Surveyor Pertanahan (ASP) setelah dinyatakan Lulus mengikuti Ujian Lisensi ASP yang diselenggarakan oleh Subdirektorat Surveyor Berlisensi Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN. Pada awalnya, dalam proses pembelajannya mahasiswa DI PPK STPN melaksanakan 2 (dua) kali Praktik Kerja Lapangan (PKL) yaitu PKL I Pemeliharaan Titik Dasar Teknik (di semester I) dan PKL II Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah (di semester II) yaitu PKL Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah secara sistematis seluruh wilayah desa yang ditunjuk sebagai wilayah PKL. Kedua PKL tersebut di laksanakan di Laboratorium Desa STPN di Wilayah Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, sebagai salah satu bagian dari Tri Dharma Perguruan Tinggi yaitu Pengabdian kepada Masyarakat. Kantor Pertanahan (*user*) dan Organisasi Profesi (Ikatan Surveyor Indonesia) juga dilibatkan dalam kegiatan supervisi PKL II ini. Tujuannya agar *User* dan dan Organisasi Profesi dapat memberikan masukan terhadap Kegiatan PKL II ini. Dengan mempertimbangkan masukan dari *User* (Kantor Pertanahan) dan *Stakeholders* dalam revisi Kurikulum terakhir yang berlaku sekarang (2016), kedua PKL ini diubah menjadi Kerja Praktik Pengukuran dan Pemetaan Kadastral yang dilaksanakan di Kantor Pertanahan dengan bobot 4 SKS yang ditempuh selama kurang lebih 2 (dua) bulan, dengan tujuan agar mahasiswa Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral mendapatkan pengalaman belajar Kerja Praktik/Magang secara langsung dalam kegiatan Pengupulan dan Pengolahan data fisik dan data yuridis yang dilaksanakan di Kantor Pertanahan sehingga setelah lulus diharapkan akan lebih "siap pakai". Dalam Kerja Praktik tersebut, mahasiswa harus melaksanakan Kegiatan Terstruktur ("Magang Terstruktur") yaitu pengumpulan dan pengolahan data fisik dan yuridis. Pengumpulan dan pengolahan data fisik berisi Praktik Pengumpulan dan Pengolahan Data Fisik Pendaftaran Tanah Pertama Kali, Pemeliharaan Data Pendaftaran Tanah (Pemecahan, Pemisahan, Penggabungan) Praktik Pengembalian Batas, Praktik Pemetaan Indeks Grafis, Praktik Pembuatan Gambar Ukur, Peta Dasar Pendaftaran, Peta Bidang, Surat Ukur dan Peta Pendaftaran. Praktik Pengumpulan dan Pengolahan Data Yuridis berisi kegiatan Pengumpulan dan Pengolahan Daftar Isian 201, Pembuatan dan Pengisian Daftar Isian 201C dan Pembuatan Daftar Isian 203. Semua kegiatan tersebut harus dilalui dan dibuat *check list*. Di akhir kegiatan Kerja Praktik mahasiswa harus membuat Laporan Kerja Praktik.

Pemberdayaan Lulusan SMK Geomatika Menjadi Asisten Surveyor Pertanahan

Lulusan SMK Geomatika telah memiliki paket kompetensi geomatika. Kompetensi tersebut antara lain Dasar-dasar Pengukuran dan Pemetaan (*Surveying*), Penginderaan Jauh, dan Sistem Informasi Geografis. Lulusan SMK telah memiliki keterampilan motorik menggunakan peralatan survey pengukuran dan pemetaan. Hal tersebut dapat dilihat dari dokumen kompetensi paket keahlian SMK Geomatika. Semuanya itu merupakan kompetensi keilmuan Geomatika secara umum yang telah didapatkan di SMK Geomatika. Kompetensi tersebut juga merupakan kompetensi yang harus dimiliki oleh lulusan Program Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral. Yang membedakan adalah lulusan SMK Geomatika belum memiliki kemampuan khusus di bidang pengukuran kadastral (*Technical Expertise*) yang spesifik mempelajari survey pengukuran dan pemetaan di bidang kadastral dan pengetahuan dasar mengenai hukum tanah dan pendaftaran tanah (Kompetensi yang wajib dimiliki oleh seorang Asisten Surveyor Kadastral/Pertanahan). Perbedaan inilah yang perlu ditambahkan bagi lulusan SMK Geomatika agar lulusan SMK Geomatika dapat dianggap setara dengan lulusan Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral, sehingga diharapkan dapat memenuhi persyaratan Ujian Lisensi ASP sebagaimana diatur dalam Perkaban No.9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi. Dengan proses tersebut tentu saja pendidikan dapat dilaksanakan dengan lebih cepat tidak seperti Pendidikan Program Diploma I yang memerlukan waktu tempuh 1 tahun. Disamping itu juga sebagian lulusan SMK telah menempuh jalur pendidikan lain baik itu non formal maupun informal serta pengalaman kerja di bidang tertentu. Di dalam RPL menurut Permenristek Dikti Nomor 26 Tahun 2016, bahwa luaran dari proses pengakuan Capaian Pembelajaran (CP) untuk melanjutkan pendidikan formal dapat dilakukam melalui dua cara yaitu (1) pendidikan formal berupa alih kredit; (2) pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja berupa pembebasan kredit mata kuliah tertentu. Pengakuan tersebut ditetapkan oleh Perguruan Tinggi. Pengakuan CP untuk disetarakan dengan kualifikasi tertentu merupakan pengakuan akumulasi CP yang diperoleh dari pendidikan formal atau nonformal atau informal, dan/atau pengalaman kerja pada jenjang kualifikasi untuk bekerja. Sehingga berdasarkan aturan tesebut mekanismenya pemberdayaan lulusan SMK Geomatika untuk dapat disetarakan dengan lulusan Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral yang dapat dilakukan dengan dua cara adalah (1) diikutkan dalam kegiatan pendidikan formal Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral (Reguler) dengan pembebasan kredit mata kuliah tertentu (pengurangan beban SKS)

dalam hal ini paket mata kuliah geomatika. (2) dengan mengadakan pendidikan khusus ASP (non formal) bagi lulusan SMK Geomatika dengan kurikulum yang disederhanakan (dipercepat) yang dilaksanakan oleh Perguruan Tinggi yang memenuhi persyaratan menyelenggarakan RPL. Menurut Permenristek Dikti Nomor 26 Tahun 2016, dalam hal terdapat "kebutuhan khusus" untuk pengakuan CP Menteri (dalam hal ini Menteri Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi) dapat menugaskan perguruan tinggi tertentu untuk menyelenggarakan RPL. Untuk memastikan bahwa kedua pilihan langkah tersebut telah benar-benar menghasilkan lulusan yang "siap pakai" (layak diberikan kesempatan mengikuri Ujian Lisensi ASP), perlu dilakukan Kerja Praktik dengan kegiatan terstruktur (Magang Terstruktur) di Kantor Pertanahan. Setelah magang terstruktur dilakukan, Kantor Pertanahan dapat memberikan rekomendasi untuk menjadi salah satu bahan penilaian secara keseluruhan dari proses pembelajaran oleh Perguruan Tinggi yang menyelenggarakan RPL untuk memberikan Surat Keterangan kesetaraan layak tidaknya Lulusan SMK Geomatika yang telah menempuh kedua pilihan tersebut dapat mengikuti ujian ASP.

Kesimpulan

1. Pemberdayaan Lulusan SMK Geomatika menjadi Asisten Surveyor Kadastral/Pertanahan (ASP) dapat dilakukan dalam rangka percepatan pengadaan juru ukur untuk menjawab tantangan percepatan Pendaftaran Tanah di Indonesia.
2. Mekanisme yang dapat dilakukan melalui adalah dengan dua pilihan (1) diikutkan dalam kegiatan pendidikan formal Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral dengan pembebasan kredit mata kuliah tertentu; (2) Rekognisi Pembelajaran Lampau dengan mengadakan pendidikan khusus ASP (non formal) bagi lulusan SMK Geomatika dengan kurikulum yang disederhanakan (dipercepat) oleh Perguruan Tinggi yang memenuhi persyaratan menyelenggarakan Rekognisi Pembelajaran Lampau.
3. Untuk memastikan bahwa kedua pilihan langkah tersebut telah benar-benar menghasilkan lulusan yang "siap pakai", perlu dilakukan Kerja Praktik dengan kegiatan terstruktur (Magang Terstruktur) di Kantor Pertanahan.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geodesi UGM, Segenap Panitia FIT-ISI-CGISE 2106, Tim Seleksi Makalah serta rekan penulis sehingga makalah ini dapat diterbitkan.

Referensi:

Daftar Peraturan

Peraturan Pemerintah No.13 Tahun 2010 tentang Pengelolaan Penyelenggaraan Pendidikan.

Permendikbud No. 73 Tahun 2013 tentan Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi

Permenristek Dikti Nomor 26 Tahun 2016 tentang Rekognisi Pembelajaran Lampau

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi.

Surat Keputusan Menteri Negara Agraria/Kepala Badan Pertanahan Nasional No.12 Tahun 1996 tentang Pendirian Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral.

Website/Blog

www.bpn.go.id (Situs Resmi Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional.

http://portal.ditpsmk.net/datapokok (Situs Resmi Direktorat Pembinaan SMK, Direktorat Jenderal Pendidikan Dasar dan Menengah Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia).

Interview

Suyudi, B. (2016), *Pendidikan Khusus Asisten Surveyor Kadastral di Masa Awal Pendirian Diploma I PPK-STPN*, Keterangan Pribadi yang belum dipublikasikan.

Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan

Eko Budi Wahyono

Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional
Jln. Tata Bumi No 5 Yogyakarta (ebudiw65@yahoo.co.id).

ABSTRACT

Tujuan penulisan menjadikan Surveyor Pertanahan memiliki kompeten dan profesional dalam melaksanakan tugas BPN RI bidang pengukuran dan pemetaan. Metode penelitian yang digunakan metode deskriptif dengan Studi Literatur, Peraturan Perundang – Undangan Penyelenggaraan Pendidikan profesi, Surveyor Berlisensi, laporan kinerja terkait surveyor berlisensi, wawancara dengan Surveyor Berlisensi. Hasil kajian terhadap peraturan dan perundangan penyelenggaraan pendidikan tinggi, kompetensi dan profesionalisme melalui Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Surveyor Pertanahan yang ada saat ini belum terukur. Lisensi Surveyor Pertanahan hanya diperoleh melalui ujian tertulis. Kompetensi belum terukur dan ciri – ciri dari karakteristik sikap profesionalisme belum sepenuhnya dipenuhi. Maka untuk membentuk Surveyor Pertanahan yang kompeten dan profesional diperlukan suatu pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan. Menurut Peraturan Peraturan Menteri Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 Pendidikan Profesi dapat dilaksanakan oleh perguruan tinggi yang bekerjasama dengan kementerian terkait, Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan dapat dilaksanakan oleh Perguruan tinggi yang bekerja sama dengan Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/BPN dan organisasi Profesi. Peserta didik Pendidikan Profesi Pertanahan memperoleh Sertifikat Kompetensi, Sertifikat Profesi Dan Lisensi Surveyor Pertanahan. Sehingga Profesionalisme dan kompetensi dan kewenangan dalam pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah Surveyor Pertanahan dapat dipertanggung jawabkan secara akademis dan hukum.

Keywords : Surveyor Pertanahan, Kompetensi dan Profesionalisme, Pendidikan Profesi.

Pendahuluan

A Surveyor is a profesional person with the academic qualification and technical expertice to practice the science of measurement; to the assamble and assess land and geographic related information ; to use that information for the purpose of planning and implementing the efficient administration of the land, the sea and structures there on; and to instigate the advancement and development of such practice. (Pub. FIG No.2, 1991). Dalam definisi surveyor menurut FIG diatas disebutkan bahwa seorang profesional dengan kualifikasi akademik dan ahli di bidang pengetahuan teknik pengukuran dan pemetaan. Seorang profesional memiliki karakteristik sebagai berikut (Peter Dale, Pub. FIG 19, 1998) :

e. Menguasai ketrampilan dan keahlian tertentu yang diperoleh dari pendidikan akademik dan pelatihan.

f. Menerima pekerjaan dari masyarakat dalam hubungan klien dan pemberi pekerjaan.

g. Memiliki pandangan yang obyektif terhadap pekerjaan

h. Memiliki pelayanan yang prima dengan standar yang tinggi terhadap perilaku dan kinerjanya.

Tuntutan ketrampilan dan keahlian tertentu dari seorang profesional sangat mutlak. Seorang surveyor memiliki tanggung jawab moral dan etika kepada masyarakat, klien dan pemimpin perusahaan, rekan seprofesi dan stafnya. Seorang Surveyor yang profesional harus memiliki sikap : Integritas, independen, peduli dan memiliki kompetensi, dan tanggung jawab selama melaksanakan pekerjaan. Profesionalisme sebuah profesi dapat terukur dengan jelas salah satunya melalui ukuran bidang akademik, berarti harus melalui suatu jenjang pendidikan keahlian tertentu. Jenjang pendidikan yang dimaksud dalam profesi surveyor adalah jenjang pendidikan pada tingkat sarjana dengan kompetensi dibidang teknik geomatika – geodesi. Salah satu tuntutan dalam sikap profesionalisme seorang surveyor juga mengikuti suatu kegiatan pelatihan untuk meningkatkan ketrampilan dan ilmu pengetahuannya. Menurut Undang Undang No. 14 Tahun 2005 Tentang Guru Dan Dosen BAB I ayat 1, Profesional adalah pekerjaan atau kegiatan yang dilakukan oleh seseorang dan menjadi sumber penghasilan kehidupan yang memerlukan keahlian, kemahiran, atau kecakapan yang memenuhi standar mutu atau norma tertentu serta memerlukan pendidikan profesi.

Di Indonesia, Surveyor Pertanahan untuk memperoleh lisensi surveyor berlisensi yang merupakan tanda bukti profesionalisme dan kewenangan seorang surveyor bidang pertanahan

setelah memperoleh gelar akademik dan pengalaman kerja (tidak mutlak) dapat mengikuti ujian tertulis yang diselenggarakan Kementerian Agraria Tata Ruang – Badan Pertanahan Nasional dan dinyatakan lulus langsung memperoleh lisensi Surveyor Pertanahan. Pengetahuan tentang profesi Surveyor Pertanahan tidak diperoleh melalui suatu jenjang pendidikan dan pelatihan melainkan pengalaman dalam bekerja setelah mendapatkan lisensi. Tentu hal ini akan menimbulkan permasalahan tersendiri dalam melaksanakan pekerjaan dibidang pertanahan. Pengetahuan pertanahan yang minim dapat menimbulkan konflik pertanahan dan akibat hukum bagi surveyor pertanahan. Karena pengetahuan pertanahan tidak hanya masalah teknis geodesi – geomatika saja melainkan pengetahuan tentang hukum pertanahan, sosial dan administrasi pertanahan juga harus dikuasai. Tuntutan Undang – Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang keinsinyuran, Surveyor Pertanahan adalah sumber daya manusia yang andal dan profesional yang mampu melakukan rekayasa teknik guna meningkatkan nilai tambah, daya saing, daya guna, efisiensi dan efektivitas anggaran, perlindungan publik, kemajuan ilmu dan teknologi, serta pencapaian kebudayaan dan peradaban bangsa yang tinggi. Maka Hasil karya Surveyor Pertanahan harus dapat dipertanggungjawabkan, baik secara moril-materiil maupun di muka hukum sehingga layanan jasa di bidang Keinsinyuran memiliki kepastian hukum, memberikan pelindungan bagi Surveyor Pertanahan dan pengguna, serta dilakukan secara profesional, bertanggung jawab, dan menjunjung tinggi etika profesi. Praktik Surveyor Pertanahan adalah sikap, penguasaan ilmu pengetahuan, teknologi, dan keterampilan teknik yang dimiliki, yang diperoleh melalui pendidikan dan pelatihan di bidang Pertanahan. Maka pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan menjadi penting untuk dilaksanakan.

Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif diperoleh dari Studi Literatur, Peraturan Perundang – Undangan Penyelenggaraan Pendidikan profesi, Surveyor Berlisensi, laporan kinerja terkait surveyor berlisensi, wawancara dengan Surveyor Berlisensi.

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

1. Surveyor Pertanahan Di Indonesia Dan SKKNI-IG.

Menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi, dalam rangka percepatan pelaksanaan pendaftaran tanah di wilayah Republik Indonesia Kepala BPN RI mengangkat Surveyor Berlisensi yang bertugas membantu sebagaian tugas BPN RI dalam melaksanakan pekerjaan dibidang pengukuran dan pemetaan. Surveyor Berlisensi dalam melaksanakan tugasnya dapat bergabung dengan Kantor Jasa Surveyor Berlisensi (KJSB) atau bertindak sebagai perorangan. Satu KJSB terdiri atas 1 (satu) Surveyor Pertanahan dan 2 (dua) Asisten Surveyor Pertanahan. Surveyor Berlisensi selaku perseorangan terdiri atas Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan. **Surveyor Pertanahan** adalah Seseorang yang memiliki keahlian dibidang pengukuran dan pemetaan serta kemampuan mengorganisasi kegiatan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah dan telah **mendapatkan lisensi dari BPN RI**. **Asisten Surveyor Pertanahan** adalah Seseorang yang memiliki ketrampilan dibidang pengukuran dan pemetaan yang diberi kewenangan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah yang **mendapat lisensi dari BPN RI**. Untuk memperoleh lisensi calon Surveyor Pertanahan dan calon Asisten Surveyor Pertanahan mengikuti ujian yang diselenggarakan oleh Kementererian Agraria Tata Ruang – Badan Pertanahan Nasional. Syarat untuk mengikuti ujian Surveyor Berlisensi sebagai berikut :

C. Syarat untuk mendapatkan Lisensi Surveyor Pertanahan :
   7. WNI
   8. Mengikuti Ujian Calon SP
   9. Usia < 60 Th.
   10. Fotocopy KTP
   11. Surat Permohonan
   12. Sarjana (Strata 1) Prodi bidang Pengukuran dan Pemetaan dari PT Terakreditasi atau perorangan dengan pengalaman bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Sarjana /S1.

D. Syarat untuk mendapatkan Lisensi Asisten Surveyor Pertanahan :
   7. WNI
   8. Mengikuti Ujian Calon ASP
   9. Usia < 60 Th.
   10. Fotocopy KTP
   11. Surat Permohonan
   12. Lulusan D1 Prodi Bidang Pengukuran Dan Pemetaan PT Terakreditasi atau Sekolah Tinggi Kedinasan Yang Terakreditasi.

Dengan dipenuhinya syarat – syarat diatas Calon Surveyor Pertanahan dan Calon Asisten Surveyor Pertanahan dapat mengikuti ujian dan jika dinyatakan lulus baru mendapatkan Lisensi Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan.

Dari Syarat diatas, seorang Surveyor Pertanahan dalam memperoleh Lisensinya harus memiliki kualifikasi pendidikan sarjana (S1) dan lulus ujian, tidak ada ketentuan harus mengikuti pendidikan dan pelatihan secara khusus bidang pertanahan terlebih

dahulu. Berbeda dengan Surveyor Pertanahan di negara lain seperti di Eropa, untuk memperoleh lisensi disamping syarat harus sarjana, juga diwajibkan mengikuti pendidikan dan pelatihan khusus tentang pertanahan (Europas, G, 2006). Lisensi Surveyor Pertanahan dan Asisten Surveyor Pertanahan berlaku selama 5 tahun dan dapat diperpanjang sampai usia maksimal 60 tahun. Perpanjangan Lisensi dengan syarat :

4. Surat Permohonan Perpanjangan.
5. Foto copi Lisensi dan
6. Surat Pernyataan Pengalaman Pekerjaan paling sedikit 50 Bidang tanah yang dibuktikan dengan gambar ukur yang dihasilkan.

Ruang lingkup pekerjaan Surveyor Berlisensi menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 adalah sebagai berikut :

C. **KJSB :**
   - Pengukuran dan Pemetaan PT pertama kali Sporadik maupun Sistematik.
   - Pengukuran dan Pemetaan Tematik.

D. **Perseorangan :**
   - Pengukuran dan Pemetaan PT Pertama kali Sporadik maupun Sistematik.
   - Pengukuran dan Pemetaan Tematik.
   - Pengukuran dan pemetaan Pemeliharaan Data PT.

Surveyor Berlisensi merupakan sumber daya manusia penyelenggara informasi geospasial bidang pertanahan. Dalam melaksanakan tugasnya disamping memiliki Lisensi yang diperolehnya dengan melalui ujian, tetapi juga harus memiliki kompetensi dan profesional. Dalam proses mendapatkan lisensi, ujian yang dilaksanakan hanya berupa ujian tertulis menyangkut pegetahuan tentang teknis, admnistrasi dan yuridis terkait bidang pertanahan. Ujian kompetensi dan sikap profesional belum diuji. Padahal menurut Undang – Undang nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial pada pasal 55 dan pasal 56, tenaga pelaksana informasi geospasial harus berkompeten dan tersertifikasi. Sejak tanggal 16 Desember 2013, pelaksanaan uji kompetensi dan sertifikasi tenaga profesional di bidang informasi geospasial mengacu pada Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Bidang Informasi Geospasial, disingkat SKKNI-IG, yang ditetapkan berdasarkan Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.331/MEN/III/2013. SKKNI-IG disusun menggunakan kemasan Kualifikasi Nasional ke dalam 6 (enam) sub bidang IG dan dimulai dari jenjang ke tiga Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia (KKNI) : Survei Terestris, Fotogrametri, Hidrografi, Penginderaan Jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan Kartografi. Standart Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Bidang Informasi Geospasial sub bidang Pertanahan sampai saat ini belum ada. Sehingga uji kompentensi belum dapat dilakukan. Akibatnya Kompetensi dan Profesionalisme Surveyor Berlisensi belum teruji serta tidak terukur.

Berdasarkan ketentuan tentang Surveyor Berlisensi ini, Surveyor Berlisensi harus menjadi anggota organisasi profesi dibidang pengukuran dan pemetaan dan memiliki kode etik profesi yang dibuat oleh organisasi profesi. Organisasi profesi Surveyor Berlisensi pernah ada yaitu Ikatan Surveyor Kadastral Indonesia (ISKI), eksistensi organisasi ISKI saat ini tidak aktif. Sehingga banyak surveyor berlisensi belum bergabung dengan organisasi profesi khusus untuk surveyor berlisensi. Termasuk bergabung dengan Ikatan Surveyor Indonesia (ISI), belum banyak yang bergabung. Rencana kedepan dalam organisasi ISI akan ada kompartemen bidang Pertanahan, Surveyor Berlisensi dapat bergabung dengan organisasi profesi Ikatan Surveyor Indonesia. Sehingga Surveyor Berlisensi dapat mengikuti ujian Kompetensi yang dilaksanakan oleh ISI untuk memperoleh sertipikat kompetensi. Dan hal ini sesuai tuntutan dari karakteristik Profesional dan Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013.

2. Tantangan Surveyor Pertanahan Kedepan.

Program strategis Kementerian Agraria Tata Ruang / Badan Pertanahan Nasional terdiri dari : a). Percepatan Pendaftaran Tanah, b) Reformasi Agraria, dan c) Pengadaan Tanah. Ketiga Program Strategis pemerintah tersebut, semuanya memerlukan sumber daya manusia pelaksana informasi geospasial bidang pertanahan. Keterbatasan jumlah pelaksana informasi geosapasial bidang pertanahan dengan status kepegawaian Aparatur Sipil Negara sangat terbatas. Sehingga kebutuhan sumber daya manusia pelaksana informasi geospasial bidang pertanahan non ASN sangat dibutuhkan dalam jumlah yang banyak. Kondisi pelaksana informasi geospasial bidang pertanahan saat ini, berdasarkan data dari Direktorat Pengukuran dan Pemetaan Dasar Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN (Kementerian ATR/BPN) jumlah Total sampai saat ini Surveyor Berlisensi : 2.723 orang yang terdiri atas 296 Surveyor Pertanahan dan 2427 Asisten Surveyor Pertanahan. Jumlah petugas ukur yang tercatat di Kementerian ATR/BPN dengan status ASN/PNS adalah 2.159 orang dengan asumsi 80 % yang aktif sedangkan 20% tidak aktif dikarenakan faktor usia dan keterbatasan dalam *upgrading* kemampuan pengukuran dan pemetaan. Berdasarkan penelitian dari Pusat Penelitian Dan Pengembangan Kementerian ATR/BPN tahun 2015 diperoleh data jumlah bidang tanah di Indonesia sebagai berikut : Jumlah bidang tanah : 90.622.503 Bidang, jumlah bidang tanah yang telah terdaftar : 35.789.766 Bidang dan jumlah bidang tanah yang belum terdaftar : 54.832.737 Bidang. Dari analisis yang dilakukan oleh

PUSLITBANG Kementerian ATR/BPN, beban kerja rata-rata kemampuan PNS petugas ukur untuk mengukur bidang tanah sebagai berikut : Secara sporadik dalam satu hari adalah 5 bidang tanah dan Secara sistematis dalam satu hari adalah 15 bidang tanah. Sehingga untuk menyelesaikan pengukuran dan pemetaan bidang tanah yang belum terdaftar jika dikelakukan oleh petugas ukur PNS dan Surveyor Berlisensi memerlukan waktu jika pelaksanaan pendaftaran tanah dilakukan secara Sporadik 35 tahun, tetapi jika dilaksanakan secara sistematik 10 sampai 15 tahun. Untuk itu perlu ada penambahan petugas ukur swasta/Surveyor Berlisensi dalam jumalh yang cukup besar, karena jika melalui pengadaan ASN/PNS terkendala moratorium.

Dalam menghadapi tantangan Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) 2016, profesi Surveyor Pertanahan sampai saat ini belum dapat dikatakan profesional karena karakteristik profesional belum terpenuhi secara maksimal. Selain itu profesi ini tidak melalui suatu pendidikan profesi, sehingga akan menghadapi permasalahan tersendiri. Karena Pendidikan Profesi menjadi tuntutan dari MEA.

3. Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan

3.1. Pendidikan Profesi.

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi, terdapat 3 jenis Pendidikan Tinggi di Indoensia yaitu : Pendidikan Akademik, Pendidikan Vokasi dan Pendidikan Profesi. Pendidikan Akademik merupakan Pendidikan Tinggi program sarjana dan/atau program pascasarjana yang diarahkan pada penguasaan dan pengembangan cabang Ilmu Pengetahuan dan Teknologi. Pendidikan Vokasi merupakan Pendidikan Tinggi program diploma yang menyiapkan Mahasiswa untuk pekerjaan dengan keahlian terapan tertentu sampai program sarjana terapan. Pendidikan profesi merupakan Pendidikan Tinggi setelah program sarjana yang menyiapkan Mahasiswa dalam pekerjaan yang memerlukan persyaratan keahlian khusus. Pendidikan profesi dapat diselenggarakan oleh Perguruan Tinggi dan bekerja sama dengan Kementerian, Kementerian lain, LPNK (Lembaga Pemerintah Non Kementerian), dan/atau organisasi profesi yang bertanggung jawab atas mutu layanan profesi. Dalam penjelasannya Undang Undang No. 12 Tahun 2012 disebutkan dalam penyelenggaraan pendidikan profesi Kerja sama dengan Kementerian, Kementerian lain, LPNK, dan/atau organisasi profesi, antara lain penetapan standar kompetensi, penetapan kualifikasi lulusan, penyusunan kurikulum, penggunaan sumber belajar, dan uji kompetensi.. Maka dalam penyelenggaraan Pendidikan Profesi lembaga yang terlibat adalah Kementerian, Organisasi Profesi dan Perguruan tinggi. Pendidikan Profesi ini dilaksanakan dalam rangka menyiapkan profesional. Lulusan Program Profesi berhak menggunakan gelar Profesi dan memperoleh sertifikat Profesi. Sertifikat profesi diterbitkan oleh Perguruan Tinggi bersama dengan Kementerian, Kementerian Lain, LPNK, dan/atau Organisasi Profesi. Pendidikan Profesi merupakan program lanjutan yang terpisah atau tidak terpisah dari program sarjana, atau program diploma empat/sarjana terapan Lulusan program profesi paling sedikit menguasai teori aplikasi bidang pengetahuan dan keterampilan tertentu;

3.2. Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan.

Tuntutan seorang Surveyor Pertanahan harus profesional sudah menjadi kebutuhan bagi penyelenggara negara yang menangani Pertanahan. Salah satu cara untuk meningkatkan kapasitas dan kompetensi surveyor pertanahan menjadi profesional adalah dengan mengikuti pendidikan profesi surveyor Pertanahan.

a. Penyelenggaraan Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan.

Berdasarkan definisi Surveyor menurut FIG dan syarat untuk menjadi Surveyor Pertanahan menurut Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 9 Tahun 2013 berdasarkan strata pendidikan Surveyor Pertanahan Sarjana (Strata 1) Prodi bidang Pengukuran dan Pemetaan dari PT Terakreditasi atau perorangan dengan pengalaman bidang Pengukuran dan Pemetaan dari Sarjana /S1. Menurut Undang – Undang Nomor 12 Tahun 2012, Peraturan Pemerintah Nomor 4 Tahun 2014, maka Perguruan Tinggi yang dapat menyelenggarakan pendidikan Profesi dapat berbentuk : Universitas, Institut, Sekolah Tinggi dan Politeknik. Perguruan Tinggi yang boleh mendirikan Program Profesi Surveyor haruslah perguruan tinggi yang memiliki program studi Geomatika – Geodesi atau Perguruan Tinggi Kedinasan dibawah Kementerian Agraria – Tata Ruang / Badan Pertanahan (Kementerian ATR/BPN). Program Studi tersebut harus terakreditasi oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN–PT). Dalam penyelenggaraannya Perguruan tinggi tersebut harus bekerja sama dengan Kementerian Agraria – Tata Ruang / Badan Pertanahan (Kementerian ATR/BPN) dan organisasi profesi bidang survey pengukuran dan pemetaan yang aktif yaitu Ikatan Surveyor Indonesia (ISI). Keterlibatan ketiga institusi ini, termasuk dalam proses perijinan penyelenggaraan pendidikan, penyusunan kurikulum dan penyerapan tenaga kerja program profesi Surveyor Pertanahan setelah menamatkan pendidikannya.

b. Kesetaraan Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan Pada Jenjang Kualifikasi KKNI.

Menurut Peraturan Presiden nomor 8 tahun 2012 Kerangka Kerja Nasional Indonesia (KKNI), adalah

kerangka penjenjangan kualifikasi kompetensi yang dapat menyandingkan, menyetarakan, dan mengintegrasikan antara bidang pendidikan dan bidang pelatihan kerja serta pengalaman kerja dalam rangka pemberianpengakuan kompetensi kerja sesuai dengan struktur pekerjaan di berbagai sektor. KKNI merupakan sistem yang berdiri sendiri dan merupakan jembatan antara sektor pendidikan dan pelatihan untuk membentuk sumber daya manusia nasional berkualifikasi (*Qualified Person*) dan bersertifikasi (*Certified Person*) melalui skema pendidikan formal, non formal, in formal, pelatihan kerja atau pengalaman kerja. Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan merupakan pendidikan formal yang diselenggarakan oleh Pendidikan Tinggi. Pasal 3 Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 73 Tahun 2013 Tentang Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi menyebutkan bahwa Penyetaraan capaian pembelajaran pendidikan nonformal, pendidikan informal, dan pengalaman kerja pada pendidikan tinggi mulai dari jenjang kualifikasi 3 (tiga) sebagai jenjang paling rendah sampai dengan jenjang kualifikasi 9 (sembilan) sebagai jenjang paling tinggi. Pendidikan Profesi Surevyor Pertanahan berada pada jenjang 7 yaitu setara Lulusan Pendidikan Profesi. Satu tingkat diatas pendidikan Sarjana baik Diploma IV atau Strata 1. Maka untuk kedepan pengembangan karier berbasis pengalaman kerja ataupun pelatihan kerja, Profesi Surveyor Pertanahan termasuk Jabatan Ahli. Hal ini sesuai dengan definisi surveyor pertanahan menurut Peraturan Kepala Badan Nomor 9 Tahun 2103.

c. Kurikulum Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan.

Berdasarkan ruang lingkup pekerjaan dan kewenangan Surveyor Berlisensi seperti yang disebutkan dalam Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 9 Tahun 2013 dan Menurut Enemark, 2005. Pengetahuan pertanahan dalam hal ini bidang kadaster, infrastruktur dan sistem kadaster meliputi : Penguasaan dan Pemilikan atas Tanah (*Land Tenure*), Nilai Tanah (*Land Value*) dan Penggunaan Tanah (*Land Use*). Maka untuk menyusun kurikulum pendidikan profesi surveyor pertanahan harus memasukkan pengetahuan tentang Hukum Tanah, Hukum Agraria, administrasi pertanahan, ilmu sosial, Geomatika – Geodesi, survey kadastral, Penilaian Tanah, Tata Tuang / Penggunaan Tanah dan manajemen pertanahan. Berdasarkan pasal 16 Peraturan Menteri Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 jumlah satuan kredit semester (SKS) yang harus ditempuh dalam pendidikan profesi paling sedikit 24 SKS dan ditempuh dalam waktu paling lama 3 tahun. Dalam proses pembelajaran berupa kuliah dan harus ada mata kuliah praktik. Mata Kuliah Praktik dilakukan dengan jumlah SKS yang lebih banyak dibanding SKS Mata Kuliah Teori. Tidak kalah penting dalam proses pembelajaran, keterlibatan Kementerian ATR – BPN sangat penting khususnya membantu dan memfasilitasi dalam kuliah Praktik Kerja Lapangan. Mengenalkan permasalahan pertanahan secara langsung dilapangan kepada peserta didik.

Setelah mengikuti pendidikan profesi Surveyor Pertanahan, maka yang bersangkutan dapat memperoleh : Sertifikat Profesi, Sertifikat Kompetensi dan Lisensi Surveyor Pertanahan. Maka dengan demikian lulusan pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan akan lebih profesional dalam menjalankan tugasnya.

d. Profesionalisme Lulusan Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan.

Nilai profesionalisme Surveyor pertanahan harus teruji dan terukur, terkait dengan kompetensi dan kewenangan yang dimilikinya. Kompetensi Surveyor Pertanahan ditunjukkan dengan Sertifikat Kompetensi dan Sertifikat Profesi, sedangkan kewenangan Surveyor Pertanahan ditunjukkan oleh Lisensi Surveyor Pertanahan. Menurut Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014 : Sertifikat Kompetensi adalah dokumen pengakuan kompetensi atas prestasi lulusan yang sesuai dengan keahlian dalam cabang ilmunya dan/atau memiliki prestasi diluar program studinya. Sertifikat kompetensi ini diberikan kepada lulusan yang lulus uji kompetensi yang diselenggarakan oleh organisasi profesi, lembaga pelatihan atau lembaga sertifikasi yang terakreditasi. Sertifikat Kompetensi dapat juga diterbitkan oleh perguruan tinggi yang pelaksanaan uji kompetensinya bekerja sama dengan organisasi profesi, lembaga pelatihan atau lembaga sertifikasi yang terakreditasi. Sertifikat Kompetensi Surveyor Pertanahan dapat diterbitkan oleh Organisasi profesi ISI atau Perguruan tinggi penyelenggara Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan yang bekerja sama dengan organisasi profesi saat pelaksanaan uji kompetensi. Sertifikat Profesi adalah dokumen pengakuan kemampuan praktik profesi yang diperoleh lulusan pendidikan profesi, spesialis, subspesialis atau sebutan lain yang sejenis. Sertifikat Profesi menunjukkan bukti tertulis tentang kemampuan menjalankan praktik profesi. Sertifikat Profesi diterbitkan oleh perguruan tinggi bersama Kementerian, Kementerian lain, LPNK, dan/atau organisasi profesi yang bertanggung jawab atas mutu layanan profesi, dan/atau badan lain sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan. Untuk Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan, Sertifikat profesi diterbitkan oleh Pendidikan Tinggi

penyelenggara pendidikan profesi yang telah bekerja sama dengan Kementerian ATR-BPN dan Organisasi profesi Ikatan Surveyor Indonesia (ISI). Lisensi adalah izin yang diberikan oleh Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia kepada surveyor berlisensi untuk membantu melaksanakan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran tanah. Lisensi ini dikeluarkan oleh Kementerian ATR-BPN, setelah calon Surveyor Berlisensi dinyatakan lulus setelah menempuh ujian tertulis. Lisensi ini memberi kewenangan kepada Surveyor Berlisensi melaksanakan pengukuran dan pemetaan bidang tanah untuk keperluan pendaftaran tanah.

Kesimpulan dan Saran

1. Pendidikan Profesi Surveyor Pertanahan dapat dilaksanakan oleh Perguruan tinggi yang telah terakreditasi oleh Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi dan melakukan kerja sama dengan Kementerian Agraria Dan Tata Ruang/BPN dan organisasi Profesi Ikatan Surveyor Indonesia.
2. Peserta didik Pendidikan Profesi Pertanahan yang lulus akan mendapatkan Sertifikat Kompetensi, Sertifikat Profesi dan Lisensi Surveyor Berlisensi.
3. Sikap profesionalisme Surveyor Pertanahan dapat terukur secara nyata dan memiliki kewenangan dalam kegiatan pengukuran dan pemetaan dalam rangka pendaftaran Tanah.

Daftar Pustaka

Enemark, Stig, 2005, *Understanding the Land Management Paradigm*, Fig Com 7 Symposium OnInnovative Technologies For Landadministration 19 – 25 June 2005, Madison, Wisconsin, USA.

EUROPAS, G. *Geometer Europas.* FIG 2006 Munich.

Paramia, S., Susanto, H. & Adi, F. N. 2013. *Pemberdayaan Surveyor Berlisensi dalam Rangka Percepatan Pendaftaran Tanah*. Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia (FIT- ISI) 2013, 2013 STPN Yogyakarta. Yogyakarta.

Pekka Raitenen, -, *Definition Of A Surveyor*, FIG Publication No. 2. diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub02/figpub_2.pdf (tgl. 5 September 2016).

Peter Dale, 1998, Statement of Ethical Principles and Model Code of Profesional Conduct, FIG Publication No. 17, diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub17/figpub_17.pdf (tgl. 5 September 2016).

Peter Morgan, Robert Hodgkinson, Enemark, 1999, *Quality Assurance in Surveying Education*, FIG Publication No. 19, diakses dari http://www.fig.net/resources/publications/figpub/pub19/figpub_19.pdf (tgl. 5 September 2016).

WIDIANTO, T. *Penguatan Status Surveyor Berlisensi Menjadi Pejabat Pengukur Bidang Tanah* (*PPBT*). FIT ISI 2015, 2015 Malang.

Undang – Undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru Dan Dosen.

Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 12 Tahun 2012 Tentang Pendidikan Tinggi.

Undang – Undang Nomor 11 Tahun 2014 tentang keinsinyuran

Peraturan Presiden nomor 8 tahun 2012 Kerangka Kerja Nasional Indonesia (KKNI)

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2014 Tentang Penyelenggaraan Pendidikan Tinggi Dan Pengelolaan Perguruan Tinggi.

Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 73 Tahun 2013 Tentang Penerapan Kerangka Kualifikasi Nasional Indonesia Bidang Pendidikan Tinggi.

Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 81 Tahun 2014 Tentang Ijazah, Sertifikat Kompetensi, Dan Sertifikat Profesi Pendidikan Tinggi.

Peraturan Menteri Riset, Teknologi, Dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia Nomor 44 Tahun 2015 Tentang Standar Nasional Pendidikan Tinggi.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional No. 9 Tahun 2013 tentang Surveyor Berlisensi.

Keputusan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi Republik Indonesia Nomor KEP.331/MEN/III/2013 tentang Penetapan Standar Kompetensi Kerja Nasional Indonesia Kategori Jasa Profesional, Ilmiah Dan Teknis Golongan Pokok Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil; Analisis Dan Uji Teknis Gologan Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI Sub Golongan Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI Kelompok Jasa Arsitektur Dan Teknik Sipil Serta Konsultasi Teknis YBDI Sub Kelompok Informasi Geospasial.

Uji Ketelitian Hasil Pemotretan UAV untuk Pemetaan Wilayah Lingkungan Pantai Skala 1:10.000

Nadya Oktaviani

Badan Informasi Geospasial (BIG)
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong-Bogor, 16911
Email: nadya.oktaviani@big.go.id

ABSTRACT

The technology continues to advance, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) is also experiencing growth. Non-crew aircraft (UAV) originally developed for military and national defense. It aims to reduce risks to human resources. Until now the use of this technology reaching the mapping aspect. This condition is driven by the increasing demands for speed and accuracy of spatial data acquisition. Geospatial Information Agency (BIG) is a government agency engaged in basic mapping, which one for Coastal Mapping Indonesia (LPI). LPI in scale of 1: 10,000 has never been in BIG, then BIG still on trying all methods for large-scale mapping in coastal areas. The challenge is in the installation of a control point on the field. The control point is the reference to horizontal orientation in the process of photo mosaicing. The results show the UAV has value of fault tolerance in the mapping scale of 1: 10,000.

Keyword: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), LPI, map accuracy standards

ABSTRACT

Perkembangan teknologi terus melaju. Sebut saja wahana pesawat udara nir-awak yang yang lebih dikenal dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV) juga mengalami perkembangan. Mulanya pesawat nir-awak ini dikembangkan untuk kepentingan militer dan pertahanan Nasional. Hal ini bertujuan untuk mengurangi tenaga manusia sebagai upaya untuk mengurangi risiko terhadap manusia itu sendiri. Hingga kini penggunaan teknologi ini merambah dunia pemetaan. Kondisi ini didorong oleh kebutuhan yang semakin meningkat dan menuntut kecepatan serta keakuratan dalam melakukan akuisisi data spasial. Badan Informasi Geospasial (BIG) merupakan instansi pemerintah yang bergerak dibidang pemetaan dasar, salah satunya pemetaan di wilayah pantai, yang dituangkan dalam bentuk Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI). Pemetaan LPI skala 1:10.000 belum pernah dilakukan di BIG, sehingga uji coba metode pemetaan terus dilakukan untuk memenuhi kebutuhan pemetaan skala besar di wilayah pantai. Tantangan yang dihadapi adalah dalam pemasangan titik kontrol dilapangan. Titik kontrol menjadi acuan untuk orientasi horizontal dalam proses mozaiking foto hasil pemotretan. Hasil uji coba metode memperlihatkan bahwa nilai ukuran memenuhi toleransi kesalahan dalam pemetaan skala 1:10.000.
`

Kata Kunci: *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), Peta LPI, standar ketelitian peta

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Dewasa ini teknologi pemetaan semakin berkembang. Seperti halnya teknologi pemotretan udara. Mulanya pemetaan melalui udara dilakukan dengan menggunakan wahana yang ditumpangi pilot dan beberapa tim teknis. Sekarang pemanfaatan wahana udara untuk pemetaan tidak perlu menggunakan pilot. Wahana hanya cukup dikendalikan dan dipantau didarat menggunakan sistem navigasi yang dipasangkan di pesawat dan terhubung dengan komputer (didarat).

Awalnya pemikiran menggunakan wahana udara tanpa awak ini difungsikan untuk mengurangi risiko terhadap penggunaan tenaga manusia. Selanjutnya berkembang, karena desakan kebutuhan, penggunaan wahana ini difungsikan untuk percepatan penyelesaian program pemerintah, salah satunya dibidang pemetaan. Pemetaan cepat menggunakan wahana nir-awak sudah banyak dilakukan, misalnya saja untuk memantau kondisi wilayah pasca bencana, memantau kondisi lahan pertanian, serta pemanfaatan dibidang militer. Pemanfaatan wahana nir-awak ini dinilai cukup efisien dalam penggunaan biaya dan waktu yang dibutuhkan (Zamri, 2012). Namun tetap bergantung pada luasan area potret, ketajaman kamera, serta posisi kamera pada saat pengambilan gambar (Gularso, dkk., 2015)

Pembuatan peta dasar disekitar wilayah pantai menggunakan UAV masih jarang dilakukan. Pemetaan untuk wilayah darat dan wilayah pantai

memiliki perbedaan. Hal ini dikarenakan kondisi dan sifat fisik keduanya tidak sama. Oleh karena itu, perlu adanya uji terhadap hasil pemotretan menggunakan UAV diwilayah pantai, mengingat banyak tantangan yang dianggap mempengaruhi ketelitian hasil untuk pembuatan peta dasar.

Tujuan

Penelitian ini dilakukan untuk mencari nilai kesalahan maksimum pada foto ortho hasil pengukuran menggunakan UAV. Selanjutnya nilai kesalahan maksimum dalam penelitian ini digunakan sebagai acuan untuk mengevaluasi pemanfaatan metode UAV untuk pemetaan dasar skala 1:10.000 di wilayah pantai.

Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

1. Wilayah survei di daerah Tempuran, Karawang Barat dengan kondisi pantai datar.
2. Titik kontrol diukur menggunakan GPS Geodetik dan hanya dipasang secara paralel di area dekat pantai dengan jarak antar titik sejauh 1 km. Titik yang diukur menggunakan GPS akan memiliki koordinat, selanjutnya digunakan untuk meningkatkan akurasi setiap foto dan foto lebih terkontrol
3. Diukur titik kontrol lainnya selain GCP untuk pengecekan foto hasil orthorektifikasi. Titik ini tidak dilibatkan dalam proses orthorektifikasi foto.
4. Wahana yang digunakan adalah LSU 02. Merupakan milik LAPAN dengan spesifikasi bentang sayap 2,4 m dan panjang badan pesawat 1,7 m dan menggunakan mesin dengan bahan bakar pertamax (Prabowo, 2015).

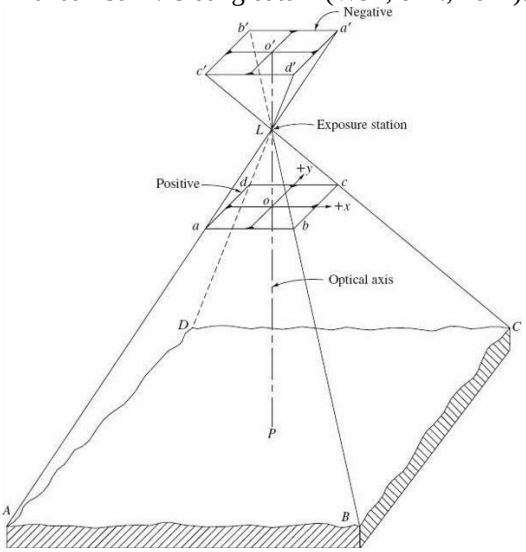


Gambar 1. Pesawat LSU 02 milik LAPAN

METODOLOGI

Prinsip Fotogrameteri

Idealnya pemotretan menggunakan UAV harus memenuhi syarat fotogrameteri. Hal ini mempengaruhi geometri foto yang dihasilkan. seperti pada Gambar 2, geometri foto vertikal yang baik apabila sumbu kamera tegak lurus dengan permukaan bumi/ bidang datum (Wolf, dkk., 2014).



Gambar 2. Geometri foto dalam keadaan vertical sempurna (Wolf, dkk., 2014)

Jika foto yang dihasilkan miring, maka foto yang dapat diterima adalah yang memiliki kemiringan dengan rentang 1° - 3° (Wolf, dkk., 2014).

Proses Orthofoto

Tahapan pemotretan hingga menghasilkan orthofoto hasil pengukuran UAV yakni;

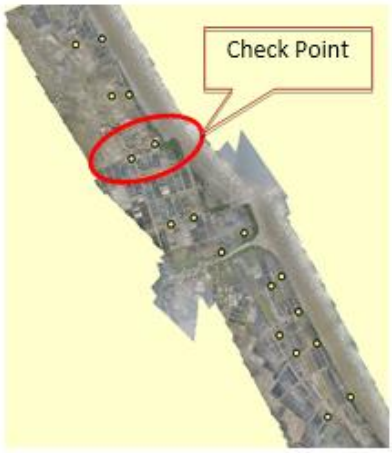
1. Penentuan *Area Of Interest* (AOI) yang dipotret sehingga dapat menentukan posisi jalur terbang UAV. Perencanaan jalur terbang harus melingkupi seluruh AOI yang dibuta. Posisi take off dan landing pesawat dikendalikan oleh pilot. Pengendalian wahana ini dilakukan secara manual dengan mempertahankan posisi laju pesawat agar tetap berada pada titik *waypoint* (Rokhmana, 2014).



Gambar 3. AOI daerah penelitian

2. Setelah posisi *Ground Control Point* (GCP) ditentukan diatas peta kerja, maka titik tersebut harus diukur koordinatnya dilapangan. Selain GCP, ukur beberapa titik yang dijadikan sebagai *check point* untuk pengecekan foto hasil orthorektifikasi. Koordinat Check point tidak dilibatkan dalam pemrosesan foto hanya digunakan untuk proses pengecekan.

Umumnya belum ada aturan mengenai pengukuran *check point*, namun hal ini sangat diperlukan untuk memastikan orthofoto yang dihasilkan datar. Karena semakin datar foto, semakin baiklah foto tersebut secara geometri (Harintaka, dkk., 2006).



Gambar 4. Sebaran GCP dan *check point*

3. Pelaksanaan pemotretan dan pengolahan data hasil pemotretan. Pengolahan data dilakukan pada software Agisoft dengan mengikuti langkah-langkah pengolahan yang tersedia pada *user manual* penggunaan software.

Standar ketelitian Peta

Berdasarkan Peraturan Kepala BIG No. 15 Tahun 2014 ketelitian peta dikelompokan berdasarkan tingkat kesalahan geometrik pada peta tersebut (Tabel 1).

Tabel 1. Kelompok kelas pada ketelitian peta RBI *)

No	Skala	Interval Kontur (m)	Ketelitian Peta Rupa Bumi					
			Kelas 1		Kelas 2		Kelas 3	
			Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)	Horizontal (CE90 dalam m)	Vertikal (LE90 dalam m)
1	1;1.000.000	400	200	200	300	300	500	500
2	1;500.000	200	100	100	150	150	250	250
3	1;250.000	100	50	50	75	75	125	125
4	1;100.000	40	20	20	30	30	50	50
5	1;50.000	20	20	20	15	15	25	25
6	1;25.000	10	5	5	7.5	7.5	12.5	12.5
7	1;10.000	4	2	2	3	3	5	5
8	1;5.000	2	1	1	1.5	1.5	2.5	2.5
9	1;2.500	1	0.5	0.5	0.75	0.75	1.25	1.25
10	1;1.000	0.4	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.5

Tabel 2. Ketentuan ketelitian Geometri berdasarkan skala *)

Ketelitian	Kelas 1	kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0.2 mm x bilangan skala	0.3 mm x bilangan skala	0.5 mm x bilangan skala
Vertikal	0.5 x interval skala	1.5 x ketelitian kelas 1	2.5 x ketelitian kelas 1

* Sumber: Peraturan Kepala BIG No 15 Tahun 2014

Nilai ketelitian pada Tabel 1. adalah nilai CE90 untuk ketelitian horizontal dan
LE 90 untuk ketelitian Vertikal, yang berarti bahwa kesalahan posisi peta dasar tidak melebihi nilai tersebut dengan tingkat kepercayaan 90%.
Nilai CE90 dan LE90 dapat diperoleh dengan rumus mengacu kepada standar sebagai-berikut US NMAS (*United States National Map Accuracy Standards*) sebagai berikut:

CE90 = 1,5175 x RMSEr……..…(I.20)
LE90 = 1,6499 x RMSEz…….……(I.21)
Dengan;
RMSEr : Root Mean Square Error pada posisi x dan y (horizontal)
RMSEz : Root Mean Square Error pada posisi z (vertikal)

Pada penelitian ini uji ketelitian melihat perbedaan koordinat X,Y pada *check point* yang terlihat pada foto dengan ukuran yang sebenarnya.

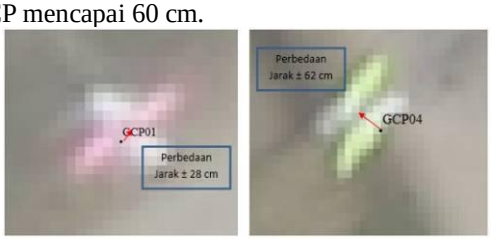
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kesalahan piksel yang dihasilkan dari pengolahan foto menggunakan Agisoft adalah 1,37753 pix.

Number of images:	406
Flying altitude:	489.119 m
Ground resolution:	0.192094 m/pix
Coverage area:	20.8353 sq km
Camera stations:	401
Tie-points:	87459
Projections:	345882
Error:	1.37753 pix

LSU 02

Selanjutnya adalah menguji besaran nilai kesalahan tersebut pada foto. Posisi titik kontrol yang tampak pada foto dengan posisi koordinat yang ditampalkan pada foto seharusnya sama. Jika tidak, maka besarnya kesalahan tersebut yang selanjutnya di evaluasi. Berdasarkan orthofoto yang dihasilkan menunjukan bahwa kesalahan geometri pada titik GCP mencapai 60 cm.



Sedangkan kesalahan geometri *check point* yang dijadikan acuan ketelitian hasil pengukuran mencapai 4 meter.



Kondisi seperti ini dinilai masih memenuhi syarat ketelitian horizontal kelas 3. Sebagaimana yang tercantum pada SNI 6502.3.2010, yakni titik yang diuji memiliki kesalahan horizontal lebih dari 0.5 mm kali skala peta.

KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukan bahwa orthofoto masih memenuhi toleransi kelas 3 untuk interpretasi

peta dasar lebih lanjut. Namun ada beberapa syarat yang tetap harus diperhatikan, antara lain;

1. Persebaran GCP yang merata dan rapat pada area survey.
2. Pembuatan lajur terbang yang baik, misalnya untuk perpindahan lajur dibuat lebih jauh, agar posisi pesawat dan kamera pada lajur potret sebenarnya berada pada kondisi tegak.
3. Tinggi terbang dan kecepatan terbang yang stabil.
4. Pemotretan dilakukan pada pagi hingga sore hari agar pencahayaannya lebih baik untuk dilakukan pemotretan.
5. Sebaiknya dilakukan uji ketelitian pada daerah yang tidak datar, apakah jarak GCP 1 km masih memenuhi toleransi atau tidak.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini berjalan atas kerjasama BIG dengan LAPAN. Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh tim yang terlibat dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Agisoft Photoscan User Manual, 2013 Agisoft, Photo Scane User Manual, http://www.agisoft.ru/products/photoscan/standard/

Badan Informasi Geospasial, 2014., Peraturan Kepala BIG No. 15 tahun 2014

_____, 2010, SNI Spesifikasi Penyajian Peta Rupa Bumi, SNI 6502.3.2010, Jakarta

_____, 2011, Pembuatan Peta dengan Small Format Aerial Photo, Badan Penelitian dan Pengembangan Kementrian Pertanahan (BPPKP)

Gularso, H., Rianasari, H., Silalahi, F.E.S., 2015, Penggunaan Foto Udara Format Kecil Menggunakan Wahan Udara Nir-awak Dalam Pemetaan Skala Besar, Cibinong

Harintaka,Susanto, E.W., Thobibah, T., (2006), Otomatisasi Pembuatan Mosaik Menggunakan Teknik Korelasi Silang Pada Foto Udara Format Kecil, Pertemuan Ilmiah Tahunan III Geomatika ITS 2006

Prabowo, 2015, LAPAN Surveillance UAV, Bahan Presentasi Pusat Teknologi Penerbangan, Jakarta.

Rokhmana, Catur A., (2014), Cost Effective Precision Agriculture Mapping Utilizing UAV-Based Photogrammetry Mapping

Wolf, P. R., Dewitt, B.A., Wilkinson, B.E., (2014). Elements of Photogrammetry with Applications in GIS, 4th ed. McGraw Hill Education, New York.

Zamri, Rahab., (2012), Keupayaan UAV untuk Tujuan Penawanan Data Geospasial Pertahanan, Pengarah Juru Ukur Malaysia

Peran Airborne LiDAR Dalam Percepatan Pembangunan Infrastruktur Kereta Cepat Jakarta-Bandung

Listiyo Fitri

Head of Data Processing PT ASI Pudjiastuti Geosurvey (listiyo@geosurvey.co.id)

ABSTRACK

Development of high speed railway Jakarta Bandung at the beginning of the announcement reap many suggestions and criticisms. President Joko Widodo target the high speed railway will be operational in 2019. The development is interesting is viewed from different angles, especially a technical viewpoint. This development work requires high accuracy and should be completed in quick time. Airborne LIDAR mapping technology and digital aerial photography is used for mapping at scales of 1: 2000 in an area of 41.009 hectares with a length of approximately 152 Km centerline.

Acquisition results indicate that the vertical accuracy LiDAR data compared with 500 RTK measurement points along the line of occupation get RMS of 0.143 m and a standard deviation of 0.135 m. Basedon BIG Chief Regulation No. 15 of 2014, these results enter the first grade scale of 1: 2000. Geospatial information provided topographic map scale of 1: 2000, land use, orthophoto, Digital Elevation Model (DEM), Digital Surface Model (DSM), transportation, SUTET and SUTT, water flow, and an inventory of the number of buildings with height information building. The whole work is completed for four months.

Keywords: *airborne*, lidar, infrastructure, high speed railway

PENDAHULUAN

Pemerintah Indonesia tengah giat melakukan percepatan pembangunan infrastruktur, terutama akses transportasi baik darat, laut, maupun udara. Pembangunan yang kemarin santer diberitakan dan menarik banyak perhatian adalah pembangunan kereta cepat Jakarta-Bandung. Pembangunan ini menarik ditinjau dari berbagai sudut pandang, salah satunya sudut pandang teknis pekerjaannya. Pembangunan kereta cepat berada di bawah kendali PT Kereta Cepat Indonesia China (PT KCIC). Pondasi dasar pembangunan adalah tersedianya informasi geospasial teliti dalam bentuk peta dasar untuk area pekerjaan seluas 41.099 Ha. Oleh tim KCIC, penyediaan peta dasar diberi waktu selama 4 bulan. Informasi geospasial yang dibutuhkan meliputi peta topografi skala 1:2000, penggunaan lahan, *orthophoto*, *Digital Elevation Model* (DEM), *Digital Surface Model* (DSM), *intensity* LiDAR, jalur jalan, jalur SUTET dan SUTT, arah aliran air, kemiringan lahan, dan inventarisasi jumlah bangunan disertai informasi ketinggian bangunan.

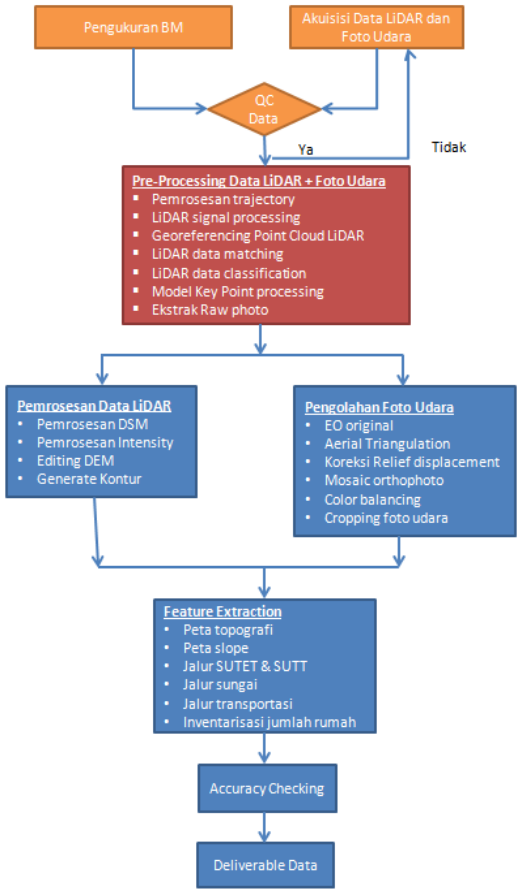
Salah satu teknologi pemetaan yang mampu memberikan kecepatan dan ketepatan akuisisi data adalah dengan Airborne LiDAR. Pemetaan Airborne LiDAR untuk pekerjaan kereta cepat Jakarta-Bandung (KCJB) dilakukan pada ketinggian 1000 m di atas permukaan tanah dengan menggunakan teknologi LiDAR ALS70 Leica bersamaan dengan kamera digital Leica RCD30.



Gambar 1. Lokasi pekerjaan pemetaan Airborne LiDAR untuk KCJB

TAHAPAN PELAKSANAAN PEKERJAAN

Untuk melakukan pemetaan Airborne LiDAR, tahapan yang harus dilalui seperti pada gambar di bawah ini:



Gambar 2. Alur tahapan pekerjaan pemetaan Airborne LiDAR untuk KCJB

Persiapan dan perencanaan (project design and planning)

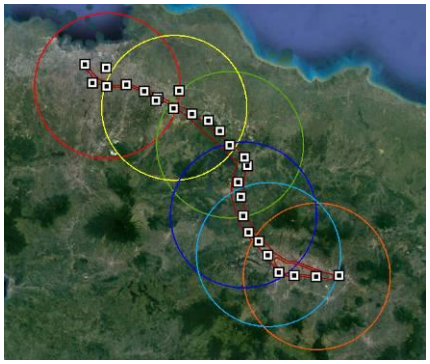
Berdasarkan Keputusan Menteri Pertahanan (Kepmenhan) Nomor: Kep/09/M/VI/2003 Tanggal 30 Juni 2003 tentang Pengamanan Survey dan Pemetaan Wilayah Nasional disebutkan bahwa setiap kegiatan perekaman kegiatan survey dan pemetaan di wilayah Indonesia harus meminta ijin ke Kementerian Pertahanan. Hasil dari perijinan tersebut adalah dikeluarkannya Security Clearance (SC). SC adalah bentuk perijinan yang dikeluarkan oleh Menteri Pertahanan dalam rangka pengawasan dan pengamanan survey dan pemetaan wilayah nasional. Sesuai dengan Kepmenhan di atas, lama waktu perijinan adalah 10 hari sejak dokumen diserahkan ke Kemhan dan tidak dikenai biaya dalam proses pembuatannya. Ijin SC berlaku untuk tiga bulan dan bisa diperpanjang lagi.

Surat SC yang dikeluarkan oleh Kemhan ditembuskan ke TNI AU untuk selanjutnya Mabes TNI AU mengirimkan personil untuk mengawasi kegiatan pemetaan. Personil dari TNI AU disebut Security Officer (SO). SO berlaku untuk masa tugas dua minggu dan bisa diperpanjang.

Lokasi pekerjaan KCJB ada yang melewati stasiun Gambir yang berdekatan dengan istana. Istana negara adalah obyek strategis yang mendapat perlindungan khusus. Sehingga perijinan pengambilan data bukan hanya ke Kemhan tetapi juga ke Pasukan Pengamanan Presiden(Paspamres). Dalam pekerjaan ini diputuskan bahwa area sekitar istana negara tidak diikutkan dalam pekerjaan atau dikeluarkan dari AOI pekerjaan.

Pengukuran Titik Kontrol dan Titik Cek

Pengukuran titik kontrol di lapangan dikerjakan sendiri oleh tim KCIC, tidak diukur sendiri oleh tim akuisisi data. Total area pekerjaan 41.099 Ha dan panjang center line lebih kurang 152 Km. Titik kontrol GPS Kinematik yang digunakan sebanyak 6 titik kontrol. Dengan adanya sky control atau direct georeferencing yang dihasilkan dari GNSS dan IMU, jumlah sebaran titik kontrol tidak lagi sebanyak kebutuhan fotogrametri. Satu titik kontrol di lapangan bisa mencakup area radius 30 – 50 km.



Gambar 3. Sebaran titik kontrol GPS Kinematik dengan radius cakupan 30 Km

Sistem koordinat mengacu pada Sistem Koordinat WGS84 diproyeksikan pada sistem proyeksi peta UTM zona 48 S. Sistem referensi tinggi yang digunakan adalah Earth Gravitational Model (EGM2008). Rencana semula sistem tinggi akan direferensikan ke sistem tinggi MSL menggunakan dua buah TTG yang berada di ujung jalur survey. Tetapi karena kondisi TTG telah rusak, maka diputuskan untuk menggunakan referensi tinggi EGM2008.

Akuisisi Data dan Kinematic Positioning

Airbase Akuisisi Data

Akuisisi *Airborne* LiDAR dan foto udara untuk pekerjaan KCJB menggunakan sistem LiDAR Leica ALS70, kamera digital Leica RCD30, sistem POS Leica IPAS. Sistem tersebut ditempatkan pada pesawat Pilatus Porter PC6. Airport base selama akuisisi menggunakan Bandara Halim Perdana Kusuma Jakarta dan Bandara Husein Sastra Negara. Pada jarak akuisisi lebih kurang 150 km, menggunakan satu bandara sudah cukup, tetapi karena dua bandara tersebut adalah bandara militer yang tidak bisa leluasa dan ada keterbatasan jam terbang survey per hari, maka diputuskan untuk menggunakan dua bandara sekaligus.

Desain Jalur Terbang

Pembuatan desain jalur terbang menggunakan software Mission Pro Leica yang langsung bisa terkoneksi dengan sistem yang ada di pesawat.

Tabel 1. Parameter jalur terbang untuk survey KCJB

Parameter Jalur Terbang	**Nilai Parameter**
Tinggi Terbang	1000 m
Laser Pulse Frequency	500 Khz
Aircraft Speed	110 knot
Half Scan Angle	25 deg
Lebar Cakupan Laser	932 m
Lebar Cakupan Foto Udara	967 m x 724 m
Overlap Foto Udara	60%
Sidelap Foto Udara	40%
Point Density	6 pts/m^2
***Ground Sample Distance* (GSD) Raw Foto**	12,5 cm
***Ground Sample Distance* (GSD) *Resampling* Foto**	15 cm
Sistem Koordinat Referensi	WGS84 UTM Zone 48S
Sistem Referensi Vertikal	EGM2008

Kalibrasi Sistem LiDAR dan Foto Udara Digital

Kalibrasi sistem LiDAR dilakukan untuk mengkoreksi kesalahan sistematik karena pemasangan alat di pesawat, dikenal dengan koreksi *misalignment*. Kalibrasi sistem LiDAR dilakukan di Bandara Nusawiru Pangandaran. Pesawat melakukan akuisisi sepanjang *runway* bolak-balik pada ketinggian sama dengan rencana akuisisi data, kemudian *cross run* pada ketinggian sama, dan balik *cross run* dengan ketinggian setengah dari rencana terbang.



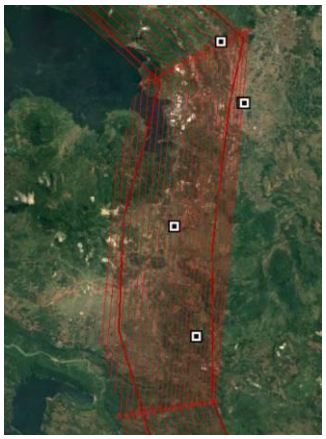
Gambar 4. Arah terbang kalibrasi LiDAR di Bandara Nusawiru

Dilakukan pengukuran RTK di sepanjang runway sebanyak 100 pengukuran. Nilai XYZ hasil RTK dibandingkan dengan *point cloud* LiDAR. Dari perbandingan tersebut akan didapatkan nilai koreksi *roll*, *pitch*, *heading*, dan *level arm*. Nilai koreksi *misalignment* ini akan dikoreksikan ke seluruh data hasil akuisisi LiDAR.

Hasil perbandingan data *Airborne* LiDAR setelah koreksi *misalignment* dibandingkan dengan pengukuran 100 titik RTK sepanjang runway didapatkan minimum dz -0,048 m, maksimum dz 0,078 m, RMS dz 0,022 m dan standar deviasi sebesar 0,022 m.

Akuisisi LiDAR dan Foto Udara Digital

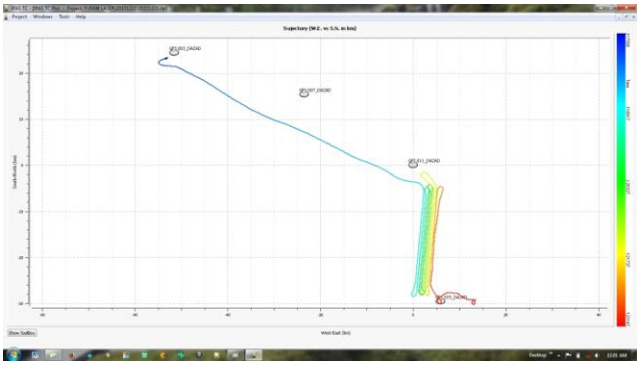
Jalur terbang yang telah dibuat di software Mission Pro, dikopikan pada sistem navigasi di pesawat. Navigator akan mengarahkan jalur yang akan diakuisisi. Akuisisi dilakukan jalur per jalur dan terdapat cross run di setiap arah jalur yang berbeda. Akuisisi dilakukan di bawah awan. Bila terdapat awan pada foto udara, maka harus dilakukan *re-flight*.



Gambar 5. Sebagian jalur terbang pada area KCJB

Setengah jam sebelum pesawat melakukan akuisisi, selama akuisisi berlangsung dan sampai dengan setengah jam setelah pesawat selesai melakukan akuisisi, GPS yang berada di

enam titik kinematik harus telah dihidupkan melakukan perekaman data. Hal ini dilakukan untuk melakukan koreksi *ambiguity/ambiguity resolved*. Total waktu akuisisi data adalah tujuh (7) hari. Setiap malam setelah akuisisi data dilakukan pengecekan kualitas data untuk menentukan area yang perlu dilakukan re-flight.



Gambar 6. Rekaman jalur terbang pesawat di area KCJB dari Bandara Halim Perdana Kusuma

Data yang didapatkan selama akuisisi diantaranya:

a) raw data LiDAR dan raw data foto udara
b) pengamatan data GPS di *base* setiap 1 detik
c) pengamatan data GPS di rover setiap 1 detik
d) pengamatan data IMU setiap 1/200 detik
e) event kamera
f) photo id foto udara

Pre-Processing **Data LiDAR dan Foto Udara**

Pengolahan Trajectory

Trajectory berisi informasi posisi (xyz) dan orientasi (φωK) sistem selama terbang. Perekaman data GPS setiap 1 detik dan IMU setiap 1/200 detik. Trajectory digunakan sebagai acuan dalam melakukan transformasi koordinat dari sistem koordinat laser ke sistem koordinat tanah. Sinkronisasi ini menggunakan acuan waktu GNSS yang akurat.
Trajectory juga digunakan untuk menghitung posisi dan orientasi setiap frame foto udara digital yang sering disebut sebagai data *Exterior Orientation* (EO). Data EO digunakan untuk menggeoreferensikan foto udara pada saat proses *orthophoto*.

Tabel 2. Akurasi *trajectory*

Tanggal Akusisi	Standar Deviasi (Terbesar) (milimeter)		
	Latitude	***Longitude***	***Height***
18 Desember 2015	9.5	10	14
20 Desember 2015	9.2	10.3	16.2
21 Desember 2015	8.1	7.6	15
22 Desember 2015	10.2	9	15
23 Desember 2015	9.8	9.2	19
24 Desember 2015 sesi 1	9	8.6	14
24 Desember 2015 sesi 2	8.5	7.6	16.5
25 Desember 2015	9.3	8.9	15.6

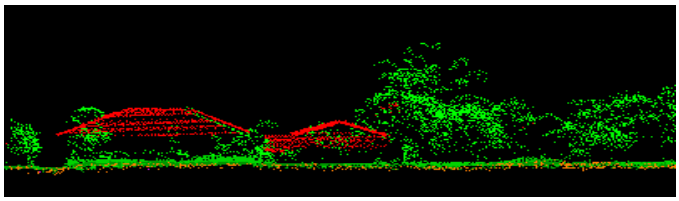
Akurasi *trajectory* di setiap jalur kurang dari 2 mm pada posisi horisontal maupun vertikal.

Signal Processing dan Georeferencing Data LiDAR

LiDAR menggunakan gelombang sinar infra merah dekat (*near infrared*) yang ditembakkan ke permukaan bumi dengan panjang gelombang 1064 nm. Gelombang laser mengenai obyek di atas permukaan tanah, dipantulkan dan direkam kembali oleh recorder yang ada di pesawat. Gelombang *echo* yang terekam oleh recorder kemudian diterjemahkan dalam *signal processing* menjadi sistem *binary*. Dari sistem *binary* ini kemudian dikonversi menjadi titik-titik 3D yang dinamakan *point cloud*.

Dengan menggunakan acuan data *trajectory*, setiap *point cloud* akan mempunyai koordinat tanah.

Gambar 7. Penampang melintang *point cloud*



LiDAR

Klasifikasi Data LiDAR

Klasifikasi data LiDAR secara otomatis dilakukan menggunakan software TerraSolid dengan algoritma jarak dan sudut. Sebelum melakukan klasifikasi untuk kelas-kelas yang lain, *point cloud low point* dan *error point* harus

diklasifikasikan terlebih dahulu. *Low Point* adalah titik LiDAR dimana posisi titik tersebut berada di bawah elevasi rata-rata seluruh titik. *Low point* akan memberikan kondisi terrain yang salah, sehingga titik terendah perlu diklasifikasi pada kelas l*ow point* agar tidak mengganggu.

Pemberian kode dan nama kelas mengikut standard dari ASPRS (*American Society for Photogrammetry and Remote Sensing*). Jumlah *point cloud ground* hasil klasifikasi otomatis mencapai 615.953.973 *point* dari total keseluruhan berjumlah 6.021.312.846 *point*. Hasil data LiDAR dari pekerjaan *pre-processing* selanjutnya diedit oleh operator dengan memperhatikan prinsip prinsip pembentukan DEM *hidrologic conditioning* dan *hidrologic enforcing*.

DATA DELIVERABLE

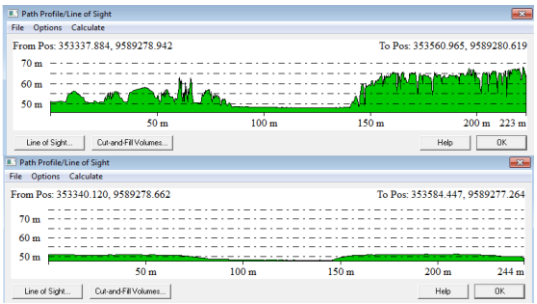
Digital Surface Model (DSM)

Digital Surface Model adalah model ketinggian obyek-obyek di atas permukaan tanah. DSM merupakan model ketinggian dari seluruh *point cloud* LiDAR yang telah terklasifikasi tanpa ada *point cloud*

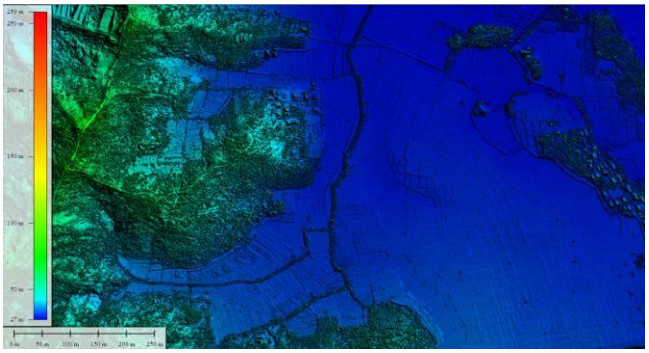
error. DSM memberi gambaran ketinggian semua obyek di permukaan tanah baik obyek alam maupun obyek buatan manusia seperti bangunan, jembatan, tiang listrik, dll.

Digital Elevation Model (DEM)

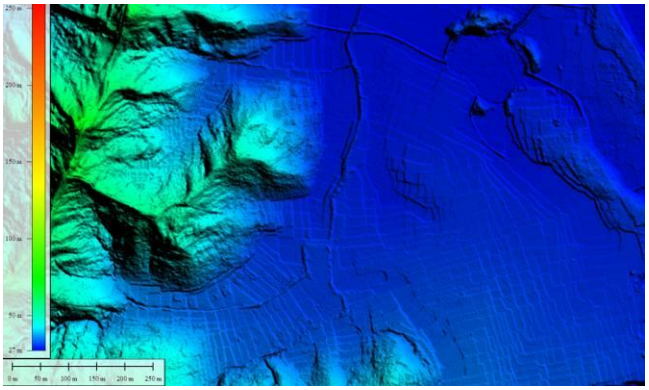
Bila DSM memberikan informasi ketinggian seluruh obyek di atas tanah, maka DEM adalah informasi ketinggian hanya permukaan tanah saja. *Point cloud* yang digunakan hanya *point cloud ground* yang telah diedit oleh operator. Area jalur KCJB berada di area padat pemukiman dan terasering sawah. Editing point cloud harus memperhatikan bentuk terasering dan arah aliran airnya. Dari DEM bisa didapatkan informasi penampang melintang maupun penampang memanjang.



Gambar 8. Perbedaan penampang melintang data DSM dengan data DEM



Gambar 9. DSM pada area terasering



Gambar 10. DEM pada area terasering yang masih terlihat bentuk pematangnya

Peta Kontur

Peta kontur didapatkan secara otomatis dari data DEM LiDAR. Untuk peta skala 1:2000, interval kontur yang dibentuk adalah 1 meter.

Intensity LiDAR

Intensity LiDAR adalah nilai yang menggambarkan kuat lemahnya pantulan laser dari obyek di permukaan bumi ke *recorder*. *Intensity* LiDAR mempunyai rentang nilai atau *Digital Number* (DN) antara 0 sampai 255. Nilai 0 (nol) menggambarkan pantulan laser yang lemah dan nilai 255 menggambarkan nilai pantulan laser yang kuat dari obyek permukaan bumi. *Intensity* LiDAR digunakan untuk mendeteksi keberadaan air permukaan, baik genangan, maupun sumber air.



Gambar 11. *Intensity* LiDAR

Orthophoto

Foto udara yang dihasilkan adalah *orthophoto* yang telah diproses melaui triangulasi udara. *Ground Sample Distance* (GSD) foto udara adalah 15 cm. Kamera Leica RCD30 mempunyai kemampuan untuk merekam data RGBN (*red-green-blue-near infrared*). Tetapi dalam pekerjaan KCJB kali ini hanya digunakan foto udara RGB.



Gambar 12. *Orthophoto*

Peta Topografi Skala 1:2000

Peta topografi yang dihasilkan dibuat dalam format CAD dengan *layer* seperti berikut.

Tabel 3. Layer peta topografi skala 1:2000

No	Tema	Sub-Tema
1	*Transport*	*Highway* (Jalan Tol)
		City Road (Jalan Kota)
		Normal Road
		Country Road
		Railway (Jalan Kereta Api)
2	*Building*	*Village*
		Regular Building
		Company
		Important Feature
3	*River & Lake*	*Double Line River*
		Single Line River
		Lake
4	*Topography*	Contour Line
		Elevation Point
5	*Vegetation*	
6	*Electric Line*	*High Voltage*
		Low Votage
		Steel Tower
		Communication
7	*Pipe*	*Above Ground*
		Under Ground
8	*Administrative*	*Level Village*
		Boundary

Jaringan Jalan dan Kelas Jalan

Dari digitasi jaringan jalan pada orthophoto, data tersebut ditambahkan informasi atribut sesuai dengan klasifikasi yang telah dilakukan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan (PUPR) Direktorat Bina Marga berdasarkan SK Status Nomor 290 Tahun 2015.

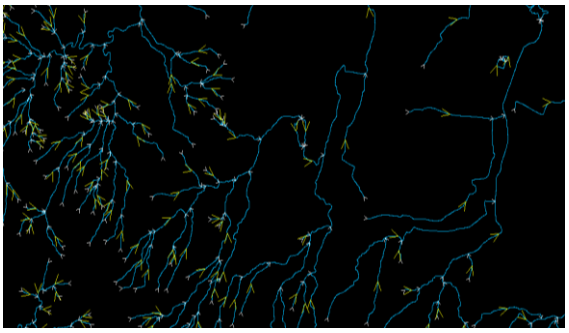


Gambar 13. Peta jaringan jalan

Jaringan Sungai

Jaringan sungai dikelaskan pada sungai dua garis (lebih dari 3 m), sungai satu garis (kurang dari 3 m) dan unsur air yang tergenang seperti danau dan waduk. Jaringan sungai harus mempunyai vertek 3 dimensi XYZ, sehingga bisa diketahui arah aliran sungainya.

Informasi ini berguna untuk mengenai pola aliran air, akumulasi aliran air, genangan yang mungkin akan terjadi.



Gambar 14. Peta jaringan sungai yang memperlihatkan anak panah aliran air dan setiap vertek mempunyai informasi XYZ

Peta Jalur SUTET dan SUTT

Salah satu kelebihan data airborne LiDAR adalah kemampuan laser untuk mendapatkan data jaringan kabel SUTET dan SUTT. Informasi ini mengurangi bahkan meniadakan pekerjaan survey lapangan jaringan kabel listrik.

Peta Penggunaan Lahan

Setiap pematang sawah harus didigitasi, begitu juga dengan setiap rumah, pada berapapun ukurannya. Peta ini digunakan untuk mengetahui estimasi penggunaan lahan yang harus diganti untung.



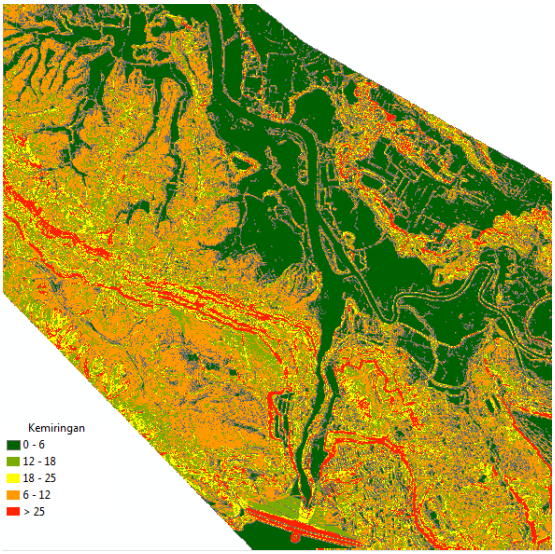
Gambar 15. Peta penggunaan lahan pada format CAD dimana setiap petak sawah harus didigitasi

Inventarisasi Jumlah Bangunan

Data *airborne* LiDAR juga mempunyai keuntungan bisa mengetahui ketinggian masing-masing bangunan rumah dari atas tanah. Informasi ini berguna untuk mendata jumlah lantai dari masing-masing bangunan untuk keperluan ganti untung.

Informasi ketinggian dari DSM adalah ketinggian dari dari atas referensi tinggi. Dari DSM dilakukan pengolahan untuk mendapatkan ketinggian obyek dari atas tanah. Ketinggian nDSM (normalized DSM) selanjutnya di*overlay*kan dengan hasil digitasi bangunan untuk mendapatkan informasi tingginya. Ketinggian bangunan yang lebih dari 6 m, masuk pada kelas lebih dari 1 lantai.

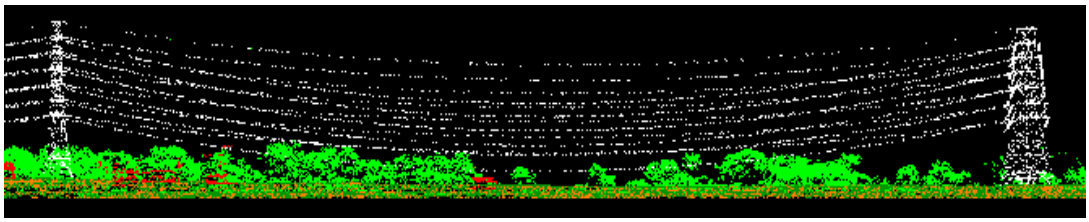
Peta *slope* atau kemiringan tanah didapatkan dari data DEM LiDAR dan diolah ke dalam kelas-kelas rawan longsor.



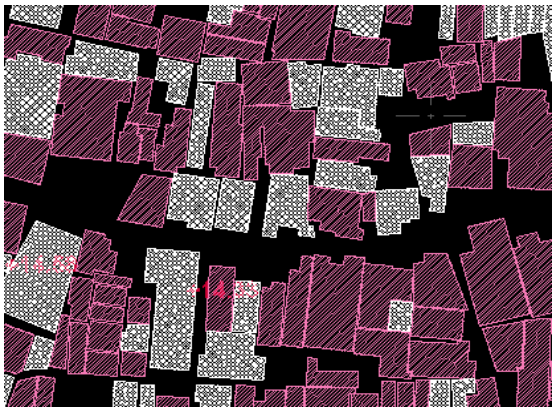
Gambar 18. Peta *slope* dari data DEM LiDAR

CEK AKURASI DATA

Selain pengukuran RTK di *runway* bandara untuk kalibrasi, dilakukan pengukuran RTK sepanjang jalur



Gambar 16. *Point cloud* di jaringan kabel listrik



Gambar 17. Inventarisir bangunan pada peta format CAD. Arsir magenta adalah kelas satu lantai, dan arsir putih bangunan lebih dari satu lantai.

Peta *Slope*

survey sebanyak 500 titik. Hasil pengukuran RTK dibandingkan dengan hasil LiDAR untuk mengetahui akurasi pengukuran. Dari hasil perbandingan didapatkan minimum dz sebesar -0,242 m, maksimum dz sebesar 0,274 m, RMS sebesar 0,143 m dan standar deviasi sebesar 0,135 m.

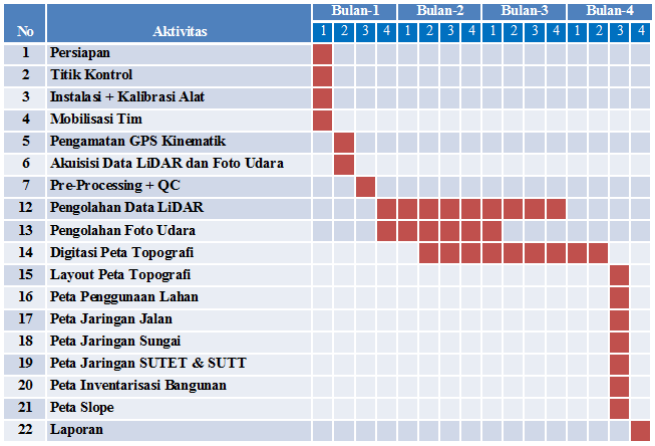
Sesuai dengan Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2014 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar, pada skala 1:2000 dengan interval kontur 1 m, pada akurasi kelas I, ketelitian vertikal harus kurang dari 0,5 m. Berdasarkan hasil cek akurasi hasil data LiDAR pada 500 titik RTK, peta topografi yang dihasilkan telah masuk pada kelas I peta skala 1:2000.

LAMA WAKTU PEKERJAAN

Total waktu pekerjaan adalah 4 bulan.

Pengajuan SC dan SO diproses selama 1 minggu, akuisisi data selama 7 hari, pekerjaan *pre-processing* dan QC data selama 7 hari.

Pekerjaan pemrosesan data LiDAR berupa editing data memakan waktu 9 minggu dikarenakan area pekerjaan yang terdiri dari perumahan padat penduduk dan terasering sawah, sehingga operator editing LiDAR harus lebih teliti. Begitu juga dengan digitasi peta juga selama 9 minggu dikarenakan operator harus melakukan digitasi rumah satu per satu dan setiap persil sawah atau ladang yang terlihat pada foto.



Gambar 19. Lama waktu pekerjaan *Airborne* LiDAR dan Foto Udara Digital Area Kereta Cepat Jakarta Bandung

KESIMPULAN

a. Pekerjaan airborne LiDAR dan foto udara *digital* bisa digunakan untuk pemetaan di bidang infrastruktur sampai dengan tahap feasibility studi (FS). Skala peta pada tahap FS adalah 1:2000, dimana pemetaan airborne LiDAR bisa memberikan akurasi kelas I standar BIG.
b. Untuk mendapatkan akurasi kelas I skala 1:2000 BIG, harus dilakukan kontrol kualitas setiap tahapan pekerjaan.
c. Lama waktu pekerjaan adalah 4 bulan untuk luasan area 41.009 Ha. Tahapan yang membutuhkan waktu pemrosesan data lebih lama adalah pengolahan data LiDAR dan digitasi peta topografi. Pemrosesan data LiDAR dan digitasi membutuhkan waktu 9 minggu dikarenakan tingkat area yang lebih susah.
d. Pekerjaan airborne bisa meminimalkan kontak sosial dengan masyarakat sekitar, yang juga akan meminimalkan resiko konflik di masyarakat. Hal ini mengingat informasi yang beredar ke masyarakat masih simpang siur mengenai pekerjaan Kereta Cepat Jakarta Bandung.
e. Data yang diterima oleh tim KCIC, bukan hanya peta topografi tetapi informasi tambahan terkait dengan rencana pembebasan lahan seperti peta penggunaan lahan beserta luasannya, dan jumlah rumah beserta ketinggiannya.

DAFTAR PUSTAKA

Keputusan Menteri Pertahanan (Kepmenhan) Nomor: Kep/09/M/VI/2003 tentang Pengamanan Survey dan Pemetaan Wilayah Nasional Tanggal 30 Juni 2003

Peraturan Kepala BIG Nomor 15 Tahun 2914 tentang Pedoman Teknik Ketelitian Peta Dasar

BIOGRAFI SINGKAT

Listiyo Fitri adalah lulusan Teknik Geodesi FT UGM dengan pengalaman kerja di berbagai bidang pemetaan lebih dari 5 tahun. Saat ini Listiyo Fitri bekerja sebagai Kepala Divisi Pemrosesan Data di PT ASI Pudjiastuti Geosurvey dengan portfolio pekerjaan Airborne LiDAR lebih dari 2,5 juta ha. Saat ini Listiyo Fitri tergabung dalam pekerjaan pemetaan Airborne LiDAR untuk area gambut bekerjasama dengan Badan Restorasi Gambut sebagai Manager Data QC.

Pemanfaatan Citra Landsat 8 untuk Pembangunan Infrastruktur Pantai Boom Kabupaten Banyuwangi

Sri Sukmawati[a*], Tara Budi Prakoso[b]

a. Jur. T.. Sipil, Fak. Teknik Universitas Jember
b. Jur. T.. Sipil, Fak. Teknik Universitas Jember
srisukmawati67@gmail.com

ABSTRACT

In the past, Beach Boom in Banyuwangi as the economic center of the city, as a center of trade and transport of goods, as well as the fishing port (Banyuwangi Post, 2015). As a result of erosion and sedimentation that affect changes in the coastline, beaches Boom functions to be bad. Therefore, planning ahead, on the coast Boom, will be built the infrastructure to supporting Beach Boom 'functions . infrastructure development planned by the government must be complete, according to the Banyuwangi map Spatial Plan has been agreed as a long-term development plan. One survey mapping technology that can be used is a Satellite Imagery. satellite imagery, is mapping survey is very helpful for areas that are hard to carry out mapping activities in the field, such as in the sea. This study, to determine shoreline change using Landsat 8 satellite images temporal (2014, 2015 and 2016) and plan the layout of infrastructure development. The results showed that the sedimentation in Beach Boom cause coastlines progress, an average of 7.8 m per year without dredging. Therefore, the development of coastal Boom must be well planned.

Keywords: Landsat 8, Infrastructure, Beach

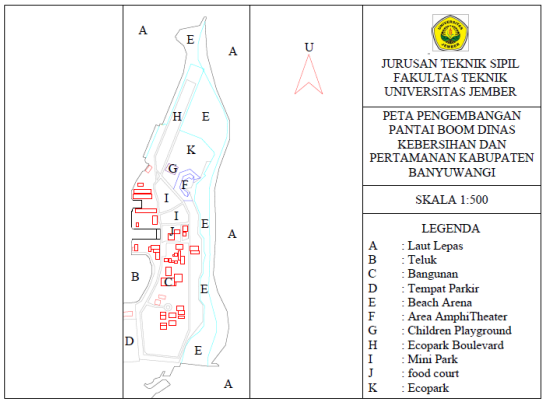
Pendahuluan

Infrastruktur merupakan pendukung utama berkembangnya investasi. Hal inilah yang sangat disadari Bupati Banyuwangi dalam memimpin wilayah di ujung timur Pulau Jawa ini. Pembangunan infrastruktur menjadi prioritas kerja di tahun awal pemerintahannya, untuk memberikan fasilitas terbaik bagi para investor.

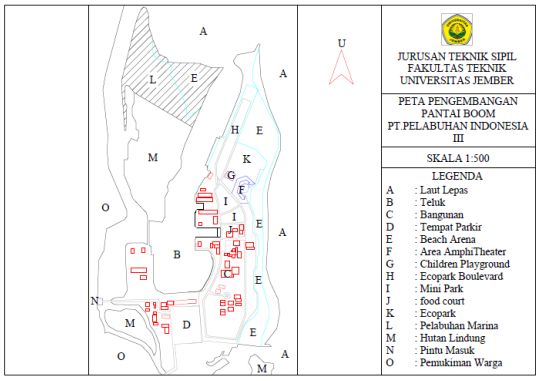
Banyuwangi memiliki 3 hal yang merupakan ciri khas daerah tropis, yaitu gunung, laut dan hutan. Keadaan geografis tersebut menjadikan Banyuwangi memiliki obyek wisata alam yang banyak dikunjungi wisatawan baik domestik maupun mancanegara, seperti Gunung Ijen dengan keindahan kawahnya, Taman Nasional Alas Purwo dengan G-Landnya yang merupakan surga bagi peselancar dunia, Sukamade yang memiliki 4 dari 6 species penyu yang ada di dunia, serta pantai Boom yang terletak di dalam kota, yang sejak akhir tahun 2012 dijadikan arena pertunjukan tahunan "Parade Gandrung Sewu".

Pantai Boom, dalam sejarahnya dahulu menjadi pusat perekonomian kota, yaitu sebagai pusat perdagangan dan transportasi barang, juga pelabuhan ikan (Banyuwangi Post, 2015). Perkembangan jaman dan memburuknya infrastruktur membuat fungsi pantai Boom tidak optimal. Hal ini terjadi karena menurunnya daya dukung lingkungan akibat abrasi dan juga sedimentasi yang mempengaruhi perubahan garis pantai. Pelabuhan transportasi dan pelabuhan ikanpun bergeser ke sisi utara, yakni di kawasan pantai Ketapang dan pantai Meneng. Pada tahun 2004, pada masa pemerintahan Bupati Samsul Hadi, pantai Boom digunakan sebagai tempat pembuatan Umbul-Umbul Blambangan yaitu sebuah kapal ekspedisi yang akan dipakai untuk mempromosikan pariwisata Banyuwangi, namun akhirnya kapal ini tenggelam. Pada akhir tahun 2012, masa pemerintahan Bupati Abdullah Azwar Anas, Pantai Boom dijadikan arena untuk event parade gandrung sewu, yakni seribu penari gandrung menari di atas pasir Pantai Boom. Kegiatan ini menjadi agenda tahunan sampai tahun ini dan banyak mendatangkan pengunjung baik dari dalam negeri, maupun manca negara. Pemerintah menyadari letak pantai Boom yang strategis di dalam kota, maka Pemerintah Kabupaten Banyuwangi menjalin kerjasama dengan PT Pelabuhan Indonesia (Pelindo) III

Cabang Tanjungwangi, untuk pembangunan dan pengelolaan pelabuhan di pantai Boom. Kerjasama ini tertuang dalam sebuah Nota Keseepahaman (MoU), yang ditandatangani pada tanggal 17 April 2013. MoU ini akan ditindaklanjuti dengan perjanjian kerjasama antar stake holder untuk membuat masterplan penataan kawasan Pantai Boom, seperti tata ruang penjual kaki lima, taman pelabuhan dan penerangan jalan umum (PJU) yang akan ditempatkan di pelabuhan. (Wikipedia Indonesia). Pada 11 September 2015, Menteri Pariwisata Arief Yahya melakukan peluncuran program rencana pengembangan marina atau dermaga kapal pesiar di Pantai Boom. Pembangunan marina dilakukan BUMN PT. Pelindo III melalui anak usahanya yaitu PT. Pelindo Properti Indonesis dan Pemkab Banyuwangi, di lahan seluas 30 hektar dan direncanakan mampu menampung 150 kapal pesiar. Pengembangan marina akan dikoneksikan dengan Pantai Tanjung Benoa di Bali dan Labuan Bajo di Nusa Tenggara Timur. Di samping itu pengembangan Pantai Boom juga akan membuka akses pantai ini sebagai pintu masuk atau start point jalur laut ke berbagai destinasi wisata pantai lainnya di Banyuwangi, seperti Pantau Pulau Merah, Plengkung dan Sukamade. Lingkungan Pantai Boom juga didesain sebagai area hijau dengan meminimalisasi akses kendaraan bermotor dan memperluas akses pejalan kaki serta pesepeda. Untuk area komersial akan ada zonasi yang tetap berwawasan lingkungan dan kearifan lokal. Area ini antara lain terdiri atas hotel, restoran, water sport, dan fasilitas one day cruise. (Banyuwangi, Kompas,com (01/09)). Perencanaan dan pembangunan marina dilakukan oleh BUMN PT. Pelindo III, sedangkan untuk perencanaan dan pembangunan area komersial dilakukan oleh Dinas Kebersihan dan Pertamanan (DKP Kab. Banyuwangi. (gambar 1 dan 2)



Gambar 1. Rencana Pengembangan oleh DKP



Gambar 2. Rencana Pengembangan oleh Pelindo III

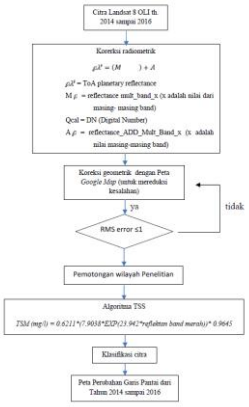
Pembangunan infrastruktur yang direncanakan oleh pemerintah Banyuwangi harus sesuai dengan peta Rencana Detail Tata Ruang yang sudah disepakati sebagai rencana pembangunan jangka panjang. Pembangunan infrastruktur yang dilaksanakan terus menerus di segala bidang dan segala tempat harus terpetakan dengan baik, agar tidak terjadi bongkar pasang yang menghabiskan banyak dana. Salah satu teknologi survei pemetaan yang dapat digunakan adalah Citra Satelit. Citra Satelit, terutama membantu survei pemetaan untuk tempat-tempat yang sulit dilakukan kegiatan pemetaan langsung di lapangan, misal di laut. Pengamatan langsung akan membutuhkan banyak biaya di samping waktunya yang lebih lama. Hal itulah yang melatarbelakangi penelitian ini, yakni mengetahui perubahan garis pantai di kawasan Pantai Boom, dengan menggunakan Citra Satelit Landsat 8 secara temporal.

Metodologi

Metode yang digunakan meliputi: metode pengumpulan data, yakni mengumpulkan data spasial data atribut dari instansi terkait, melalui studi literatur (kepustakaan) dan studi katalog citra. Teknik pengumpulan data, ada data dokumentasi dan data observasi. Data dokumentasi adalah data berupa soft data yang harus di olah dalam komputer, yaitu Citra Landsat 8 OLI yang di peroleh dari USGS dan Peta Kabupaten Banyuwangi di peroleh dari GoogleMap. Data observasi adalah data yang didapat melalui Dinas terkait atau diambil langsung di area penelitian seperti : data lapangan yang diambil secara acak di beberapa titik lokasi. Data yang dikumpulkan berupa data koordinat dan sampel airnya. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah purposive sampling berdasarkan interpretasi sedimen dari citra satelit. Lokasi pengambilan

sampel diasumsikan yang berdekatan dengan daratan berarti memiliki tingkat sedimen yang lebih tinggi dibandingkan dengan lokasi yang menjauhi daratan. Untuk jumlah sampel yang akan diambil sebanyak 20 titik. Waktu pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan akusisi citra yang diperoleh. Akusisi citra untuk validasi sampel menggunakan citra terbaru. Penelitian ini menggunakan perangkat keras dan perangkat lunak laptop atau PC, koneksi internet, ArcGis 10.1, . BEAM VISAT 5.0, GPS dan alat tulis. Sedang bahan yang dibutuhkan adalah Citra Satelit Landsat 8 OLI tahun 2014, 2015, 2016 dan data lapangan beberapa titik lokasi penelitian.

Analisis data dilakukan dengan tahapan awal adalah dengan mengidentifikasi permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian, studi literatur mengenai permasalahan yang akan dikaji dan pengumpulan data-data baik data primer maupun data sekunder. Data citra satelit yang akan digunakan dalam analisis, peta dasar yang digunkan untuk proses koreksi geometrik, dan data lapangan untuk mencocokkan posisi penelitian di citra satelit. Kemudian dilakukan koreksi geometrik dengan menggunakan peta Banyuwangi dari Google Map. Koreksi geometrik ini bertujuan untuk mereduksi kesalahan geometrik, memperhitungkan RMSE yang harus kurang dari satu atau sama dengan satu. Selanjutnya Koreksi radiometrik. Koreksi radiometrik diperlukan untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan pantulan spektral objek yang sebenarnya. Pada proses ini juga akan dilakukan perubahan nilai Digital Number citra menjadi reflektan. Persamaan yang digunkan untuk proses koreksi radiometrik juga berbeda-beda. Tahap analisis dengan algoritma. Algoritma yang digunakan untuk mengetahui kondisi TSS pada daerah penelitian. Tahap klasifikasi. Citra dilakukan dengan mengklasifikasi garis pantai berdasarkan nilai TSS yang telah diperoleh dari penerapan algoritma. Klasifikasi citra ini bertujuan untuk mengelompokkan nilai TSS ke dalam kelas tertentu, sehingga menjadi garis pantai. Setelah mengetahui sebaran total sedimen solid secara temporal dan garis pantai yang dibentuknya maka dilakukan overlay peta untuk pengetahui perbedaangaris pantai yang terjadi. Terakhir, membuat peta perubahan garis pantai dari peta sebaran total sedimen solid dari tahun 2014, 2015, dan 2016. Selengkapnya, dapat dilihat flowchart penelitian pada gambar 3

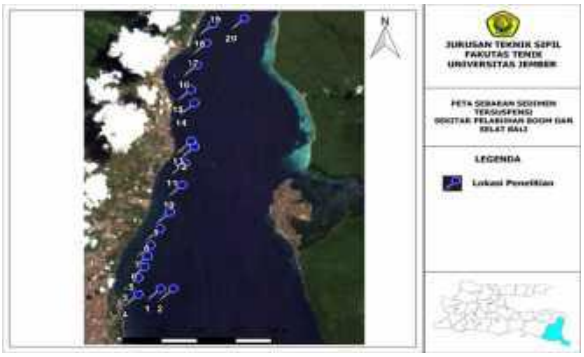


Gambar 3. Flowchart penelitian

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Lokasi Penelitian

Penelitian ini berlokasi di Perairan Boom dan selat Bali yang terletak di Kabupaten Banyuwangi, provinsi Jawa Timur. Koordinat Geografis di peta berada: Utara : -8.087˚, Barat : 114.374˚, Selatan: -8.227˚, Timur : 114.461˚, selengkapnya bisa dilihat pada gambar 4



Gambar 4. Lokasi penelitian Garis Pantai

Penelitian ini menggunakan data citra satelit Landsat 8, 25 Agustus 2014 (LC81170662014237LGN00), Landsat 8 15 November 2015 (LC81170662015320LGN00) dan Landsat 8 8 April 2016 (LC81170662016099LGN00). Pemilihan citra sesuai dengan tempat penelitian, pengambilan data citra dilakukan selang antara bulan April sampai Desember dan dipilih tidak ada awan yang menghalangi di titik lokasinya. Data lapang dilakukan dengan mengambil sampel air lautnya dan dihitung kandungan Total Sedimen Suspensi (TSS), diambil pada tanggal 4 April 2016 di sekitar Perairan Boom dan selat Bali. Data ini digunakan untuk validasi data citra. Data lapang selengkapnya dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Data Pengamatan TSS di Lapangan

No	Koordinat (UTM)		Data Lapang (Mg/L)
	N	E	
1	9092077	212713.7	15.334
2	9092069	213254.5	14.123
3	9092512	211947.7	12.424
4	9091898	212039.2	11.7554
5	9092946	212155.1	13.965
6	9093387	212267.1	9.732
7	9093898	212449.2	11.341
8	9094509	212735.9	11.875
9	9095179	213069.7	12.868
10	9096314	213478.8	11.901
11	9097257	213654.3	16.235
12	9097833	213882.8	12.845
13	9098091	213847.7	13.667
14	9099593	213882.8	15.678
15	9100198	213847.3	10.348
16	9101193	213980.4	13.128
17	9102104	214318.1	16.025
18	9102847	214557.6	10.873
19	9103821	215097	15.334
20	9103076	215624.1	14.123

Sumber : Tara (2016)

Preprocessing Citra

Sebelum citra dianalisis, harus dilakukan preprocessing citra. Untuk koreksi citra. Proses ini sangat penting karena pada saat satelit merekam bumi terjadi distorsi sehingga menurunkan kualitas citra. Distorsi yang terjadi cenderung diakibatkan karena jarak antara satelit yang berbeda di luar angkasa dengan permukaan bumi yang sangat jauh sehingga distorsi muncul mempengaruhi radiometrik citra (kemampuan obyek merekam reflektan bumi).

Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometik dilakukan untuk merubah data pada citra (pada umumnya) dalam bentuk digital number (DN) menjadi radian/reflektan. Tapi pada koreksi radiometrik kali ini ditekankan pada mengubah ke bentuk reflektan. Nilai reflektan dalam citra dibutuhkan untuk koreksi sudut matahari. Koreksi sudut matahari iperlukan untuk mengurangi distorsi karena perekaman yang dilakukan satelit sangat jauh dan tidak tegak lurus obyek. Pembahasan hasil dari mengubah nilai digital number (DN) menjadi nilai reflektan dan nilai koreksi sudut matahari dapat diihat pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil Koreksi Radiometrik Citra

Tahun Citra	Nilai DN	Nilai Reflektan	Koreksi Sudut Matahari
2014	91070.0	0.08214	0.17699587
2015	12768.0	0.15536	0.15540750
2016	11190.0	0.12380	0.19952793

Sumber: Tara (2016)

Koreksi Geometrik

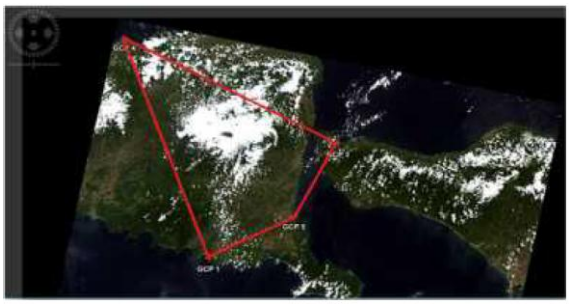
Proses koreksi geometrik ini didapat dengan melakukan proses registrasi citra dengan menempatkan Ground Control Point (GCP) sedemikian rupa hingga diperoleh kenampakan citra sesuai dengan posisi sebenarnya. Pada koreksi ini, data acuan yang digunakan adalah peta lokasi hasil dari google map. Pada suatu citra, terlebih dahulu harus mengetahui nilai RMS Error. Nilai RMS error didapat dari. penempatan GCP pada citra sehingga menghasilkan penempatan citra yang sesuai dengan posisi sebenarnya. Penempatan GCP pada citra Landsat 8 untuk masing-masing tahun terdiri dari 4 titik GCP, yang ditempatkan di tepi pulau agar bisa mudah dikenali bentuknya. Adapun toleransi nilai kesalahan RMS error adalah < 1. Apabila nilai kesalahan RMS Error didapat > 1 maka dilakukan koreksi ulang untuk mendapatkan nilai yang sesuai. Nilai RMS error masing masing citra dapat dilihat pada tabel 3 dan lokasi pengukuran dapat dilihat pada gambar 5, 6 dan 7.



Gambar 5. Lokasi GCP di Citra Landsat Tahun 2014



Gambar 6. Lokasi GCP di Citra Landsat Tahun 2015



Gambar 7. Lokasi GCP di Citra Landsat Tahun 2016

Tabel 3. Nilai RMS Error

Tahun Citra	Nilai RMS Error	
	RMS Latitude	RMS Longitudinal
2014	0.10874	0.01611
2015	0.26518	0.06264
2016	0.00015	0.00014

Sumber ; Tara (2016)

Alogaritma TSS

Lokasi pengambilan sampel tahun 2016 data di lapangan pada setiap stasiun dapat dilihat pada gambar 4. Dalam penelitian ini, untuk mendapatkan nilai *TSS* pada citra digunakan algoritma Syarif Budhiman (2004), dengan nilai reflektan dari band merah. Nilai kandungan TSS yang ada pada citra di tahun 2014, 2015, dan 2016 dapat dilihat pada tabel 4.

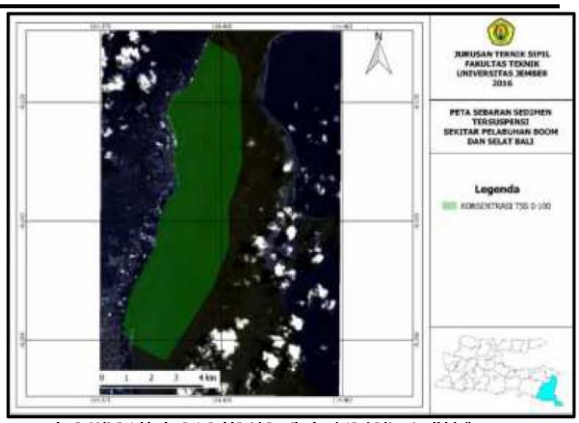
Tabel 4. Nilai Kandungan TSS pada Citra

No	TSS 2014	TSS 2015	TSS 2016
1	10.13315	20.97161	12.27234
2	11.01886	19.79161	11.66497
3	11.36177	20.82152	11.08767
4	10.86691	25.30179	11.43272
5	12.41419	21.38741	12.17867
6	12.13211	21.89515	9.604019
7	11.01359	18.41939	10.87212
8	11.24271	18.39295	10.03657
9	12.18451	16.88212	10.44349
10	11.74344	14.72852	11.25348
11	11.90195	16.72923	11.83375
12	10.57432	17.31605	11.47660
13	11.41084	14.94878	11.37811
14	11.31833	17.16744	11.72097
15	12.83735	17.32434	11.57595
16	11.02414	16.43544	11.50962
17	11.25348	17.45758	11.91906
18	11.21583	17.84638	10.14771
19	10.85131	16.95503	9.176923
20	11.10893	16.50643	11.13023

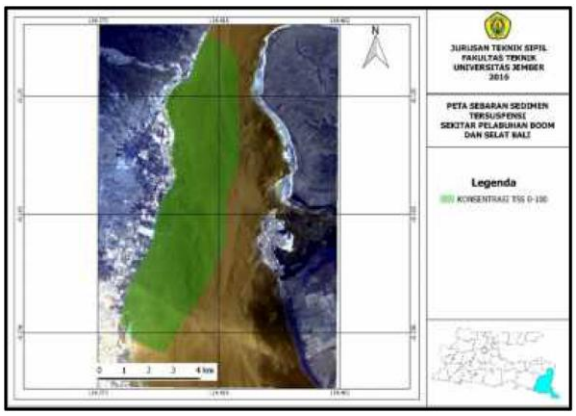
Sumber : Tara (2016)

Garis Pantai pada Citra

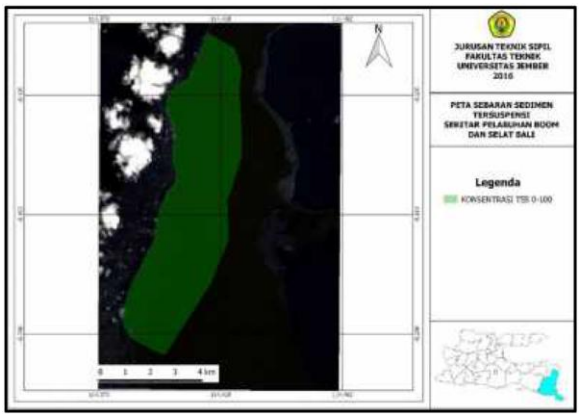
Perubahan garis pantai pada Citra di tahun 2014, 2015, 2016 dan overlay dari ketiganya, dapat dilihat pada gambar 8, 9, 10 dan 11.



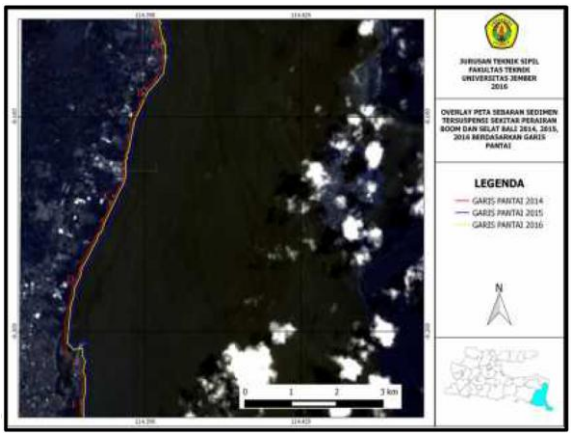
Gambar 8. Garis Pantai di Citra tahun 2014



Gambar 9. Garis Pantai di Citra tahun 2015



Gambar 10. Garis Pantai di Citra tahun 2016



Dari gambar 11, didapatkan bahwa pada tahun

2016 garis pantai mengalami kemunduran, dikarekan pada tahun 2016 dilakukan pngerukan sedimentasi untuk persiapan proyek pembangunan marina di sekitar Pantai Boom (Tempo,co.2015). Selengkapnya dapat dilihat pada tabel 5

Tabel 5. Panjang Garis Pantai tahun 2014-2016

Tahun	Panjang Garis Pantai (km)	Perubahan Garis Pantai (km)
2014	40.098	
2015	40.306	+0.208
2016	40.138	-0.168

Sumber : Tara (2016)

Keterangan : Jarak dalam meter, (-) ke arah darat, (+) ke arah laut.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa Citra Landsat 8 dapat digunakan sebagai dasar (referensi) untuk pembuatan master plan (pengembangan) pembangunan infrastruktur di Pantai Boom. Citra Landsat multi temporal dapat digunakan untuk mengetahui perubahan garis pantai, dengan biaya yang lebih murah dibandingkan pengukuran langsung di lapangan. Tahun 2014-2015, garis Pantai Boom maju sejauh 7,8 m. Tahun 2015-2016 garis pantai Boom mundur 3,4 m. Untuk mengantisipasi semakin majunya garis pantai, harus dilakukan pengerukan. Disarankan ada penelitian lebih lanjut dengan menggunakan Citra lain dan metode lain untuk mendapatkan hasil yang lebih valid, sehingga pembangunan infrastruktur di Pantai Boom benar-benar menguntungkan sebagai investasi jangka panjang.

Ucapan terima kasih

Terimakasih kepada panitia Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia tahun 2016, yang telah memberikan kesempatan untuk *share* ilmu.

Terimakasih kepada Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjahmada dan rekan-rekan Tim Jurnal Geospasial Teknik Geodesi FT-UGM

Terimakasih kepada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kabupaten Jember

Terimakasih kepada kolega Tara Adi Prakoso, dan Nizar, atas kerjasama yang baik selama ini.

Daftar Pustaka

Andini, Vera Maya, dkk. 2015. Studi Persebaran Total Suspended Solid (TSS) Menggunakan Citra Aqua MODIS di Laut Senunu Nusa Tenggara Barat Jurusan Teknik Geomatika Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITS Surabaya

Ardiansyah. 2014. Pengolahan Citra Penginderaan Jarak Jauh Menggunakan ENVI 5 dan ENVI LiDAR. PT. Labsig Inderaja Islim : Jakarta

Badan penerbit Universitas Jember. 1998. Pedoman Penulisan Karya Ilmiah.Jember

https://id.wikipedia.org/wiki/Pantai_Boom_Banyuwangi

http://www.bumn.go.id/pelindo3/berita/2835/Pembangunan.Marina.di.Pantai.Boom.Banyuwangi.Dimulai.Tahun.2017

http://travel.kompas.com/read/2015/09/01/152500227/Pembangunan.Marina.di.Pantai.Boom.Banyuwangi.Dimulai.Tahun.2017

Landsat USGS. http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/.

Lestari, Indah Budi. 2009. Pendugaan Konsentrasi Total Suspended Solid (TSS) dan Transparansi Perairan Teluk Jakarta Dengan Citra Satelit Landsat. Skripsi. Departemen Ilmu dan Teknologi Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor : Bogor

Lukisworo, Bambang. 2011. Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solid, TSS) Secara Gravimetri.

Purwadhi, S.H. 2001. Interpretasi Citra Digital. Jakarta: Grasindo

Putra, Rashita Megah, dkk. 2014. Analisa Sedimen Tersuspensi (Total Suspended Matter) di Perairan Timur Sidoarjo Menggunakan Citra Satelit Landsat dan Spot. Program Studi Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya : Malang

Relation between Modeled and Observed of Geophysical Effects Based on Global Positioning System Data

Arisauna M. Pahlevi[a]*, Kosasih Prijatna[b], Irwan Meilano[b] & Ibnu Sofian[a]

[a,] Center for Geodetic Control Networks and Geodynamics,
Indonesian Geospatial Information Agency,
Jalan Raya Jakarta-Bogor KM. 46, Cibinong 16911, Indonesia (arisauna.pahlevi@gmail.com)
[b,] Study Program of Geodesy and Geomatics Engineering,
Faculty of Earth Sciences and Technology, Institut Teknologi Bandung,
Jalan Ganesa No. 10, Bandung 40132, Indonesia

ABSTRACT

Global Positioning System (GPS) Positioning has several error and bias sources. To produce accurate positioning is necessary to eliminate or correct those errors and biases. One of the biases contained GPS positioning is a bias due to Geophysical Effects (GE). Currently, there are global models to correct, one of which the model that was agreed in International Earth Rotation and Reference Systems Services (IERS) conventions 2003 developed by McCarthy (McCarthy, 2004). Global models are developed by considering global characteristic of the earth using global data. This paper aims to describe the relation between the global model and observation data obtained from GPS permanent station data. We use a year data in 10 stations in Major Island in Indonesia. The variables of GE that will be assessed consist of 3 (four) phenomena, namely the solid earth tides, ocean tide loading and atmospheric loading data. Data processed using Kinematic Precise Point Positioning (KPPP) method. The result is relationship between global model and observation show the same pattern, but there is a difference in the peaks. Global model has lower peak, in other words the results of observations are overestimated. The biggest of GE Difference is in the CPON. The smallest of GE Difference is in the CBKT station.

Keywords Geophysical Effects; IERS model; Kinematic Precise Point Positioning; GPS permanent station data

INTRODUCTION

To obtain high accuracy for geodetic control network coordinates, the positioning should use satellite based technology, i.e. by using Global Navigation Satellite System (GNSS). GNSS is a constellation of satellites that transmits signals to provide accurate position, velocity and time (PVT) information that is accessible to anyone with a receiver (Zheng, 2006). A complete GNSS includes all elements of satellite navigation and their augmentations, such as space-based and ground-based augmentations (ICAO, 1996; Zheng, 2006). GNSS is a combination of several positioning satellites and Global Positioning System (GPS) is the most widely used (Kass et al., 2008). GPS consists of three main segments; there are space, control and user (Hofmann-Wellenhof et al., 1994). GPS also has several biases and errors, in general, the biases or errors associated with GPS positioning can be classified into three classes: satellite-dependent errors, receiver-dependent errors and signal propagation biases (Hofmann-Wellenhof et al., 1994). Satellite-dependent errors and receiver-dependent errors can be reduced by using precise orbit and clock corrections, which are issued by International GNSS Service (IGS), while signal propagation biases can be reduced by using ionosphere and troposphere delay model (Cai, 2009). Model correction to reduce the biases was included and available in scientific software, which is used in data processing.

In addition, there are some typical error and bias sources, such as the satellite and receiver antenna phase center offsets, phase wind up, relativistic effect, Geophysical effects, and Sagnac effect (Cai, 2009). But practically, the errors and biases like satellite and receiver antenna phase center offsets, phase wind up, relativistic effect, and sagnac effect the correction process has been included in the scientific software GPS data processing. While the remaining bias source is the bias due to geophysical effects whose value is dependent on the position and location of the site (Zheng, 2006; Cai, 2009).

To improve the positioning accuracy, models for correcting the geophysical effects have to be applied. Currently a global model issued by McCarthy has been recommended the IERS Convention 2003 (McCarthy, 2004). Global geophysical effects models

are developed by considering global characteristic of the earth using global data (Fu et al, 2011). However, Indonesia has a unique local geophysical characteristic. Therefore, assessment of relation of modeled and observed of geophysical effects in Indonesia are necessary.

MATERIALS AND METHODS

IERS Model for GE

Position of geodetic control networks is affected by GE (Vanicek and Krakiwsky, 1982). Deformation due to geophysical effects is because the reference marker of geodetic control networks located on the crust. Models describing the displacements of reference points due to various effects are provided (McCarthy, 2004). The first category of geophysical effects includes deformation of the solid earth tides and ocean tides loading are also known as rotation deformation (Seitz and Schuh, 2009). Those call with rotation deformation as well as due to the body tides arising from the direct effect of the external tide generating potential and centrifugal perturbations caused by Earth rotation variations (McCarthy, 2004). The second category is the effect of polar motion on the Earth's centrifugal potential is referred to as pole tide (Seitz and Schuh, 2009). And the last is atmospheric loading.

GPS Data and Processing Strategy

GNSS permanent station in Indonesia, particularly in BIG, is also called Indonesian Permanent GNSS Station Network (IPGSN). The main purpose of IPGSN is to maintain the accuracy and precision level of national control network in Indonesia and also to help many activities, both scientific and practical activities, such as geodynamics and deformation surveys, ionosphere and meteorology study, surveying and mapping-based real time, and other applications. In this study, the data used is GNSS data that connected to IPGSN. The data used are RINEX observations that have 30 seconds observation interval.

We processed 10 stations data from the beginning of 1st January 2011 through in the 31st December 2011, 1 year in total, using free software that called RTKLib with Comment User Interface (CUI) in Kinematic Precise Point Positioning (KPPP) method. To obtain coordinates and covariance, KPPP method has satellite clocks and orbits fixed. Figure 1 shows the stations that used in this paper. The name of stations are: BAKO; CBAL; CBIT; CBKT; CCLP; CPKL; CPON; CMAK; CUKE; SAMP. The stations represent big island in Indonesia and located close to inland waters and/or Open Ocean. We used IGS satellite clocks and orbits, this file can be obtained via Internet access from IGS website http://igscb.jpl.nasa.gov, which were determined using a consistent set of models over the entire time span, including absolute antenna phase center models for both GPS receiver and satellite antennas (Schmid et al. 2007). Troposphere correction using estimate ZTD+Grad and Ionospheric correction using iono free LC. In our solutions, we used a 7^0 elevation mask. Carrier phase ambiguities were not resolved. For align to reference frame, we are not specified reference frame. The result is geophysical effects time series from GPS observation data.

To assessment the patterns and characteristics of geophysical effects displacement in each station, then performed spectral analysis using a Fast Fourier Transform (FFT). Spectral analysis is done to see the most dominant frequency of each phenomenon and variation and Also its accuracy/standard deviation. The spatial pattern and characteristic that are dominant in the geophysical effects can be obtained from this analysis from, whether the diurnal, semidiurnal or long period.

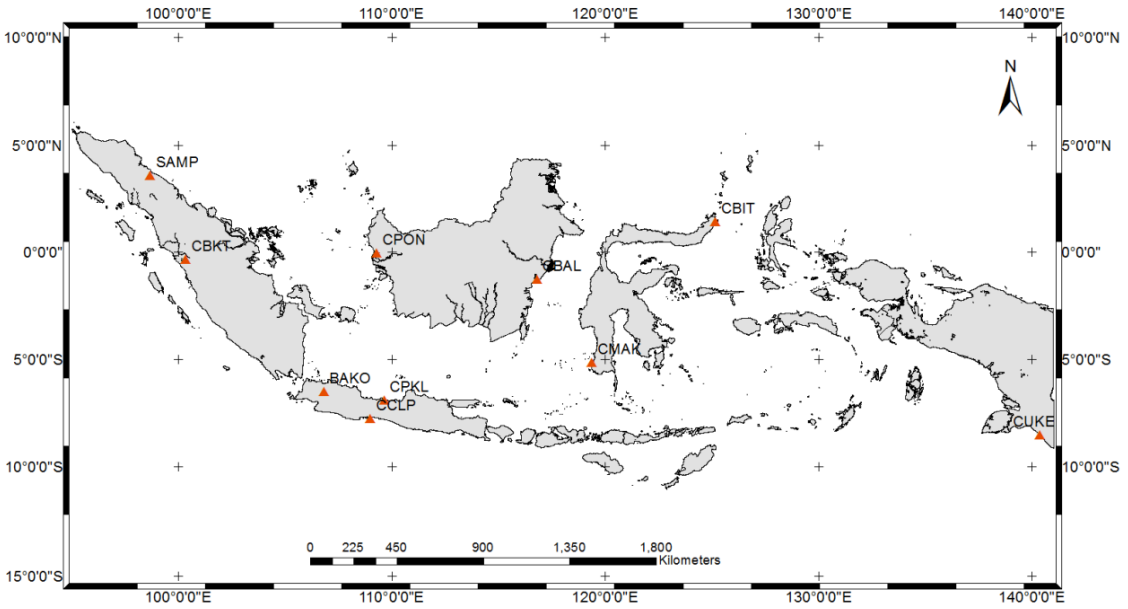


Figure 11. IPGSN stations that used in this study

RESULT AND DISCUSSION

Time Series of GE Modeled

In this study, the geophysical effects model consisting of solid Earth tide, ocean tide loading, pole tide and atmospheric pressure loading, using models to be agreed in IERS Convention 2003 (McCarthy, 2004).

Solid Earth Tide (SET) model used in this study is Whar-Dehant-Deinel (WDD) model (Dehant, 1999). WDD model use love number (hnm) and shida number (lnm) to describe the displacement. Initially, this model introduced by Mathews et al (1995) and for formalism adopted in the IERS conventions (McCarthy, 2004). WDD model were compute by Dennis Milbert's solid.exe program at http://home.comcast.net/~dmilbert/softs/solid.htm, which is an adapted version of Dehant's DEHANTTIDEINEL.F fortran code.

Ocean Tide Loading (OTL) model used is Finite Element Service (FES) 2004. FES first version is FES94.1. It is a pure hydrodynamic tide model tuned to fit tide gauges globally and calculated on a finite element grid with very fine resolution near the coast but the version used here is given on a 0.5 by 0.5 degree grid. FES2004 is a further development in the FES series. It has a 0.125 degree resolution and also assimilates TOPEX/POSEIDON altimetry into a hydrodynamic tide model. The OTL model amplitudes and phases from the FES2004 tide model (including the tidal components M2, S2, N2, K2, K1, O1, P1, Q1, MF, MM and SSA) were computed using Hans–Georg Scherneck's web tool (http://www.holt.oso.chalmers.se/~loading/) in BLQ-format. Because of GPS satellite are gravitationally attracted by the mass of the whole Earth system, so their trajectories are physically relative to Center of Mass (Fu, 2011).

Atmospheric Pressure loading (APL) used is Vienna-APL model (Putri, et al, 2013). Displacement due to APL in Indonesia is about -0.2 until 0.2 centimeter in horizontal component and -1 until 1 centimeters in vertical component. This displacement is very small in horizontal component when compared with the displacement due to solid earth tide and ocean tide loading.

Pole tide model used is IERS2003 convention (McCarthy, 2004). This model presents a self-consistent equilibrium model of the pole tide. Pole tide model consist of solid earth pole tide and ocean pole tide. In Indonesia, displacement due to pole tide is about - 0.1 until 0.1 centimeter in horizontal or vertical component. This displacement is smallest and it has 435 period. In this study, displacement due to pole tide are neglected.

Time Series of GE Observed

Geophysical effects time series produced by RTKLib with KPPP method is a three-dimensional (3D) coordinate toposentric. The resulting time series, there are have missing or gap data. To produce the analysis in the frequency domain (spectral domain) using Fast Fourier Transform (FFT) it takes time series intact and should not be interrupted. Therefore, if there are gaps data, to fill in the gaps, then the methods used are interpolating the data or fill in the blanks with the model (Variandy, 2014). Before fill in the gaps data, which needs to be done first to detect outliers and eliminate outliers. Detecting outliers is to

calculate the gross-error then discard data beyond the gross-error range (Elgazooli, 2012). Gross-error was detected using the following formula:

$$\left.\begin{aligned} UCL &= \bar{x} + 3\sigma \\ CL &= \bar{x} \\ LCL &= \bar{x} - 3\sigma \end{aligned}\right\}$$

UCL is Upper Control Limit, CL is Control Limit, and LCL is Lower Control Limit. $\bar{x}$ is mean and σ is standard deviation.

After discard data that beyond gross-error range, the steps taken to remove the outlier using moving average filtering. Moving average is a lowpass filter with filter coefficients equal to the reciprocal of the span. Span or window that is used in this step is 119, assuming the smallest phenomena that wants to be seen in this study is a daily phenomenon, so that the smallest interval of data can still be used to see daily phenomena is 1 hour. Interval data used in this study is 30 seconds, so in one hour there are 120 data, because the moving average span must be odd, therefore the span used is 119.

The next step after removing outlier is filling in the gaps data. In this study, the method of filling the gap data is using spline interpolation. The average amount of gaps data at each station in one year is 19 days of data, so that the percentage of data lost in one year was 5.2%, the biggest percentage is in CPON station with 15.61% and the smallest is in CPKL station 0.27%. This percentage is small, so it does not interfere with the overall data when filling the gaps data using interpolation method.

Figure 2 shows that on average the geophysical effects in UD component or the vertical component, two to three times larger than its horizontal component. Average value of displacement in NS component is 0.2853 meters, in EW component 0.3324 meters, in UD component 0.7780 meters. CCLP station (Cilacap) has the largest displacement in the vertical component with a displacement of 0.9877 meters.

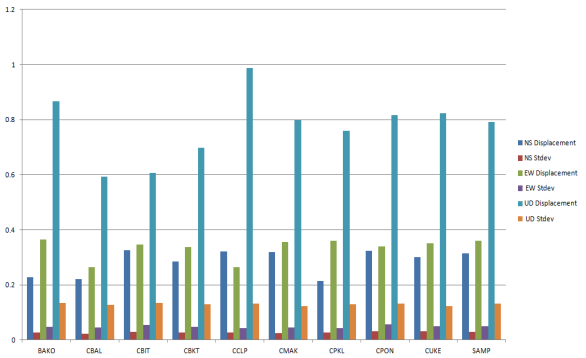


Figure 12. Displacement each stations (in meter)

Comparison between modeled and observed of GE

Total global model consist of SET model from WDD model, OTL model from FES2004 and APL model by Vienna-APL model. **Figure 3** show comparison between global model and Geophysical Effects from GPS observation. Global model and observation show the similar pattern, but there is a difference in the peaks. Global model has lower peak, in other words the results of observations are always overestimated.

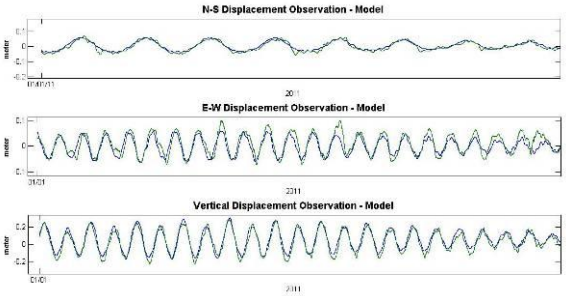


Figure 3. Comparison between Geophysical effects model (Blue) and Observation (Green) at CPKL station in several days

Figure 4 shows scatter plot of observation data against geophysical effects model at CPKL station. The x-axis is observation data and the y-ordinate is geophysical effects model. Blue scatter is NS component, Green scatter is EW component and the Red scatter is vertical (UD) component. In NS component has been determined with α = 0.7859 m and β = - 0.011 m, and the correlation was 0.87183 respectively. In EW component has been determined with α = 0.8123 m and β = 0.0191 m, and the correlation was 0.8549 respectively. In UD component has been determined with α = 0.8982 m and β = 0.1374 m, and the correlation 0.9401 respectively.

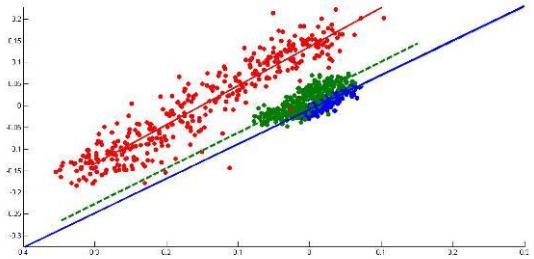


Figure 4. Scatter plot of observation data against geophysical effects model at CPKL station (Blue = NS component, Green = EW component, Red = Vertical component)

The result of reduction between geophysical effects observation and geophysical effects is called the residue. The standard deviation residue between observation data and global model in horizontal and vertical component. The smallest standard deviation

residue is in CBKT station and the biggest standard deviation residue is in CPON station.

Figure 5, this figure shows the comparison between observation data and global model in spectral domain. Phenomenon between observation data and global models has the same pattern, with different power values. For NS component is dominated by diurnal phenomena, EW component is dominated by semi-diurnal phenomena, and then the UD component dominated by semi-diurnal phenomena.

Figure 6 shows comparison of the highest power variation between observation data and global model.

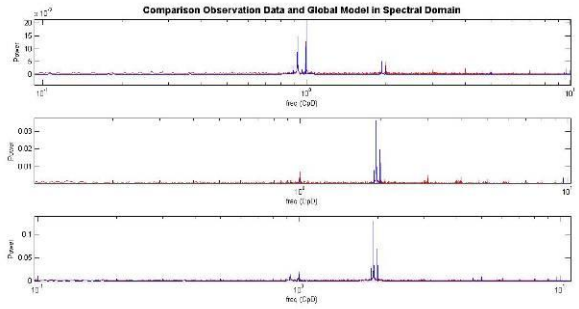


Figure 5. Comparison between observation data (red) and geophysical effects model (blue) in spectral domain at CPKL station

CONCLUSION

This paper discusses the relationship between model and observation data from geophysical effects obtained from the GPS data. From the data processing, global model and observation show the similar pattern, but there is a difference in the peaks. Global model has lower peak, in other words the results of observations are always overestimated. The average of standard deviation in NS component is 0.01766 meters. In EW component is 0.03515 meters, in vertical component is 0.05038 meters. The smallest standard deviation residue is in CBKT station and the biggest standard deviation residue is in CPON station.

Acknowledgements

This paper is a part of master thesis research in Geodesy and Geomatics Bandung Institut of Technology by the title "Investigation of Geophysical Effects on GPS Positioning". Thanks to Thanks to Ministry of Research, Technology and High Education for Scholarship and Support

References

Allison, C. R., P. J. Clarke, S. J. Edwards, and M. A. King (2004) : Stability of direct GPS estimates of ocean tide loading, *Geophysical Research Letters*, VOL. 31, L15603.

For NS component represented by K1 phenomena, for EW and UD components represented by M2 phenomena. In **Figure 6**, power variation of global model is lower than power variation of observation data. Difference power variation between the data observation and global models for NS component is between 0.00042 to 0.0174, for the EW component is between 0.00299 to 0.2012, for the UD component is between 0.01162 to 0.07373. Over the amount of observation power variation than global model reinforces the statement that the results of observations are always overestimated.

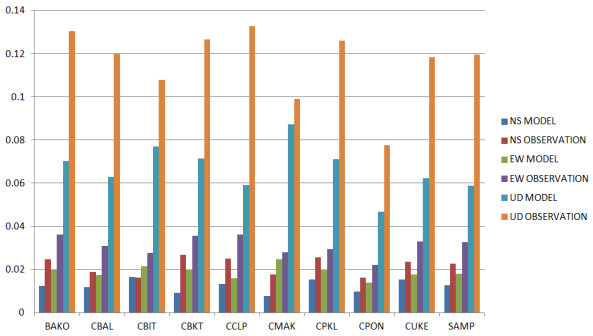


Figure 6. Comparison of the highest power variation between observation data and geophysical effects model

From the spectral analysis, comparison between observation data and global models has the same pattern, with different power values. For NS component is dominated by diurnal phenomena, EW component is dominated by semi-diurnal phenomena, and then the UD component dominated by semi-diurnal phenomena. Spectral domain of residue between observation data and global models are still having tidal harmonic component. From this result the residue still affected by other periodic phenomena in diurnal and semi-diurnal phenomena. Global model are from mathematical calculation, in the other hand, observation data still include noise and calculation error, so global model cannot be very fit with observation data.

Cai, C. (2009) : Precise Point Positioning Using Dual-Frequency GPS and GLONASS Measurements, Thesis for degree of Master Science, University of Calgary.

Dehant, V., Degraine, P and Wahr, J.M. (1999) : Tides for A Convective Earth. *Journal Of Geophysical Research Vol 104, 1035-1058.*

DeMets, C., R.G. Gordon, D. F. Argus and S. Stein (1994) : Effect of Recent Revisions to the Geomagnetic Reversal Time Scale on Estimates of Current Plate Motions, *Geophysical Research Letters*, 21, pp. 2191-2194.

Elgazooli, B.A.G, and Ibrahim, A.M (2012) : Multiple Gross Errors Detection in Surveying Measurement Using Statistical Quality Control.

Journal of Science and Technology vil. 13, ISSN 1605 – 427X, Engineering and Computer Sciences (E C S No. 1). www.sustech.edu.

Fu Y., Freymueller J.T., Dam T.V. (2011) : The effect of using inconsistent ocean tidal loading models on GPS coordinate solutions. *J. Geod. DOI* 10.1007/s00190-011-0528-1.

Gao, Y., and X. Shen. (2001) : Improving Ambiguity Convergence in Carrier Phase-Based Precise Point Positioning, *Proceedings of ION GPS-2001*, Salt Lake City, USA, September 2001.

Herring, T.A., King, R.W., and McClusky, S.C. (2010) : Introduction to GAMIT/GLOBK. Release 10.4. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Hofmann-Wellenhof, B., H. Lichtenegger and J. Collins (2001) : GPS Theory and Practice Fifth Revised Edition, Springer-Verlag Wien New York, ISBN 3-211-83534-2.

ICAO (1996) : International Standards and Recommended Practices: Aeronautical Telecommunications, Annex 10: Volume I Radio Navigation Aids, Fifth Edition.

IGS (2009). Satellite Antenna Corrections, Available at **ftp://igscb.jpl.nasa.gov/pub/station/general/igs08.atx**, Last accessed on May, 28 2015.

Kass, W. G., R. L. Dulaney, J. Griffiths, S. Hilla, J. Ray, J. Rohde (2008) : Global GPS data analysis at the National Geodetic Survey, *J Geod* (2009) 83:289–295.

Khan, S. A. and H. G. Scherneck (2003) : The M2 ocean tide loading wave in Alaska: Vertical and horizontal displacements, modelled and observed. *J. Geodesy*, 77, 117-127, doi: 10.1007/s00190-003-0312-y.

Kouba, J., and P. Héroux (2001) : GPS Precise Point Positioning Using IGS Orbit Products, *GPS Solutions*,Vol.5, No.2, pp.12-28.

Mathews, P. M., Buffett, B. A., and Shapiro,. I. I., (1995) : Love numbers for diurnal tides: Relation to wobble admittances and resonance expansions, J. *Geophys. Res.*, 100, pp. 9935–9948.

McCarthy, D. D. (1996) : IERS Standard 1996. IERS Technical Note No. 21, Observatoire de Paris.

McCarthy, D. D. and Petit, G. (2004) : IERS Conventions 2003. IERS Technical Note No. 32, Verlag des Bundesamts f¨ur Kartographie und Geodasie.

Parkinson, B.W. and N. Ashby (1996) : Introduction to Relativistic Effects on the Global Positioning System, in Global Positioning System: Theory and Applications Volume I, Volume 163, Progress in Astronautics and Aeronautics, The American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington, 1996, pp.679-682.

Petrov, L. and J.P. Boy (2004) : Study of the Atmospheric Pressure Loading Signal in VLBI Observations. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 109, No. B03405, 2004.

Putri, N.S.E. (2014) : Land-Sea Mask Modelling for Atmospheric Pressure Loading Determination, Mater Thesis, Institut Teknologi Bandung.

Rothacher, M. and G.Beutler (2002) : Advanced Aspects of Satellite Positioning, Lecture Notes for ENGO 609.90, The University of Calgary, AB, Canada.

Scherneck, H.G (1991) : Ocean Tide Loading Provider, http://holt.oso.chalmers.se/loading/, Last accessed May, 21 2016.

Seitz, F. and Schuh, H. (2009) : Earth Rotation, Science of Geodesy I, DOI 10.1007/978-3-642-11741-1_6, Springer-Verlag Berlin

Shen, X. (2002). Improving Ambiguity Convergence in Carrier Phase-based Precise Point Positioning. MSc Thesis, University of Calgary, Calgary.

Soycan, M. (2012) : A Quality Evaluation of Precise Point Positioning within the Bernese GPS Software Version 5.0, *Arab J Sci Eng*, 37,147–162.

Subarya, C. (2010) : Pemodelan dan Estimasi Dinamika Pergerakan Lempeng Tektonik di Wilayah Indonesia dari Pengamatan GPS, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.

Vanicek, P. (1973) : The Earth Tide, Lecture Notes No. 36, University of New Brunswick, Canada.

Variandy, E. D. (2014) : Analisis Spektral Data Superconducting Gravimeter di Stasiun BIG Cibinong, Thesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.

Weber, R., C. Bruyninx, H.G. Scherneck, M. Rothacher, P.H. Andersen, T.F. Baker, and T. van Dam (2011) : GPS / GLONASS and Tidal Effects, IAG/ETC *Working Group 6 report* (Solid Earth Tides in Space Geodetic Techniques), http://www.upf.pf/ICET/bim/text/WG6GPS.ht.

Witchayangkoon, B. (2000) : Elements of GPS Precise Point Positioning, Dissertation for degree of Doctor of Philosophy, University of Maine.

Zheng, Y. (2006) : Generation of Network-Based Differential Corrections for Regional GNSS Services, Dissertation for degree of Doctor of Philosophy, Queensland University of Technology.

Peran CORS Badan Informasi Geospasial dalam Mewujudkan Kebijakan Satu Peta

Dina Fitriana[a], Joni Efendi[b]

[a,] staff Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika, Badan Informasi Geospasial (dina.fitriana@big.go.id)
[b,] kepala bidang gaya berat dan pasang surut PJKGG, Badan Informasi Geospasial (joni.efendi@big.go.id)

ABSTRACT

CORS GNSS technology is not new technology, but this development is very fast, start from survey equipment until the software used to monitor observational data also vary. Of course, Geospatial Information Agency (BIG) as the most competent agencies as mandated by Geospatial Information Act (UUIG No.4 / 2011) provide basic geospatial information also using CORS GNSS technology in realizing the policy of the map. It is evident from the development of GNSS CORS stations are continuously carried out until 2016. The distribution of GNSS CORS station also become an important point of the implementation of one map policy, because BIG should be wise to put the GNSS CORS throughout Indonesia so that the basic needs of geospatial information can support national development can be met. In terms of data services GNSS CORS, BIG also set up a support device that is reliable, it can be seen from the availability of servers and software support that is used to monitor the surveillance data for GNSS CORS and storing data observations GNSS CORS to then go into the processing stage data. Now there are 125 BIG CORS stations are ready to serve society, with the construction of 10 stations in 2016, making a total of 135 GNSS CORS stations spread across Indonesia. Construction of 10 stations in 2016, has a system that is more perfect than the previous year, it is also a proof of the seriousness of the BIG in serving the community, however, of 135 stations GNSS CORS BIG is still less if the station GNSS CORS BIG functioned to serve the correction RTK given area of Indonesia , because it required the cooperation of various parties including local government in providing infrastructure geospatial GNSS CORS so that needs can be met the number of stations GNSS CORS ideal will be achieved, by itself the policy of the forum will be achieved, because all the systems that unite ourselves with GNSS CORS will automatically into one map with the policy outcome BIG map is no longer a mere dream.

Keywords : *cors, infrastructure, information, geospatial*

Pendahuluan

Badan Informasi Geospasial (BIG) yang dibentuk berdasarkan Undang – Undang Geospasial No. 4 tahun 2011 merupakan satu satunya instansi yang menjalankan fungsi Pemerintah di bidang penyediaan Sistem Referensi Pemetaan Nasional. Salah satu upaya menyediakan sistem referensi nasional yang akurat dan mudah diakses BIG melaksanakan pembangunan JKG (Jaring Kontrol Geodesi Nasional), ada beberapa JKG yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial yaitu Jaring Kontrol Horizontal (JKH), Jaring Kontrol Vertikal (JKV), dan Gaya Berat. Stasiun CORS Indonesia adalah salah satu JKH, yang didistribusikan merata di seluruh Indonesia. Tentu tidak mudah bagi BIG menetukan area sebaran stasiun mengingat luasnya wilayah Indonesia. Sampai Oktober 2016 sudah dilakukan pembangunan stasiun CORS yang siap beroperasi melayani masyarakat sebanyak 135 stasiun, yang tersebar di pulau-pulau besar dan kecil di Indonesia. Tentunya jumlah ini belum dapat memenuhi ketersediaan data JKH (CORS) di seluruh Indonesia. Selain melakukan pembangunan, yang tidak kalah penting adalah melakukan pengelolaan stasiun CORS Indonesia. Indikator stasiun CORS Indonesia (InaCORS) terkelola dengan baik adalah tersedianya raw data stasiun CORS dengan interval 30 detik, selama 24 jam sehari, 7 hari seminggu dan 365/366 hari setahun. Selain itu, komunikasi yang baik juga menjadi indikator yang penting apalagi saat ini BIG tidak hanya melayani raw data tapi juga Koreksi Online dan Processing Online melalui website www.inacors.big.go.id.

Oleh karena pentingnya peran InaCORS sudah seharusnya pemerintah memberikan dukungan penuh terhadap berlangsungnya pelaksanaan pembangunan dan pengelolaan InaCORS. Jika stasiun InaCORS dapat dikelola dengan baik, maka semua user dengan nyaman bisa mendapatkan layanan raw data, koreksi online, dan processing online dari BIG. Jika user sudah merasa nyaman, maka mereka akan selalu menggunakan layanan InaCORS dari BIG, semakin sering user menggunakan layanan InaCORS artinya semakin cepat terwujudnya *one map policy* di

Indonesia. Berikut ini adalah peta sebaran dan tabel stasiun di Indonesia sampai dengan Oktober 2016 sebagai berikut :



Gambar 1. Peta Sebaran CORS Indonesia Per Oktober 2016

Tabel 1. Koordinat Stasiun InaCORS Per Oktober 2016

No	Stasiun	Bujur (Desimal Degree)	Lintang (Desimal Degree)	Tinggi Elipsoid (m)
1	BAK1	106.849 E	6.491 S	160.724
2	BAKO	106.849 E	6.491 S	158.117
3	BANI	129.905 E	4.522 S	77.057
4	CAIR	99.395 E	0.208 N	-5.052
5	CAMB	128.185 E	3.696 S	87.430
6	CAMP	121.580 E	0.871 S	76.479
7	CANG	107.525 E	7.021 S	745.547
8	CBAL	116.840 E	1.256 S	75.049
9	CBAS	109.301 E	1.361 N	34.952
10	CBIK	136.090 E	1.186 S	88.475
11	CBIT	125.187 E	1.443 N	78.320
12	CBKL	102.266 E	3.796 S	22.839
13	CBKT	100.371 E	0.309 S	929.259
14	CBLR	111.415 E	6.969 S	118.394
15	CBON	121.078 E	7.382 S	82.817
16	CBRN	114.440 E	7.838 S	99.778
17	CBTL	110.335 E	7.893 S	72.593
18	CBTU	107.096 E	6.308 S	64.594
19	CCIR	108.561 E	6.716 S	37.041
20	CCLP	109.010 E	7.738 S	43.574
21	CDAI	122.868 E	8.069 S	226.696
22	CDNP	115.146 E	8.818 S	234.515
23	CFAK	132.304 E	2.924 S	212.492
24	CGON	106.052 E	6.021 S	41.237
25	CJEM	113.693 E	8.175 S	121.876
26	CJKT	106.885 E	6.110 S	32.235
27	CJPR	110.667 E	6.596 S	32.935
28	CJUR	107.138 E	6.822 S	479.898
29	CKAL	124.517 E	8.213 S	77.592
30	CKBM	109.653 E	7.670 S	50.696
31	CKEN	122.545 E	3.963 S	80.982
32	CKUP	123.597 E	10.169 S	107.377
33	CKUR	122.110 E	8.121 S	128.580
34	CLBG	107.616 E	6.824 S	1329.737
35	CLBJ	119.885 E	8.498 S	89.295
36	CLDO	106.830 E	6.767 S	682.685
37	CLGI	105.297 E	5.812 S	260.641
38	CLMG	112.327 E	7.093 S	39.586
39	CLUM	113.115 E	8.214 S	195.058
40	CLWB	123.422 E	8.371 S	55.880
41	CMAG	111.451 E	7.606 S	127.226
42	CMAK	119.408 E	5.135 S	77.595
43	CMAN	134.072 E	0.859 S	89.303
44	CMAT	116.098 E	8.583 S	53.702
45	CMGL	110.217 E	7.476 S	422.761
46	CMIS	108.343 E	7.326 S	248.152
47	CMJT	112.442 E	7.466 S	53.741
48	CMLG	112.663 E	7.980 S	474.667
49	CMLI	121.100 E	2.634 S	84.981
50	CMLP	106.019 E	6.778 S	93.565
51	CMRE	122.220 E	8.627 S	59.484
52	CNAB	135.505 E	3.367 S	85.548
53	CNAT	108.388 E	3.941 N	26.735
54	CNAU	116.621 E	3.586 N	61.405
55	CNDE	121.651 E	8.842 S	84.851
56	CNGA	111.905 E	7.605 S	86.620
57	CNYU	114.375 E	8.212 S	52.276
58	CPAC	111.098 E	8.196 S	37.621
59	CPAI	113.530 E	7.719 S	44.178
60	CPAL	120.192 E	3.007 S	75.081
61	CPAR	100.132 E	0.625 S	0.187
62	CPAS	112.901 E	7.651 S	43.339
63	CPBI	115.471 E	8.543 S	278.744
64	CPBL	109.364 E	7.389 S	84.449
65	CPBR	122.319 E	8.348 S	125.302
66	CPDG	100.363 E	0.954 S	3.848
67	CPES	114.110 E	8.534 S	71.532

No	Stasiun	Bujur (Desimal Degree)	Lintang (Desimal Degree)	Tinggi Elipsoid (m)
68	CPKL	109.669 E	6.887 S	39.491
69	CPMK	107.691 E	7.655 S	25.419
70	CPON	109.329 E	0.004 S	36.823
71	CPRE	119.650 E	3.979 S	133.174
72	CPSR	105.834 E	6.226 S	30.774
73	CPTN	106.411 E	6.961 S	364.220
74	CPTS	110.302 E	8.009 S	47.347
75	CPTU	106.551 E	6.989 S	39.747
76	CPUT	112.923 E	0.877 S	78.399
77	CPWD	110.914 E	7.096 S	54.917
78	CPWK	107.443 E	6.551 S	108.494
79	CRAU	117.497 E	2.149 N	64.219
80	CREO	120.490 E	8.311 S	54.250
81	CRKS	106.246 E	6.358 S	43.342
82	CROL	107.985 E	6.313 S	32.273
83	CRUT	107.905 E	7.217 S	746.561
84	CSAU	131.298 E	7.984 S	76.948
85	CSAB	95.316 E	5.894 N	-11.290
86	CSBK	105.505 E	5.902 S	70.857
87	CSBY	112.724 E	7.334 S	51.253
88	CSEL	100.839 E	1.798 S	25.328
89	CSEM	110.377 E	6.987 S	37.729
90	CSGT	106.905 E	7.256 S	699.540
91	CSIB	98.776 E	1.741 N	-3.555
92	CSIT	114.013 E	7.703 S	72.272
93	CSLO	110.830 E	7.571 S	128.990
94	CSMN	113.875 E	7.018 S	40.739
95	CSMP	113.252 E	7.195 S	46.094
96	CSOR	131.282 E	0.881 S	86.009
97	CSRJ	115.058 E	8.150 S	60.331
98	CSUM	107.922 E	6.859 S	482.448
99	CTAN	107.124 E	7.268 S	328.166
100	CTBN	111.986 E	6.872 S	36.160
101	CTCN	104.727 E	5.913 S	29.015
102	CTER	127.383 E	0.788 S	101.320
103	CTGL	109.136 E	6.871 S	44.759
104	CTIM	136.888 E	4.547 S	104.349
105	CTGR	106.664 E	6.291 S	66.359
106	CTOA	121.768 E	7.406 S	366.535
107	CTOL	120.817 E	1.042 N	71.566
108	CTUL	111.906 E	8.066 S	123.722
109	CTVI	106.597 E	7.121 S	842.138
110	CUAL	132.745 E	5.632 S	78.903
111	CUJG	106.406 E	7.382 S	17.897
112	CUJK	105.213 E	6.747 S	33.750
113	CUKE	140.394 E	8.490 S	80.202
114	CWAI	120.265 E	9.654 S	54.170
115	JOGS	110.295 E	7.817 S	156.304
116	LHMI	96.947 E	5.229 N	4.393
117	MMRI	122.238 E	8.636 S	64.693
118	NIAS	97.576 E	1.304 N	62.536
119	P14P	119.837 E	0.894 S	137.091
120	PALE	104.700 E	2.902 S	35.356
121	PALP	119.906 E	0.884 S	138.625
122	PANJ	100.380 E	0.466 S	715.268
123	SAMP	98.715 E	3.622 N	1.935
124	TOBP	120.095 E	0.709 S	75.617
125	WATP	119.587 E	0.860 S	75.415
126	CLHT	103.533 E	3.795 S	127.633
127	CKRI	103.931 E	5.196 S	12.068
128	CTHN	125.504 E	3.613 N	19.500
129	CTBL	128.008 E	1.730 N	82.315
130	CKTP	109.978 E	1.829 S	38.496
131	CBLA	130.488 E	3.104 S	71.433
132	CSMI	138.752 E	1.853 S	84.461
133	CJYP	140.705 E	2.542 S	18.000
134	CWMN	138.942 E	4.096 S	1752.494
135	CBTI	133.520 E	2.105 S	83.668

Standar Site CORS BIG di tahun 2016 mengalami penyempurnaan dibandingkan tahun sebelumnya. Perbedaan dari tahun sebelumnya adalah pada perangkat power yang digunakan, adalah listrik PLN yang dimasukkan ke UPS baru kemudian mengalir ke perangkat site. Tahun ini, peralatan CORS dianggap memiliki satu kesatuan sistem site yang terdiri dari pilar, receiver, antena, meteo sensor, baterai, autimatic charger, dc distribution, box dan perkabelan. Konsep site ini nantinya akan sama untuk seluruh site InaCORS di seluruh Indonesia. Namun, untuk mewujudkan infrastruktur CORS yang mampu menyediakan data di seluruh Indonesia, BIG masih sangat jauh dari kata sempurna. Salah satunya karena sebaran InaCORS yang masih sangat sedikit jika dibandingkan dengan luas wilayah Indonesia. Seperti yang terlihat di Gambar 1, stasiun CORS yang

dikelola BIG sudah terdistribusi di P. Jawa sebanyak 60 stasiun, di P. Sumatera 18 stasiun, P. Kalimantan 7 stasiun CORS, P. Sulawesi dan sekitarnya 15 stasiun, Papua dan sekitarnya 15 stasiun, sisanya tersebar di kepulauan Nusa Tenggara dan Bali. Jumlah 135 stasiun CORS BIG saat ini masih kurang dalam melayani ketersediaan raw data, dan koreksi online (RTK-NTRIP).



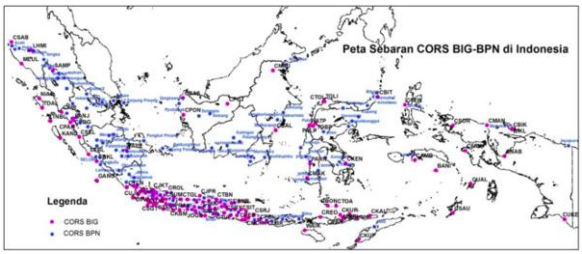
Gambar 2. Stasiun CORS BIG di Wamena

BIG saat ini menyediakan server penyimpanan data yang sangat besar dan canggih. Bahkan sampai dikelola oleh satu unit teknis yaitu Pusat Penyebarluasan dan Infrastruktur Geospasial (PPIG). Data yang diperoleh dari pengamatan di lapangan didownload setiap hari secara otomatis ke kantor BIG, setelah melalui tahap QC data, data tersebut disimpan ke server yang ada di PPIG. Untuk mendapatkan layanan data dengan dari stasiun CORS BIG, pengguna dapat meminta layanan ke info@big.go.id sebagai alamat email layanan satu pintu di BIG. Layanan yang diberikan saat ini adalah raw data, online koreksi (RTK dan DGPS), dan pengolahan data online. Standar layanan untuk data CORS yang masuk ke bagian teknis di PJKGG adalah maksimal 1 x 24 jam, sesuai dengan Standar Layanan Minimal PJKGG tahun 2016.

Penelitian yang dilakukan oleh Jansen, dkk., 2011 jarak maksimum pengamatan *Real Time Kinematic* (RTK) NTRIP *single base* untuk mendapatkan koreksi *streaming* yang baik adalah 20 km. Artinya jika CORS BIG ingin melayani koreksi RTK-NTRIP dengan baik diseluruh Indonesia dapat mendistribusikan stasiun CORS BIG dengan Interval 40 km. Penelitian Jansen, dkk., 2011, dikuatkan oleh penelitian yang dilakukan oleh Prabowo, Ginanjar Ihsan., 2014 nilai kepresisian tertinggi pengamatan RTK-NTRIP pada radius 20 km mencapai 0,003 m (sampai ketelitian mm).

Tujuan penulisan paper ini adalah untuk melihat area yang dapat dilayani koreksi RTK-NTRIP dari CORS BIG dan mana area yang belum dapat dilayani koreksi RTK-NTRIP. Sehingga menjadi masukan untuk pemilihan lokasi CORS dalam pembangunan selanjutnya, baik pembangunan dilakukan oleh BIG ataupun pembangunan yang diselenggarakan oleh instansi lain dengan BIG sebagai role model dalam pengeloaan CORS.

Selain instansi BIG, ada instansi pemerintah lain yang memiliki infrastruktur CORS yaitu instansi BPN. Kalau BIG penyediaan CORS bertujuan untuk penyediaan Sistem Referensi Pemetaan, maka di instansi BPN infrastruktur ini digunakan untuk mempercepat pemetaan persil tanah menggunakan metode pengukuran RTK-NTRIP. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Syetiawan, Agung., 2015, stasiun CORS yang dikelola oleh BPN ada 184 stasiun. Instansi pemerintah lainnya yang memiliki CORS adalah BMKG. Namun, stasiun CORS yang dimiliki kedua instansi ini belum terintegrasi dengan sistem yang ada di BIG atau belum masuk ke sistem SRGI 2013. Selain instansi pemerintah, ada juga beberapa perusahaan swasta yang memiliki infrastruktur CORS untuk kepentingannya sendiri, dan juga belum terintegrasi dalam SRGI 2013.



Gambar 3. Sebaran CORS BIG-BPN (Syetiawan, Agung., 2015)

Wilayah kajian penelitian mencakup peta Indonesia yang memuat seluruh wilayah Indonesia, dan lokasi-lokasi stasiun CORS Indonesia untuk dijadikan dasar analisa GIS.

Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penulisan paper ini meliputi persiapan, pengolahan, pembahasan dan hasil. Persiapan yang dilakukan adalah studi literatur dan persiapan data masukan. Data masukan yang digunakan dalam penelitian adalah sebaran stasiun CORS Indonesia yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial yaitu 135 lokasi sampai tahun 2016 yang diperoleh dari bidang Geodinamika Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Instansi Badan Informasi Geospasial, dan Peta Indonesia yang diperoleh dari Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim Instansi Badan Informasi Geospasial. Perangkat yang digunakan dalam pengolahan adalah satu unit komputer yang sudah terinstal perangkat lunak GIS, penelitian ini menggunakan ArcGIS 10. Pada tahapan pengolahan data, dilakukan buffering

area sejauh 20 km sesuai dengan penelitian Jansen dan kawan-kawan, 2011, jarak maksimum pengamatan *Real Time Kinematic* (RTK) NTRIP *single base* untuk mendapatkan koreksi *streaming* yang baik. Tahap selanjutnya adalah melakukan pembahasan dari hasil pengolahan data. Pada tahapan ini dilakukan analisa data dari hasil pengolahan data yang sudah dilakukan sebelumnya, sehingga diperoleh penyelesaian terhadap permasalahan yang ada. Kemudian tahapan terakhir adalah melakukan penulisan laporan dari hasil pengolahan data dan analisa yang sudah dilakukan sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data dengan metode analisa GIS, diperoleh peta sebaran cors dan area yang bisa dicover RTK NTRIP dengan radius 20 km sebagai berikut :

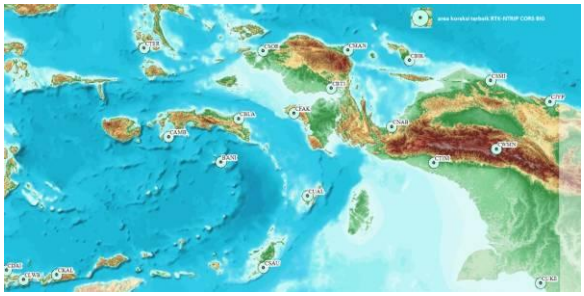


Gambar 4. Peta Sebaran CORS Indonesia Per Oktober 2016

Dari Gambar 2. dapat dilihat belum ada satu pulaupun di Indonesia yang dapat dicover oleh koreksi RTK-NTRIP jika mengacu pada penelitian Jansen, dkk., 2011 dan Prabowo, Ginanjar Ihsan, 2014.



Gambar 5. Coverage RTK-NTRIP di daerah Bali dan Nusa Tenggara



Gambar 6. Coverage RTK-NTRIP di daerah P. Irian



Gambar 7. Coverage RTK-NTRIP di daerah Kepuluan Maluku



Gambar 8. Coverage RTK-NTRIP di daerah Kepuluan Natuna dan P. Kalimantan

Hasil pengolahan data menunjukkan area yang dapat dilayani oleh CORS BIG sangat sedikit dibandingkan wilayah Indonesia. Oleh karena itu dibutuhkan percepatan pembangunan infrastruktur CORS di seluruh Indonesia. Percepatan pembangunan ini, dapat dilakukan oleh instansi pemerintah maupun instansi swasta untuk dapat bekerjasama dengan BIG dalam proses pembangunan dan pengelolaan CORS. Mengingat peran stasiun CORS sangat penting dalam mewujudkan *one map policy*, diantaranya :

1. Menjadi bagian penting dari pembangunan Sistem Referensi Nasional yaitu SRGI 2013.
2. Menjadi referensi pemetaan yang sangat penting. Karena ampai saat ini, jika user ingin menyatukan sistem pemetaan dengan SRGI 2013, cara paling mudah adalah dengan menggunakan acuan JKH dari BIG, dikarenakan belum tersedia konversi koordinat untuk seluruh wilayah Indonesia. Layanan RTK menjadi cara paling cepat dan

paling mudah karena memberikan hasil pengukuran koordinat saat itu juga.

3. Memenuhi layanan data baik raw data yang digunakan untuk processing online dan post processing, maupun layanan online koreksi (RTK dan DGPS).

4. Data stasiun CORS juga dapat digunakan untuk penelitian lain yang sifatnya geodinamika (deformasi, kegempaan, kegempaan, *tsunamy early warning system* dan lain-lain).



Gambar 8. Coverage RTK-NTRIP di P. Sulawesi



Gambar 9. Coverage RTK-NTRIP di P. Sumatera



Gambar 10. Coverage RTK-NTRIP di P. Jawa

Kesimpulan dan Saran

Cara paling cepat dan mudah untuk mendapatkan koordinat yang terintegrasi dengan CORS BIG adalah dengan pengukuran RTK-NTRIP. Dikatakan mudah, karena pengguna langsung mendapatkan koordinat seketika tanpa melakukan proses pengolahan data. Namun, sebaran 135 stasiun CORS yang dimiliki BIG belum dapat melayani kebutuhan koreksi RTK-NTRIP diseluruh Indonesia. Dalam upaya mempercepat tercapainya *one map policy,* dibutuhkan penyediaan infrastruktur CORS yang terdistribusi merata dan dapat melayani koreksi RTK di seluruh Indonesia. Percepatan pembangunan ini, jika hanya dibebankan kepada instansi BIG tentu tidak mungkin, dikarenakan keterbatasan anggaran. Sehingga dibutuhkan kerjasama antar instansi baik instansi pusat maupun instansi daerah ataupun pihak swasta yang memiliki kebutuhan pada infrastruktur CORS. BIG sebagai instansi pemerintah yang sudah lebih dahulu melakukan pengelolaan CORS dapat menjadi role model bagi instansi lain.

Penulis menyadari penelitian ini masih sangat prematur, dibutuhkan penelitian lanjutan salah satunya pengujian penelitian Jansen, dkk. yang diterapkan di seluruh stasiun CORSBIG. Selain itu, penulis juga menyarankan agar dilakukan penyatuan sistem CORS antara instansi pemilik infrastruktur CORS baik intansi milik pemerintah maupun instansi swasta.

Ucapan terima kasih

Ucapan terimakasih sebesar-besarnya kepada Kepala Pusat dan staff Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika terutama staff bidang Geodinamika dalam menyediakan data, dan fasilitas lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan tulisan ini dengan baik.

Daftar Pustaka

Jansen, V., Hassdyk J., McElroy S., 2011, "CORSnet-NSW Network RTK", APAS 16th Annual Conference, 6-7 April 2011, Bathurst.

Sari, Atika., Khomsin., 2014, "Analisa Perbandingan Ketelitian Penentuan Posisi dengan GPS RTK-NTRIP dengan Base GPS CORS BIG dari Berbagai Macam Mobile Provider Didasarkan Pada Pergeseran Linear (Studi Kasus : Surabaya)", GEOID Vol 10. No. 01 Agustus 2014.

Syetiawan, Agung., 2015, "Kondisi dan Tantangan Pembangunan Stasiun CORS di Indonesia", Seminar Nasional Itenas, Surabaya.

Prabowo, Ginanjar Ihsan., 2014, "Perbandingan Tingkat Kepresisian Hasil Pengamatan RTK NTRIP dengan Base Stasion CORS GMU1 Menggunakan Lima Provider Telekomunikasi", Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Implication of Co-seismic Deformation of 11 April 2012 Wharton Basin Earthquake into National Geodetic Datum Indonesia

Susilo[(a,b)], Hasanuddin Z. Abidin[(b)], Irwan Meilano[(b)], Benyamin Sapiie[(c)], Joni Efendi[(a)], Antonius B. Wijanarto[(a)]

[a,] Center for Geodetic Control Network and Geodynamic, Geospatial Information Agency, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong 16911, 16911 (susilo@big.go.id)

[b,] Geodesy Research Group, Faculty of Earth Science and Technology, Institute of Technology Bandung (ITB), Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

[c,] Applied Geology Group, Faculty of Earth Science and Technology, Institute of Technology Bandung (ITB), Jl. Ganesha 10 Bandung 40132

ABSTRACT

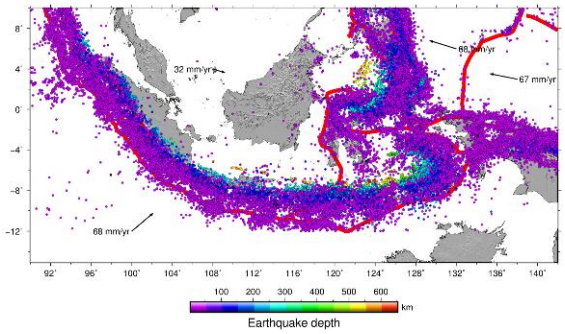
Since October 2013, Indonesia proposed new geodetic datum which called Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013 (Indonesian Geospatial Reference System 2013 / IGRS2013). The coordinates of IGRS2013 defines at reference epoch 2012.0 and connected to ITRF2008. As a semi dynamic datum in natural, IGRS2013 must have a deformation model to transform the coordinates at the observation epoch to/from reference epoch of IGRS2013. A deformation model consists the linear deformation due to plate tectonic movement and non-linear deformation due to seismic activity or earthquakes. This paper will present the effect of co-seismic deformation due to 11 April 2012 Wharton Basin (WB) earthquake into IGRS2013. The result shows that the most of Western Indonesian region was deformed with magnitude from 1 mm - 32 cm. This value should be corrected into coordinates in IGRS2013 when the observations epoch is after the earthquake.

Keywords IGRS2013, Co-seismic Deformation, Wharton Basin Earthquake

Pendahuluan

Wilayah Indonesia terletak di pertemuan 4 lempeng tektonik aktif (Gambar 1), yaitu lempeng Eurasia, Lempeng Indo-Australia, lempeng *Philipine Sea* dan Lempeng Pasifik. Kondisi tektonik ini menghasilkan topografi yang kasar, seismisitas tinggi, dan gunungapi aktif (Hamilton, 1979) yang menjadi penyebab sering terjadinya bencana alam, seperti gempabumi, letusan gunungapi, tanah longsor, penurunan tanah, banjir, dan tsunami. Bencana alam ini akan mengakibatkan terjadinya terjadinya deformasi di permukaan bumi (Abidin dkk., 2006).

Deformasi di permukaan bumi dapat dilihat dari perubahan nilai koordinat geosentrik 3 dimensi titik-titik kontrol geodesi. Perubahan nilai koordinat titik-titik kontrol geodesi akibat aktivitas tektonik dan gempabumi harus diperhitungkan dalam aplikasi penentuan posisi. Perubahan koordinat ini akan berakibat terjadinya perubahan sistem dan kerangka koordinat sebagai referensi geospasial di Indonesia.



Gambar 1. Kondisi tektonik dan seismisitas wilayah Indonesia. Lingkaran padat adalah gempabumi berdasarkan skala kedalaman (komunikasi pribadi dengan Irwan Meilano); garis merah merupakan batas lempeng tektonik. Panah hitam menunjukkan laju kecepatan lempeng tektonik dari MORVEL56 (Argus dkk., 2011); topografi dari Amante dan Eakins (2009).

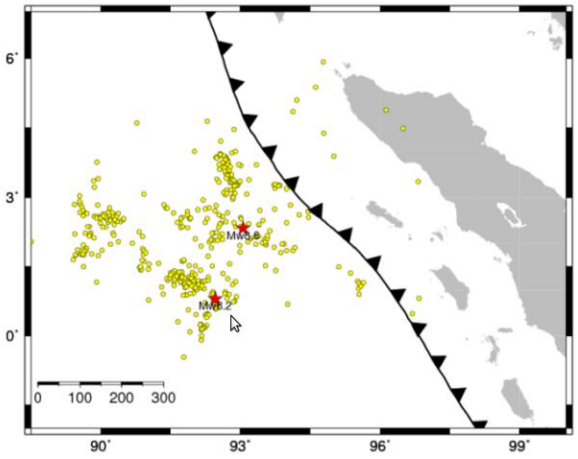
Sejak 11 Oktober 2013, Badan Informasi Geospasial (BIG) menyatakan bahwa sistem referensi geospasial atau datum yang digunakan di Indonesia adalah Sistem referensi Geospasial Naional 2013 atau Sistem referensi Geospasial Indonesia 2013 (SRGI2013) (BIG, 2013). SRGI2013 merupakan datum semi

dinamik yang terikat pada ITRF2008 (Altamimi, 2012) dengan koordinat Jaring Kontrol Geodesi (JKG) ditetapkan pada epok 1 Januari 2012. Perubahan koordinat akibat aktivitas pergerakan lempeng tektonik dan gempabumi direalisasikan sebagai model deformasi. Model deformasi untuk mentransformasi koordinat pada pengamatan ke atau dari epok referensi SRGI2013. Salah satu unsur dari model deformasi adalah deformasi ko-seismik akibat terjadinya gempabumi.

Makalah ini akan membahas tentang pengaruh ko-seismik gempabumi Wharton Basin pada tanggal 11 April 2012 terhadap SRGI2013.

Gempabumi Wharton Basin 11 April 2012

Pada tanggal 11 April 2012, telah terjadi gempabumi dengan kekuatan Mw 8,6 dan 8,2 yang terjadi di Wharton Basin (Gambar 2). Gempabumi ini merupakan gempabumi bumi besar yang terjadi di luar wilayah subduksi dan merupakan gempabumi *strike-slip* (McGuire dan Beroza, 2012; Meng dkk., 2012).



Gambar 2. Gempabumi utama (bintang merah) dan gempabumi susulan (bulat kuning) dari gempabumi 11 April 2012 (Maulida, 2015)

Maulida, (2015) menyatakan bahwa deformasi ko-seismik yang dihasikan dari data pengamatan GPS > 25 cm di wilayah Sumatra bagian utara. Dari data Sumatran GPS Array (SUGAR), Hill (2015) besarnya deformasi ko-seismik sampai dengan ~ 22 cm.

Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan adalah data pengamatan cGPS dari BIG dan SUGAR.

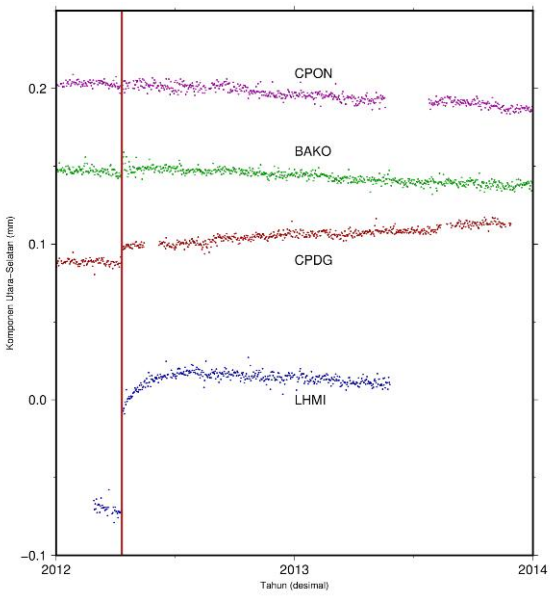
2. Estimasi deformasi ko-seismik dari data GPS kontinu.

3. Pemodelan deformasi ko-sesimik dari data geometri sesar dari Hill (2015).

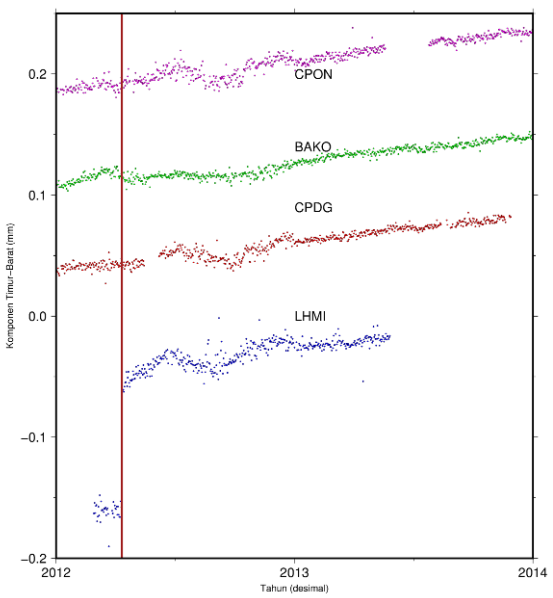
4. Menghitung nilai residual deformasi ko-seismik

Hasil dan Pembahasan

Dalam penelitian ini estimasi deformasi koseismik akibat peristiwa gempabumi dilakukan bersamaan dengan tahapan estimasi vektor kecepatan dari data *time series* koordinat stasiun GPS. Estimasi deformasi koseismik dari *time series* koordinat GPS menggunakan persamaan dalam Nikolaidis, (2002). Gambar 3 dan Gambar 4 memperlihatkan ko-seismik gempabumi Wharton Basin 2012 dalam time series koordinat GPS kontinu di beberapa stasiun GPS dalam arah utara-selatan dan timur-barat. Tregoning (2015) menunjukkan bahwa komulatif kosesimik dari beberapa gempabumi *far field* dapat menghasilkan bias terhadap kecepatan linier stasiun GPS sampai 0.3 mm/tahun, sehingga akan berpengaruh signifikan terhadap konsistensi penentuan kerangka referensi koordinat.



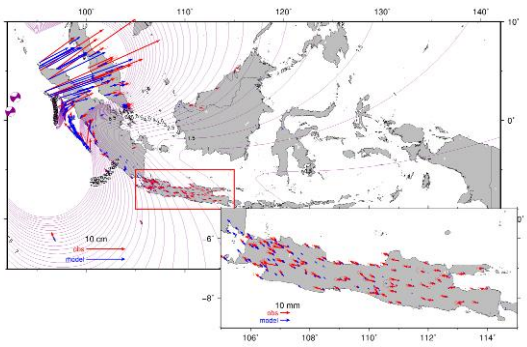
Gambar 3 Time series koordinat GPS komponen utara-selatan; Garis vertikal merah merupakan waktu terjadinya gempabumi 11 April 2012.



Gambar 4 Time series koordinat GPS komponen timur-barat; Garis vertikal merah merupakan waktu terjadinya gempabumi 11 April 2012.

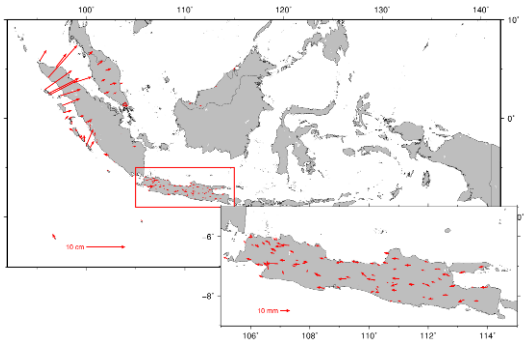
Hasil deformasi ko-seismik dari data GPS dapat dilihat pada Gambar 444. Dari gambar terlihat bahwa pada lokasi < 1°N mengalami deformasi ko-sesimik ke arah timur laut dan semakin besar dari selatan ke utara. Sedangkan wilayah Sumatra di selatan 1°N deformasi ko-sesimik menuju ke utara-barat dan besarnya deformasi lebih kecil dibandingkan dengan wilayah di utaranya. Pulau Jawa mengalami deformasi ke arah barat dengan besarnya deformasi bervariasi dan < 5 mm. Hampir seluruh wilayah Kalimantan mengalami deformasi ko-seismik dengan besaran < ~ 5mm.

Dengan menggunakan pemodelan Spherical layered model (Pollitz, 1996), deformasi ko-seismik diestimasi dengan menggunakan parameter gempabumi dan slip dari Hill (2015). Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Deformasi ko-seismik hasil dari time series koordinat GPS dan pemodelan. Interval kontur adalah 0.5 mm. Focal mechanism dari global CMT.

Analisis deformasi ko-seismik dilakukan dengan menghitung nilai residual antara ko-seismik hasil hitungan GPS dan pemodelan (Gambar 6). Berdasarkan penelitian ini, dengan menggunakan 170 stasiun GPS kontinu dihasilkan nilai rmse residual sebesar 14,29 mm dan 9,73 untuk komponen timur-barat dan utara-selatan. Dari nilai rmse residual yang dihasilkan dapat dianalisis bahwa nilai ko-seismik GPS dan pemodelan memberikan hasil yang cukup bagus.



Gambar 6 Residual deformasi ko-seismik (GPS-Model)

Melihat besarnya deformasi ko-seismik yang dihasilkan, baik dari GPS maupun pemodelan, dalam rentang 0,1 - 32 cm, maka sangatlah perlu diperhitungkan pengaruhnya dalam koordinat SRGI2013.

Kesimpulan

Estimasi dan pemodelan deformasi ko-seismik dari gempabumi Wharton Basin 2012 telah dilakukan dengan nilai ko-seimik dalam rentang 0.1 - 32 cm. Hampir seluruh wilayah Indonesia mengalami deformasi statik akibat gempabumi ini. Melihat besarnya deformasi ko-seismik yang dihasilkan, khususnya wilayah Sumatra bagian utara (> 1°N) maka akan mempengaruhi nilai koordinat JKG dalam SRGI2013. Implikasinya terhadap penentuan posisi menggunakan GPS dan menggunakan JLG sebagai titik referensi, maka nilai deformasi ko-seismik yang dihasilkan harus dikoreksikan terhadap data pengamatan untuk mendapatkan nilai koordinat referensi yang teliti dan bersih dari efek gempabumi. Deformasi ko-seismik ini akan sangat berguna dalam pembuatan model deformasi untuk datum SRGI2013.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih dismapaikan kepada Badan Informasi Geospasial, LIPI, Earth Observatoty of Singapore (EOS0 yang telah memberikan akses data GPS untuk penelitian ini. Penelitian ini didudkung oleh BIG dan ITB. Semua gambar dibuat menggunakan perangkat lunak Global Mapping Tools (GMT) dari Wessel dkk. (2013).

Daftar Pustaka (Heading 2)

Abidin, H.Z., Susilo, S., Meilano, I., Subarya, C., Prijatna, K., Syafi'i, M.A., Hendrayana, E., Efendi, J., and Sukmayadi, D., (2006), On the Development and Implementation of a Semi-Dynamic Datum for Indonesia, International Association of Geodesy Symposia, , © Springer International Publishing Switzerland, accepted for publication, DOI 10.1007/1345_2015_83.

Argus, D. F., Gordon, R. G., dan DeMets, C., (2011) Geologically current motion of 56 plates relative to the no-net-rotation reference frame, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, accepted for publication, September, 2011.

Amante, C. dan B.W. Eakins, (2009), ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA *Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center*, NOAA. doi:10.7289/V5C8276M [access date: 29 September 2016]

BIG, (2013), Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 15, Badan Informasi Geospasial, Cibinong, Bogor.

McGuire, J. J., and G. C. Beroza (2012), A rogue earthquake off Sumatra, *Science*, 336, 1118–1119.

Meng, L., J.-P. Ampuero, J. Stock, Z. Duputel, Y. Luo, and V. C. Tsai (2012), Earthquake in a maze: Compressional rupture branching during the 2012 M w 8.6 Sumatra earthquake, *Science*, 336, 1118–1119.

Maulida, P. (2015), *Analysis of 2012 M8.6 Indian Ocean Earthquake*, Thesis Program Pasca Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB.

Hill, E. M., Yue, H., Barbot, S., Lay, T., Tapponnier, P., Hermawan, I., Hubbard, J., Banerjee, P., Feng, L., Natawidjaja, D., dan Sieh, K., (2015), The 2012 Mw 8.6 Wharton Basin sequence: A cascade of great earthquakes generated by near-orthogonal, young, oceanic mantle faults, *Journal of Geophysical Research:Solid Earth*, Vol. 120, 3723-3747.

Tregoning, P., R. Burgette, S.C. McClusky, S. Lejeune, H. McQueen dan Watson, C.S., (2013): A decade of horizontal deformation from great earthquakes, *J. Geophys. Res*., 118, doi:10.1002/jgrb.50154.

Nikolaidis, R. M., (2002): Observation of Geodetic and Seismic Deformation with the Global Positioning System, disertasi, University of California, San Diego.

Pollitz, F. F., (1996): Coseismic deformation from earthquake faulting on a layered spherical earth, *Geophys. J. Int*., 125, 1-14.

.

Benchmarking Aplikasi Web SRGI sebagai Salah Satu Sistem Informasi Referensi Geospasial berbasis Internet di Indonesia

Isnaini Annuriah Mundakir[a]

[a,] Pusat Jaring Kontrol geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial (isnaini.annuriah@big.go.id)

ABSTRACT

One of the tools used in the implementation of Indonesian Geospatial Reference System 2013 (SRGI2013) datum is the SRGI website, which can be accessed through the address www.srgi.big.go.id. Currently the web is providing horizontal coordinates of Geodetic Control Points (TKG) in all regions of Indonesia, the value of the geoid in a location, as well as the orthometric hight computation services. Now, it is almost three years the SRGI website has been used to support the implementation of SRGI2013 datum. In order to improve the quality of SRGI website in serving the needs related to geospatial reference system in Indonesia, this paper presents the results of a comparison of SRGI website compared with the similar spatial reference system information website in some countries. The comparisons were made in case the systems of information provided, underlying regulation, data providers and custodianships, and reference related activity facilitated. The information was obtained via internet. The results show that the SRGI website has a positive value compared to the information system in New Zealand and United Kingdom. Furthermore, there are a number of recommendations for the improvement and the optimal use of SRGI website in supporting the implementation of datum SRGI 2013.

Keywords: datum, SRGI2013, spatial reference information system, benchmarking

Pendahuluan

Benchmarking merupakan salah satu kegiatan yang perlu dilaksanakan untuk menilai dan mengevaluasi suatu hal, produk, atau kinerja dalam rangka perbaikan. Benchmark dalam Bahasa Indonesia sering diartikan sebagai patok sehingga benchmarking dapat diartikan sebagai pematokan. Kamus Besar Bahasa Indonesia (2016) mendefinisikan pematokan sebagai proses, cara untuk menentukan dasar atau pegangan untuk melakukan sesuatu. Cambridge Dictionary (2016) mendefinisikan benchmarking sebagai tindakan mengukur kualitas sesuatu dengan membandingkannya dengan sesuatu yang lain dari standar yang berlaku dalam rangka perbaikan pekerjaan, produk, atau proses.

Sejumlah penelitian di bidang spasial menerapkan metode benchmarking untuk mencari masukan, menganalisis beberapa pilihan produk atau proses sejenis. Penelitian tersebut antara lain pencarian metode operasi spasial join (Hoel and Samet, 1995), perbandingan model basisdata spasiotemporal (Werstein, 1998), mengkaji *query* untuk layanan berbasis lokasi (Theodoridis, 2003), mengevaluasi performa basisdata spasial (Ray et. al., 2011), dan evaluasi struktur spasial index (Gurret et. al., 2000).

Berdasarkan beberapa penelitian benchmarking yang telah dilaksanakan tersebut, sebagian besar terkait basisdata spasial. Penelitian mengenai benchmarking sistem informasi geospasial masih jarang dilaksanakan, khususnya yang mengenai sistem informasi referensi geospasial (SIRG) berbasis internet.

SIRG berbasis internet adalah sistem informasi yang mengelola data dan informasi terkait referensi geospasial yang disajikan melalui website. Banyak negara yang telah memiliki sistem informasi geospasial berbasis internet. Sistem informasi geospasial berbasis internet memungkinkan pengguna untuk melihat, melakukan perbesaran, pergeseran, serta *query* terhadap informasi geospasial yang tersedia dalam bentuk peta yang interaktif.

Seiring berkembangnya kebutuhan terhadap akses data geospasial, teknologi Sistem Informasi Geografis (SIG) berbasis internet berkembang ke arah infrastruktur data spasial yang lebih luas cakupannya, yang memungkinkan pengguna bertukar-guna data dan informasi geospasial sehingga informasi geospasial dapat digunakan berkali-kali (*create once, used many times*). United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management atau UN-GGIM (2016) mencatat bahwa terdapat 76 negara yang telah

memiliki infrastruktur data spasial.

Sebagai dasar dalam pemetaan suatu negara, informasi referensi geospasial sangat penting untuk diketahui komunitas survei dan pemetaan, misalnya menyampaikan datum yang digunakan dan sebaran titik kontrol pemetaan. Lebih lanjut, SIRG yang berbasis internet dapat sekaligus digunakan untuk pelayanan data dan informasi referensi geospasial, seperti akses koordinat titik kontrol pemetaan, layanan data Global Navigation Satellite Systems (GNSS), layanan *Real time Kinematic* (RTK), dan lain sebagainya. Namun demikian, hanya sebagian dari negara yang telah memiliki infrastruktur data spasial yang memiliki SIRG berbasis internet.

Indonesia merupakan salah satu negara yang telah memiliki SIRG berbasis internet, antara lain website SRGI (srgi.big.go.id), InaCORS (inacors.big.go.id), serta Observasi dan Prediksi Pasut dan Hasil Model Laut (tides.big.go.id). Website SRGI telah beroperasi selama hampir tiga tahun sejak tahun 2013. Selama hampir tiga tahun tersebut belum dilaksanakan evaluasi terhadap sistem yang telah beroperasi untuk mendukung implementasi datum SRGI2013.

Tulisan ini bertujuan untuk melakukan benchmarking SIRG, yaitu dengan membandingkan website SRGI terhadap website lain yang juga merupakan sistem SIRG di beberapa negara. Melalui perbandingan tersebut diharapkan diperoleh status kondisi website SRGI dibandingkan beberapa website sejenis untuk mendapatkan masukan untuk perbaikan dan pengembangan website SRGI.

Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan dengan metode studi pustaka. Data yang digunakan sebagai bahan diakses seluruhnya dari internet. Tahapan penelitian ini terdiri atas:

1. Persiapan

   Tahapan persiapan terdiri atas kegiatan menentukan negara yang dibandingkan SIRG-nya. Aspek yang dikaji dalam sistem informasi setiap negara meliputi:
   a. peraturan terkait data dan informasi geospasial
   b. peraturan terkait referensi geospasial
   c. instansi penyedia data referensi geospasial
   d. instansi pengelola SIRG
   e. jenis data referensi geospasial yang dikelola negara
   f. jenis data referensi geospasial yang disajikan dalam sistem informasi
   g. layanan yang difasilitasi dalam sistem informasi
   h. ketersediaan peta dalam website
   i. skala peta yang disajikan
   j. format penyajian peta dalam sistem informasi
   k. ketersediaan petunjuk penggunaan layanan dalam website.

2. Pelaksanaan benchmarking

   Pelaksanaan benchmarking dimulai dengan pencarian bahan kajian di setiap negara melalui internet yang dilanjutkan dengan pembuatan resume hasil benchmarking SIRG.

3. Pembuatan Rekomendasi

   Pada tahapan ini dibuat rumusan mengenai rekomendasi untuk website SRGI.

Dokumen yang dijadikan sumber informasi terdiri atas peraturan perundangan terkait informasi geospasial di Indonesia (UU No. 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial), penelitian mengenai sistem referensi geospasial di beberapa negara, peraturan perundangan mengenai informasi geospasial di negara terpilih, tulisan yang membahas mengenai instansi yang mengelola dan menyebarluaskan data dan informasi referensi geospasial, serta website SIRG di negara yang dipilih.

Hasil dan Pembahasan

1. Komparasi Website SRGI dengan Sistem Informasi Referensi Geospasial Negara Lain

Negara yang dipilih untuk dikaji SIRG-nya adalah negara yang telah memiliki SIRG berbasis internet. Berdasarkan kajian yang dilakukan, ditemukan SIRG berbasis internet yang cukup lengkap di New Zealand dan Inggris. Berikut ini disajikan penjelasan mengenai SIRG di Indonesia dan di setiap negara tersebut.

a. New Zealand

New Zealand menerapkan datum semi dinamik (Blick and Grant, 2010; Andreas, Sarsito, Meilano, 2013) sejak tahun 1998. Datum tersebut adalah *New Zealand Geodetic Datum 2000* (NZGD2000) yang diikat pada epoch 1 Januari 2000. Referensi geospasial di New Zealand diatur dalam beberapa peraturan antara lain datum geodetic yang diterapkan yaitu penjelasan mengenai NZGD2000 diatur dalam LINZS25000, penjelasan mengenai datum vertikal New Zealand (NZVD2016) dan penggunaan quasigeoid (NZGeoid2016) diatur dalam LINZS25009, standar mengenai sistem proyeksi untuk datum NGZD2000 diatur dalam LINZ25002.

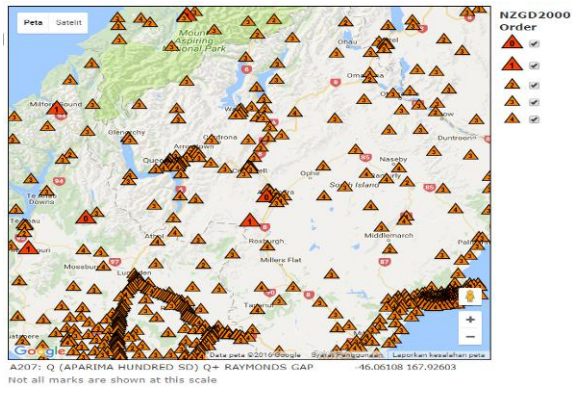
Data terkait referensi pemetaan diakuisisi dan dikelola oleh *Land Information New Zealand* (LINZ). Informasi mengenai LINZ dapat diperoleh melalui http://www.linz.govt.nz/. Data kerangka kontrol pemetaan terdiri atas yang dikelola terdiri atas 124302 titik yang tersebar di wilayah New Zealand, Kepualauan Chatham, dan Antartika, yang dikelola dalam sebuah basisdata. Basisdata geodetik tersebut disebarluaskan melalui website LINZ dengan dua cara, yaitu dengan basisdata tabular maupun melalui peta. Pencarian dapat dilakukan dengan memasukkan kata kunci berupa kode titik kontrol geodetik, atau nama, atau alamat lokasi titik. Sebaran titik kontrol geodetik dapat dilihat dalam Gambar 1.



Gambar 1. Peta interaktif sebaran titik kontrol geodetik New Zealand dalam datum NZGD2000

Sumber: http://apps.linz.govt.nz/gdb/index.aspx (2016)

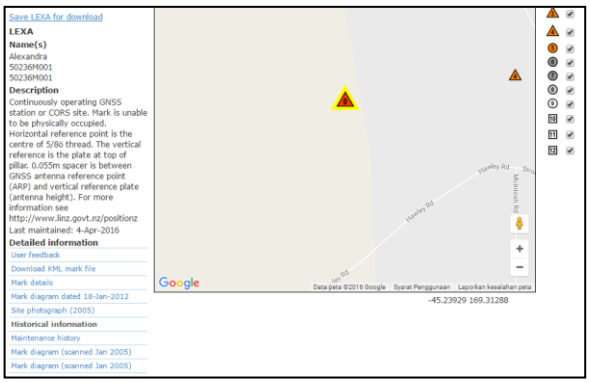
Sebaran titik kontrol geodetik yang telah diketahui nilai koordinatnya dalam datum NZGD yang dikelompokkan ke dalam 12 orde tersebut disajikan dengan simbol bertingkat sehingga apabila dilakukan perbesaran, maka jumlah titik yang ditampilkan akan semakin banyak seperti disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Tampilan muka peta ketika dilakukan perbesaran

Sumber: http://apps.linz.govt.nz/gdb/index.aspx (2016)

Apabila dilakukan klik pada salah salah satu titik kontrol yang ada, maka akan tampil informasi penjelasan dari titik yang bersangkutan di sebelah kiri muka peta. Informasi yang muncul adalah nama titik, deskripsi titik, waktu terakhir perawatan atau pemutakhiran terhadap titik, detil informasi, tautan foto, histori perawatan titik, serta sketsa titik. Detil informasi tentang titik meliputi informasi nama titik, nilai koordinat geodetik, koordinat terproyeksi, keterangan orde titik, titik kontrol terdekat dengan titik tersebut, jenis pilar, status pilar, dome, dan keterangan offset tinggi antena. Contoh tampilan apabila dilakukan klik pada peta dapat dilihat pada sebelah kanan muka peta seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Tampilan setelah satu titik diklik

Sumber: http://apps.linz.govt.nz/gdb/index.aspx?nextform=gmap&mode=&sessionid=2918024916248014760693 87&code=LEXA (2016)

Pencarian terhadap suatu titik dapat dilakukan dengan memasukkan kata kunci berupa nama atau lokasi titik dan jenis orde serta kerangka kontrol tersebut (vertikal atau horizontal) dalam kolom pencarian. Selain pencarian deskripsi titik kontrol geodetik, website LINZ juga melayani data melalui layanan *Tile Services, Vector Query API, Web Feature Services (WFS),* dan metadata melalui menu LINZ Data Services. Selain layanan data tersebut, pengguna dapat mengecek ketersediaan dan mengunduh data rinex *Continuoulsy Operating Reference Station* s, model deformasi, mengetahui kualitas sinyal untuk layanan RTK, mendaftar dan mengakses real time services untuk pengukuran RTK, serta mengirimkan data untuk diolah menggunakan *post processing*. Prosedur untuk akses informasi tersebut tersedia secara rinci di web LINZ.

b. Inggris

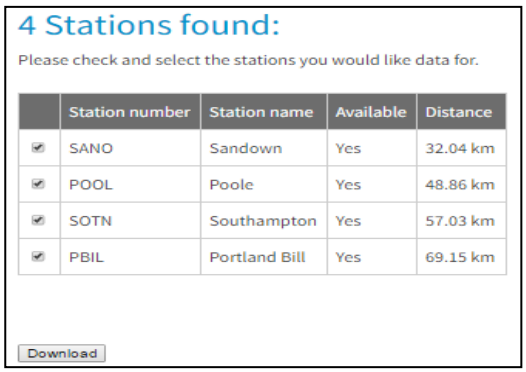
Pemetaan di Inggris dilakukan menggunakan datum statik. Datum yang digunakan adalah datum *European Terrestrial Reference System 1989* (ETRS89) untuk datum horizontal dan *Ordnance Datum Newlyn* (ODN) untuk datum vertikal (Ordnance Survey, 2015). Peraturan yang mendasari kegiatan survei dan pemetaan di Inggris adalah Ordnance Survey Act 1841.

Kegiatan akuuisisi data, pengolahan data hingga penyajian informasi geospasial di Inggris dilaksanakan oleh The Ordnance Survey (OS), termasuk di dalamnya data referensi geospasial.

Namun demikian, berbeda dengan negara lain yang umumnya seluruh kegiatan pelayanan data dikelola oleh pemerintah, Inggris merupakan satu dari beberapa negara yang sebagian layanan data referensi geospasialnya dikelola oleh mitra, yaitu Smart Net.

Data dan informasi referensi geospasial yang dikelola oleh OS adalah stasiun GPS pasif, benchmark, stasiun triangulasi, stasiun CORS, dan data rinex. Pengguna dapat mencari stasiun GPS pasif berdasarkan lokasi, jumlah stasiun terdekat atau dalam radius (sekian kilometer) dari suatu lokasi. Pengguna juga dapat melihat seluruh daftar stasiun GPS pasif yang tersedia dengan informasi meliputi kode stasiun, nama stasiun, jenis stasiun, nomor grid, akses menuju lokasi, ketersediaan sketsa, serta tautan untuk melihat detil informasi staisun. Detil informasi berisi koordinat stasiun dalam sistem koordinat kartesian dan geodetik dengan datum ETRS89 serta sistem koordinat terproyeksi (*National Grid*), informasi umum stasiun, dan tautan untuk membeli deskripsi stasiun yang lebih lengkap.

Pada pencarian daftar stasiun GPS aktif (CORS), pengguna dapat menambahkan doy pengamatan dan membuat proyek untuk mengunduh data rinex dalam pencaria. Setelah proyek dibuat, akan tampil kode stasiun yang terpilih, nama stasiun, ketersediaan data, jarak dari lokasi pencarian awal, serta tombol untuk mengunduh file rinex seperti disajikan dalam Gambar 4. Tampilan stasiun CORS juga dilengkapi dengan peta sebaran lokasi stasiun yang dapat diperbesar tampilannya.

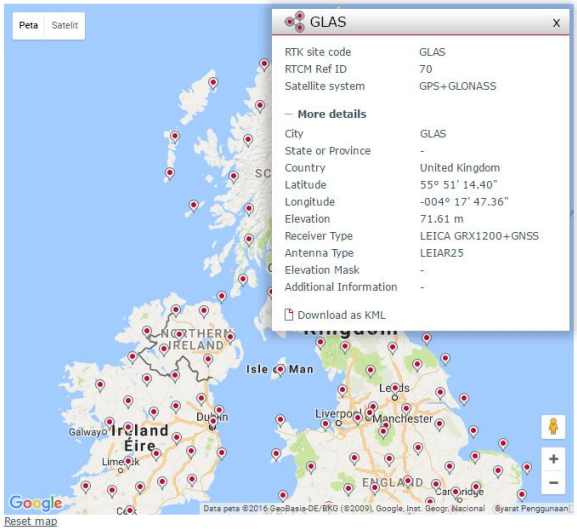


Gambar 4. Hasil pencarian stasiun sktif GPS

Sumber: https://www.ordnancesurvey.co.uk/gps/os-net-rinex-data/ (2016)

Selain layanan untuk mengunduh data rinex, mengakses dan mengunduh beberapa data dan informasi referensi geospasial yang lain, seperti datum vertikal lokal, akses titik referensi ketinggian (levelling *benchmark*), stasiun triangulasi. Fasilitas lain yang juga disajikan dalam website OS adalah layanan transformasi koordinat, dari datum ETRS89 baik sistem koordinat geodetik maupun kartesian ke sistem koordinat terproyeksi. Dari data referensi yang tersedia, website OS juga menyediakan akurasi secara umum dari stasiun GPS, transformasi koordinat, serta datum vertikal lokal. Petunjuk untuk melakukan pencarian, memperoleh data, serta keterangan lebih lanjut terkait data disajikan secara lengkap dalam website OS.

Layanan RTK di Inggris difasilitasi oleh SmartNet. Selain RTK, SmartNet juga melayani akses data rinex, pengolahan GNSS, dan teknologi SmartSIM (sejenis RTK dengan komunikasi yang lebih maju). Layanan SmartNet dimanfaatkan di berbagai bidang mulai dari pertanian, konstruks, survei, serta kontrol mesin. Sebaran stasiun GPS yang difasilitasi layanannya melalui SmartNet disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Sebaran stasiun CORS yang dilayani melalui SmartNet

Sumber: http://uk.smartnet-eu.com/coverage-map_19.htm (2016)

c. Indonesia

Informasi geospasial di Indonesia diatur dalam UU No. 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Referensi geospasial dijelaskan dalam pasal 5 sebagai bagian dari Informasi Geospasial Dasar (IGD). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (Perka BIG) No. 5 tahun 2013 tentang Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI) menguatkan kembali pentingnya referensi geospasial dalam pemetaan di Indonesia untuk menjamin integritas informasi geospasial.

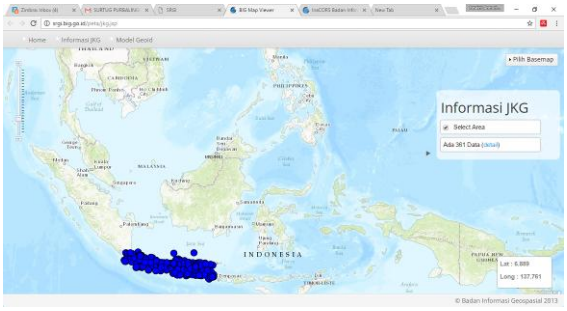
Berdasarkan Perka BIG No. 5 Tahun 2013, datum SRGI2013 merupakan datum semi dinamik yang digunakan sebagai referensi geospasial di Indonesia yang berlaku sejak 11 Oktober 2013. Pasal 13 dalam peraturan tersebut menjadi dasar mengenai diwujudkannya layanan dan akses terhadap SRGI2013 secara online untuk memberikan kemudahan bagi para pengguna.

Berdasarkan UU No. 4 Tahun 2011, data referensi geospasial di Indonesia yang terdiri atas Jaring

Kontrol Horizontal Nasional (JKHN), Jaring Kontrol Vertikal Nasional (JKVN), dan Jaring Kontrol Gayaberat Nasional (JKGN) dihasilkan dan dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG). Website SRGI sebagai sistem dan aplikasi layanan dan akses SRGI2013 juga dikelola oleh BIG. Selain data JKHN, JKVN, dan JKGN yang dilengkapi dengan lembar deskripsi, BIG juga menyediakan data model deformasi, model geoid Indonesia, layanan data rinex CORS, RTK, serta data pasang surut. Pembangunan, pengukuran, hingga perhitungan data JKHN, JKVN, dan JKGN, serta pembangunan stasiun CORS disajikan dalam dokumen SNI (Standar Nasional Indonesia).

Website SRGI menyediakan data sebaran JKHN di seluruh wilayah Indonesia, termasuk sebaran stasiun CORS BIG yang dijelaskan lebih lanjut dalam website www.inacors.big.go.id. Pengguna dapat memperoleh deskripsi JKHN melalui website SRGI. Namun demikian, dari deskripsi yang ada, pengguna belum dapat melihat sketsa lokasi JKHN seperti yang terdapat dalam lembar deskripsi JKHN. Sebagai bagian dari referensi vertikal, website SRGI menyajikan model geoid yang dapat dimanfaatkan pengguna untuk memperoleh nilai geoid di suatu lokasi serta menghitung tinggi orthometrik di lokasi yang telah diketahui nilai tinggi elipsoidnya.

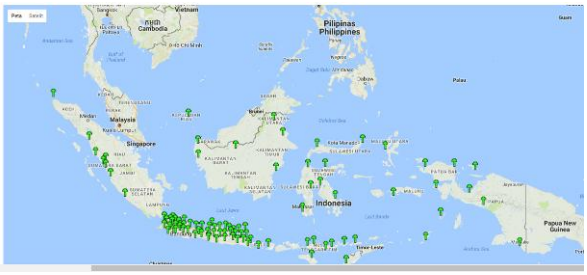
Untuk mempermudah pengguna dalam mengakses informasi, website SRGI dilengkapi dengan peta Indonesia sehingga pengguna dapat mengetahui lokasi JKG (Gambar 6), stasiun CORS (Gambar 7), serta melihat model geoid (Gambar 8) pada lokasinya di atas peta yang dapat diperbesar sesuai kebutuhan. Skala kedetilan peta yang disajikan tidak ditampilkan dalam muka peta. Peta lebih berfungsi sebagai media untuk validasi lokasi secara umum karena kegunaan peta untuk menampilkan informasi geografis terkait suatu lokasi belum terlihat.



Gambar 6. Tampilan pencarian JKG pada website SRGI

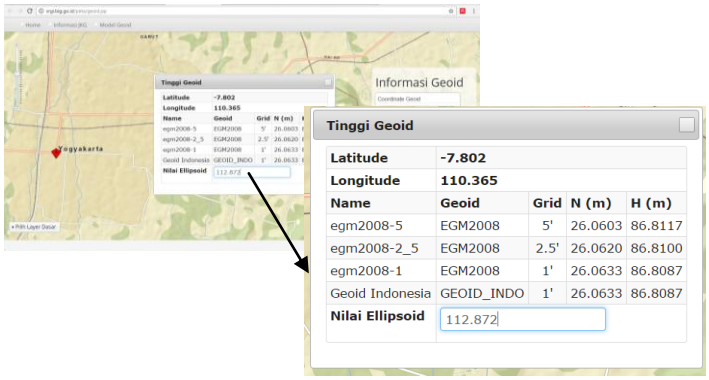
Sumber: http://srgi.big.go.id/peta/jkg.jsp (2016)

Petunjuk penggunaan untuk akses ketiga jenis informasi tersebut sudah tersedia namun masih kurang terperinci sehingga memungkinkan pengguna mengalami sedikit kebingungan apabila belum familiar dengan informasi geospasial.



Gambar 7. Sebaran stasiun CORS BIG

Sumber http://inacors.big.go.id/spiderweb/frmIndex.aspx (2016)



Gambar 8. Pencarian dan perhitungan tinggi orthometris dari model geoid di daerah Yogyakarta

Sumber: http://srgi.big.go.id/peta/geoid.jsp (2016)

.

2. Rekomendasi untuk Pengembangan Website SRGI

Berdasarkan benchmarking yang dilaksanakan, SIRG di Indonesia memiliki landasan hukum yang kuat, baik terkait informasi geospasial, referensi geospasial, maupun sistem aplikasi dan layanan referensi geospasial. Jenis data dan informasi referensi geospasial yang dikelola Indonesia sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan, namun jumlah dan sebarannya masih perlu ditingkatkan untuk memenuhi pelayanan di seluruh wilayah Indonesia. Kelebihan lain yang dimiliki website SRGI pada saat ini antara lain adalah bahwa masyarakat dapat mengakses, mendapatkan deskripsi stasiun atau titik kontrol geodesi, serta menikmati layanan RTK tanpa dikenakan biaya.

Selain kelebihan tersebut, berikut disajikan berapa rekomendasi yang diperoleh dari kajian terhadap SIRG New Zealand dan Inggris:

a. Dibutuhkan penjelasan mengenai referensi geospasial di Indonesia yang lebih detil dalam website SRGI.
b. Jenis data, informasi, dan layanan yang disajikan dalam website SRGI perlu dilengkapi, misalnya dengan sebaran data JKVN dan JKGN, layanan transformasi koordinat, model deformasi, pengolahan data GNSS.
c. Petunjuk penggunaan dan penjelasan yang lebih

terperinci sangat dibutuhkan agar pengguna mudah dalam menggunakan layanan websites.

d. Peta interaktif dengan simbol yang menyesuaikan skala perlu disediakan untuk mempermudah pencarian data Karena menghindarkan pengguna dari kerumitan peta.
e. *Query* untuk pencarian data perlu diperbanyak kriterianya dari memilih lokasi (kondisi eksisting) menjadi pencarian berdasarkan lokasi (koordinat), nama wilayah administrasi, pencarian dengan radius tertentu, serta berdasarkan klasifikasi data.
f. Metadata dari informasi referensi geospasial yang disajikan, termasuk nilai akurasi dari data, informasi, serta layanan terkait referensi geospasial perlu disampaikan kepada pengguna.
g. BIG sebagai satu-satunya badan pengelola data referensi geospasial dasar dapat menjalin kerjasama dengan mitra lain, misalnya institusi pendidikan, lembaga lain, atau pihak swasta dalam menjamin pelayanan data dan informasi referensi geospasial yang *user friendly* dan handal.

Kesimpulan dan Saran

Website SRGI memiliki landasan hukum yang kuat untuk mendukung pelayanan data dan informasi gepasial dalam memberikan layanan dan akses terhadap data dan informasi referensi geospasial pada pengguna. SIRG yang dikelola New Zealand dan Inggris merupakan contoh SIRG dengan layanan yang cukup lengkap, penjelasan yang memadai, serta disajikan secara sederhana dan sistematis sehingga mudah digunakan oleh pengguna.

Pengembangan website SRGI menjadi SIRG berbasis internet yang dilengkapi dengan data yang lebih beragam, penjelasan yang lebih lengkap, yang dilengkapi dengan layanan *query* melalui peta yang lebih interaktif serta dilengkapi dengan metadata diharapkan mampu menjadikan Website SRGI sebagai SIRG yang informatif dan dapat diandalkan oleh masyarakat survei dan pemetaan di Indonesia, serta menjadi media pembelajaran yang mendukung kemajuan informasi dalma hal jaring kontrol geodesi dan geodinamika.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada kepala pusat, kepala bidang, serta segenap staf Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial yang telah membantu dalam penyelesaian tulisan ini.

Daftar Pustaka

Andreas H., Sarsito, D.A., Meilano, I., 2013, "Tinjauan Sistem Referensi Geodesi di Beberapa Negara", *Indonesian Journal of Geospatial*, Vol. 1, No. 2, 2013, hal 30-41.

Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa Kementrian Pendidikan dan Kebudayaan, 2016, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, http://kbbi.web.id/patok (akses tgl. 6 Oktober 2016).

Blick, G., Grant, D., 2010, "The Implementation of a Semi-Dynamic Datum in New Zealand-Ten Years On", *FIG Congress 2010,* FIG, 11-16 April 2010, Sydney, Australia.

Cambridge University Press, 2016, *Cambridge Dictionary*, http://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/benchmarking (akses tgl. 6 Oktober 2016).

Gurret, C., Manolopoulos, Y., Papadopoulos, A.N., Rigaux, P., 2000, "The BASIS System: A Benchmarking Approach for Spatial Index Structures", *Lecture Notes in Computer Science on Spatio-Temporal Database Management,* Vol. 1678, 27 Oktober 2000, pp 152-170.

Hoel, E.G. and Samet, H., 1998, "Benchmarking Spatial Join Operations with Spatial Output", *Prociding of the 21st International Conference on Very Large Data Bases*, pp 606-618, Zurich.

Ordonance Survey, 2015, *A Guide to Coordinate Systems in Great Britain*, Crown Copyright.

Ray, S., Bogdan, S., and Brown, A.D., 2011, "Jackpine: A Benchmark to Evaluate Spatial Database Performance", *International Conference on Data Engineering*, IEEE, 11-16 April 2011, Hannover.

Theodoridis, Y., 2003, "Ten Benchmark Database Queries for Location-based Services", *The Computer Journal*, Vol. 46, No. 6, 2003, pp 713-725.

United Nations Initiative on Global Geospatial Information Management (UN-GGIM), 2016, *National Spatial data Infrastructure*, http://ggim.un.org/knowledgebase/KnowledgebaseCategory3.aspx# (akses tgl. 6 Oktober 2016).

Werstein, P., 1998, "A Performance Benchmark for Spatiotemporal", *SIRC 98 - The Annual Colloqium of the Spatial Information research Centre*, University of Ontago, 16-19 November 1998, Dunedin, New Zealand.

Percepatan Pemetaan Persil Menggunakan Teknologi *Mobile Base* (MOBS) RTK Beidou dan RTPPP

Heri Andreas, Dhota Pradipta, Dina A Sarsito, Irwan Gumilar, Mohamad Gamal

Teknik Geodesi dan Geomatika-ITB (heri@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

In 2007 the numbers of land parcel that already attached by certificate were about 9 millions. While in 2016 around 43 million land parcel has certificate. The total number of parcels that should equipped by certificate is more than a hundred million parcels. Progress of certification per years since 2007 is only 2-3 millions. In this case still remaining of more than half of total parcel still waiting to equipped with certificate for years to come. The expectation from Government that each year 5 millions parcel should have certificate. Our President, Jokowi, event challenge his ministry and stake holder to produce certificate 5 millions in 2017, 7 millions in 2018, and 9 millions in 2019. This mean the capability to produce certificate should increase twice. This also means we need acceleration in measurement to produce certificate on the land parcel. Either way we add more land surveyor we may answer the challenge by technology on measurement. Mobile base RTK (Real Time Kinematic) using Beidou satellite together with RTPPP (Real Time Precise Point Positioning) technique may become the answer in the acceleration. This paper will address the use of these two combine technique and technology for land parcel measurement acceleration. The results show the speed of measurement and also capability in measurement along bad obstruction with good accuracy. Somehow we also can see the potential of Mobile base RTK beaten the CORS (Continuously Operation GNSS Reference System) which is previously proposed to answer the acceleration on land parcel measurement for land certification.

Keywords *Land parcel measurement, acceleration, RTK Beidou+GPS, RTPPP*

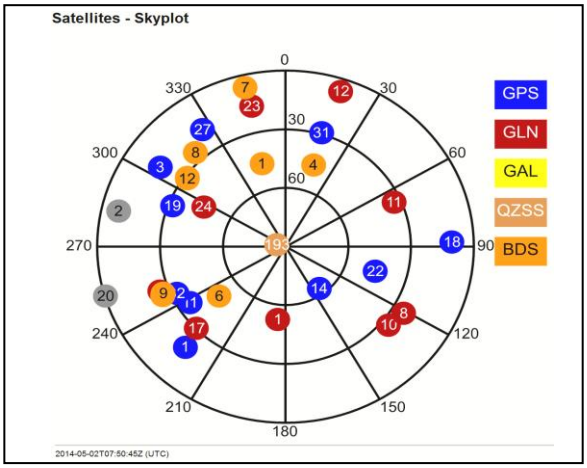
Pendahuluan

Sekitar sembilan juta lebih persil tanah tercatat telah dipetakan sampai dengan tahun 2007 dan sekitar empat puluh tiga juta tercatat telah dipetakan hingga tahun 2016 dari total sekitar lebih dari seratus juta persil yang harus dipetakan di Negara kita Indonesia. Catatan capaian pemetaan persil per tahun semenjak 2007 hingga hari ini rata-rata sekitar 2-3 juta persil. Ini artinya masih lebih dari setengah dari total jumlah persil yang ada di Negara kita hingga kini akan belum terpetakan hingga beberapa tahun ke depan. Harapan dari Pemerintah saat ini pencapaian per-tahun-nya harus sekitar 5 juta persil mampu terpetakan. Bahkan target Presiden Jokowi di tahun 2017 harus terpetakan 5 juta persil, di tahun 2018 harus terpetakan 7 juta persil, dan di tahun 2019 harus terpetakan 9 juta persil. Hal ini berarti pencapaian harus lebih dari dua kali lipat dari kemampuan saat ini. Hal ini berarti pula bahwa harus ada upaya percepatan dalam pemetaan persil. Selain melalui cara menambah juru ukur atau surveyor (berlisensi) yang hingga saat ini hanya berjumlah kurang lebih 800 orang, dan kira-kira kalau dihitung secara matematis dibutuhkan hingga 10 ribu orang, upaya lain untuk menjawab tantangan percepatan pemetaan persil, yaitu menggunakan adaptasi teknologi survey dan pemetaan.

Teknologi satelit GNSS (*Global Navigation Satellite System*) dengan bermacam sistem satelit dan metodanya dinilai merupakan pilihan yang tepat (Abidin 1999, 2001; Seeber, 1993). Dari beberapa metoda dalam sistem GNSS, *Real Time Kinematik* atau RTK merupakan salah satu pilihan (Abidin 2001, Mudita, 2011). Kini hadir Teknologi Mobile Base (MOBS) RTK Beidou yang potensial dalam memberikan kecepatan pengukuran, terlebih apabila dikombinasikan dengan teknologi RTK GPS, RTPPP (*Real Time Precise Point Positioning*) GPS, *Online Processing*, dan beberapa teknologi lainnya, temasuk CORS (*Continously Operationg GNSS Reference System*). Kemampuan MOBS-RTK Beidou secara teoritis memiliki ketersediaan satelit yang lebih banyak dan lebih kuat geometrinya apabila diintegrasikan dengan sistem lain (lihat gambar 1). Komunikasi data koreksi via radio maupun NTRIP yang didesain memanipulasi *dynamic* IP serta *set up correction to unkown base* sepertinya

juga akan mampu menambah tingkat efektif efisien pemetaan persil, dalam kata lain mempercepat pemetaan persil untuk sertifikasi tanah.

Beidou merupakan teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Negara China atau Tiongkok. Setelah melalui serangkaian ide gagasan serta implementasi, maka hari ini kita dapat mengamati satelit Beidou di wilayah Asia Pasifik. Satelit didesain dengan dua sistem orbit yang berbeda yaitu orbit geostationer dan orbit prograde. Dengan adanya satelit pada orbit geostationer akan memungkinkan penentuan posisi di wilayah equator semakin cepat dan akurat. Kedepannya sistem Beidou dari segi cakupannya akan menjangkau seluruh dunia. Dengan mengkombinasikannya ke sistem GNSS lain seperti GPS (*Global Positioning System),* Glonas, dan juga Galileo di masa depan, maka penentuan posisi yang akurat dengan cepat dimana saja di belahan bumi bukan merupakan hal yang mustahil.



Gambar 1. Visibilitas Satelit Beidou dan Satelit lainnya

Tulisan ini akan memperlihatkan hasil studi Teknologi Mobile Base (MOBS) RTK Beidou yang akan dikombinasikan dengan teknologi GNSS GPS, RTPPP GPS. Secara detail akan dilihat bagaimana kecepatan pengukuran, serta kemampuan Beidou+GPS *system* dalam mengukur di daerah lahan terbuka, tipikal obstruksi rural area bahkan di tutupan kanopi. Sementara itu RTPPP akan menjawab ketiadaan jaringan titik kontrol pemetaan khususnya pengukuran persil.

Metodologi

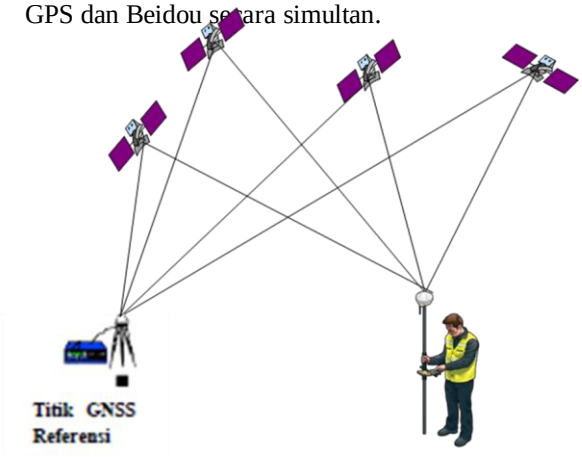
Akan dicoba diamati 3 titik sebagai titik uji yang masing-masing akan mendapatkan koreksi dari titik referensi secara metoda RTK. Skenario 1 pengamatan akan mengamati satelit GPS saja (lihat ilustrasi gambar 2), dan skenario 2 akan mengamati satelit GPS+Beidou (lihat gambar 3). Ketiga titik uji tersebut dua diantaranya akan ditempatkan di daerah obstruksi terbuka (lihat ilustrasi gambar 4) dan di daerah obstruksi tertutup/ daerah rural, serta daerah tertutup kanopi (lihat ilustrasi gambar 5 dan 6). Masing-masing titik akan mengambil 100 sampel data, atau 100 *epoch* (Tabel 1) untuk dilihat nilai repeatabilitasnya. Nilai tandar deviasi repeatabilitas beserta grafiknya akan memperlihatkan ketelitian hasil.

Tabel 1. Sampel pengambilan data secara repeatabilitas 100 sampel untuk masing-masing pengamatan ke GPS saja dan GPS+Beidou secara simultan

No	Nama titik	Sampel repeatabilitas pengambilan data (*epoch record*)
1	Test A (*)	100 GPS, 100 GPS+Beidou
2	Test B (**)	100 GPS, 100 GPS+Beidou
3	Test C (**)	100 GPS, 100 GPS+Beidou

(*) Obstruksi terbuka (**) Obstruksi tertutup rural area (***) Obstruksi tertutup kanopi

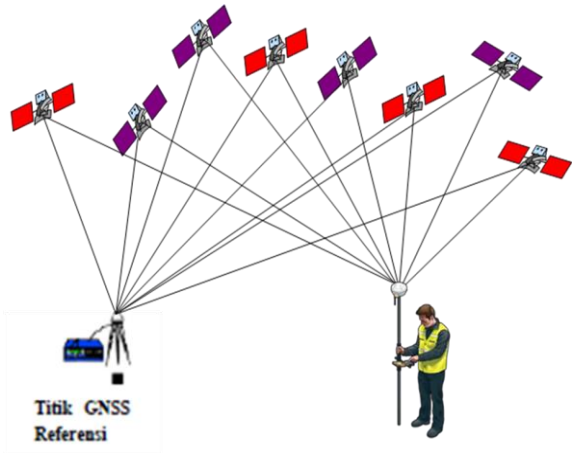
Dengan hanya mengamati ke satelit GPS saja maka sekitar 6 hingga 10 satelit akan teramati dari horizon, dengan mask angle diseting 15 derajat, tergantung dari pengaruh obstruksi di sekitar titik pengamatan. Secara geometri mungkin bagus, namun masih kalah dengan skenario pengamatan yang melibatkan satelit GPS dan Beidou secara simultan.



Gambar 2. Skenario 1 pengamatan hanya ke satelit GPS saja dengan metoda RTK

Jumlah pengamatan GPS+Beidou akan lebih banyak dan memberikan geometri yang lebih

kuat. Secara teori yang nanti akan dibuktikan melalui penelitian ini, kombinasi GPS+Beidou akan memberikan ketelitian posisi yang lebih baik. Selain itu dengan jumlah yang lebih banyak serta desain geometri orbit satelit yang merupakan kombinasi orbit geostationer dan prograde secara teori juga akan mempercepat *fixing ambiguity*. Hal ini juga akan dicoba dibuktikan dalam penelitian ini.



Gambar 3. Skenario 1 pengamatan hanya ke satelit GPS+Beidou dengan metoda RTK



Gambar 4. Dokumentasi pengambilan data RTK GNSS GPS dan Beidou di obstruksi terbuka



Gambar 5. Dokumentasi pengambilan data RTK GNSS GPS dan Beidou di obstruksi tertutup/ daerah rural

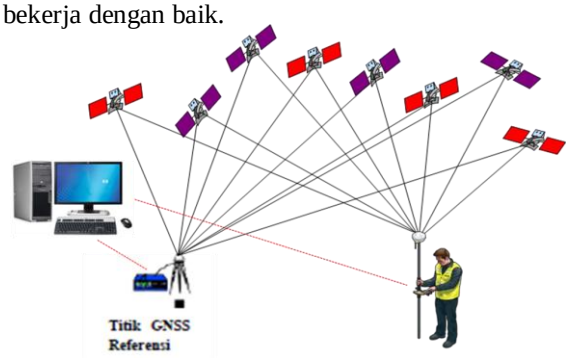


Gambar 6. Dokumentasi pengambilan data RTK GNSS GPS dan Beidou di obstruksi Kanopi

Desain manipulasi dynamic IP

Selama ini apabila menggunakan sistem NTRIP akan dibutuhkan *static* IP, seperti halnya pada lazimnya sistem CORS. Kemudian dapat juga digunakan sistem GSM dengan ketentuan 1 ke 1, artinya satu referensi dan satu rover. Dengan sistem Mobile Base (MOB) RTK Beidou+GPS bisa didesain manipulasi *dynamic* IP. Secara sederhana IP *dynamic* di *reference station* akan digantikan oleh server yang dilengkapi dengan *software* Eagle dan juga *static* IP. Data koreksi RTK akan berada di server. Rover akan mengidentifikasi server untuk mendapatkan koreksi.

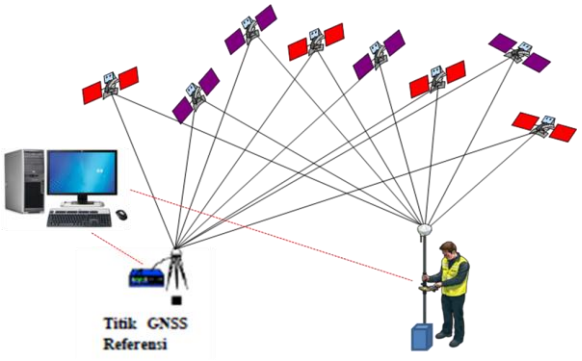
Sistem manipulasi *dynamic* IP menggunakan server dan *software* Eagle ini akan mempermudah masalah komunikasi data antara *reference station* dan rover. Selama ini apabila mengandalkan radio akan terkena keterbatasan jarak. Menggunakan CORS juga akan terkendala sifat statis dari CORS nya (tidak dapat dipindah-pindahkan). Namun dengan menggunakan Mobile Base (MOBS) RTK ini maka kendala dapat diminimalisir. Sepanjang cakupakn GSM baik, maka sistem MOBS akan bekerja dengan baik.



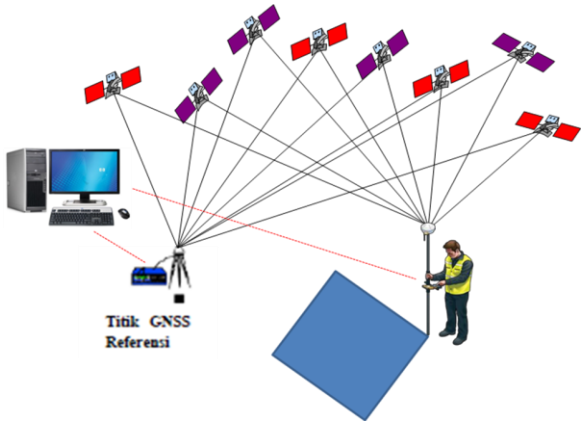
Gambar 7. Server Eagle yang membantu memanipulasi *dynamic* IP untuk memudahkan pengiriman koreksi dari *reference station* ke rover

Set up Correction to unknown base

Pada sistem Mobile Base (MOBS) RTK Beidou+GPS, titik base station tidak perlu ditempatkan di titik ikat. Cukup base ditempatkan di tempat yang bagus terbuka, kemudian rover ditempatkan terlebih dahulu di suatu titik ikat atau di suatu obyek seperti persil yang telah memiliki koordinat definitif (gambar 8) Kemudian pada receiver dapat di lakukan *setup correction to unknown base*. Hal ini akan membatu meningkatkan kualitas obstruksi base atau *reference station.*



(a)



(b)

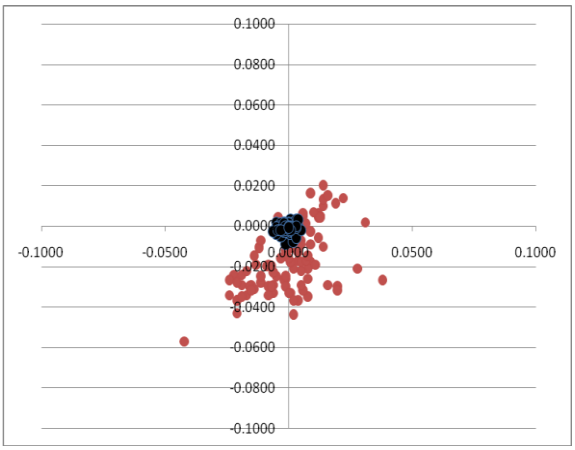
Gambar 8. Untuk mendapatkan koordinat definitif dari *reference station* maka alat base tidak perlu ditempatkan di titik ikat melainkan rover yang ditempatkan di titik ikat (a) atau di persil yang telah diketahui koordinatnya (b)

Kombinasi MOBS RTK dan RTPPP

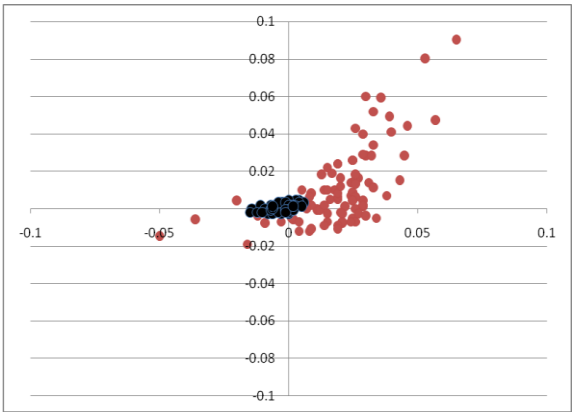
Apabila tidak ditemukan titik ikat yang dekat, atau obyek yang mempunyai koordinat definitif, maka kita dapat menentukan koordinat definitif melalui pengukuran RTPPP sebelum melakukan pengukuran dengan Mobile Base (MOBS) RTK. Hal ini akan mempercepat proses pengukuran, alih-laih kita kesusahan dalam mencari titik ikat.

Hasil dan Pembahasan

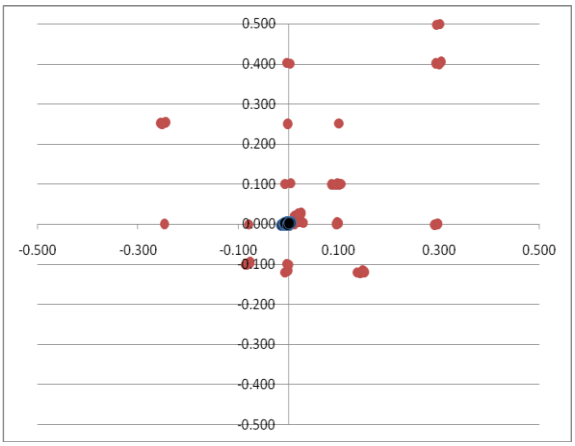
Berikut di bawah ini (gambar 9a-c) adalah hasil pengamatan GNSS GPS dan Beidou di masing-masing titik uji dengan obstruksi terbuka dan tertutup rural serta tertutup kanopi.



(a)



(b)



(c)

Gambar 9. Hasil grafik repeatabilitas 100 sampel komponen posisi horisontal di titik uji obstruksi terbuka (a), obstruksi tertutup rural (b) dan obstruksi tertutup kanopi (c)

Pada grafik, warna merah hati menunjukkan repeatabilitas hasil pengamatan GPS dan warna hitam strip biru menunjukkan hasil GPS+Beidou. Terlihat pola grafik warna merah hati lebih acak dibandingkan dengan pola grafik warna hitam strip biru. Pada titik uji daerah tertutup rural area pola warna merah hati lebih acak lagi. Sementara itu pada titik uji daerah tertutup kanopi pola warna sudah sangat acak dengan ketelitian melebihi beberapa desimeter. Pada tabel 2 dapat dilihat secara lebih lengkap masing-masing standar deviasinya. Kesimpulannya hasil dari GPS+_Beidou lebih teliti hasil posisinya apabila dibandingkan dengan hasil GPS saja, terutama di daerah obstruksi tertutup kanopi. Hal ini sesuai teori bahwa semakin banyak pengamatan ke satelit, maka ukuran lebih akan semakin banyak, geometri akan semakin kuat, sehingga didapat hasil lebih teliti.

Tabel 2. Informasi standar deviasi dari repeatabilitas pengambilan data GNSS GPS dan Beidou di masing-masing titik uji obstruksi terbuka dan tertutup

No	Nama titik	STD (dalam meter)
1	Test A (*)	0.05 GPS, 0.02 GPS+Beidou
2	Test B (*)	0.08 GPS, 0.02 GPS+Beidou
3	Test C (***)	0.60 GPS, 0.04 GPS+Beidou

(*) Obstruksi terbuka (**) Obstruksi tertutup rural area (***) Obstruksi tertutup Kanopi

Integrasi antara GPS dengan Beidou dari hasil penelitian menyimpulkan akan memberikan waktu *fixing ambiguity* yang lebih cepat. Tabel 3 memperlihatkan penjelasan dimana *fixing ambiguity* dengan hanya menggunakan satelit GPS akan lebih lama dan bahkan *unresolved* di obstruksi kanopi apabila dibandingkan dengan menggunakan GPS+Beidou. Dengan fakta ini nilai efektif dan efisien ketika akusisi data akan didapat oleh integrasi antara GPS dan Beidou.

Tabel 3. Informasi waktu untuk *fixing ambiguity* dari repeatabilitas pengambilan data GNSS GPS dan Beidou di masing-masing titik uji obstruksi terbuka dan tertutup

No	Nama titik	Waktu untuk *fixing Ambiguity* (dalam detik)
1	Test A (*)	5-20 GPS, 5-10 GPS+Beidou
2	Test B (*)	120-300 GPS, 5-60 GPS+Beidou
4	Test C (**)	Unresolved GPS, 120-300 GPS+Beidou

(*) Obstruksi terbuka (**) Obstruksi tertutup rural area (***) Obstruksi tertutup kanopi

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengambilan data hanya ke satelit Beidou saja, karena yang ingin dicapai adalah hasil analisis integrasi GPS dan Beidou yang dapat memberikan ukuran lebih, serta semakin kuat geometri, alhasil didapat ketelitian, baik itu presisi maupun akurasi. Pada penelitian ini diilustrasikan pemanfaatan RTPPP dikombinasikan dengan Mobile Base (MOBS) RTK Beidou+GPS dikala keberadaan titik kontrol tidak ada yang dekat dengan area survey. Hal ini secara langsung akan mengabaikan keberadaan JKHN dan atau CORS yang karena limitasi secara sebarannya, akan mengganggu upaya percepatan pengukuran persil.

Kesimpulan dan Saran

Teknologi Mobile Base (MOBS) RTK (Real Time Kinematik) Beidou+GPS sepertinya dapat menjawab kebutuhan percepatan pemetaan persil untuk sertifikasi, terlebih apabila dikombinasikan dengan teknologi RTPPP, *Online Processing*, dan beberapa teknologi lainnya, temasuk CORS. Kemampuan MOBS-RTK Beidou+GPS yang memiliki ketersediaan satelit yang lebih banyak dan lebih kuat geometrinya, serta komunikasi via radio maupun NTRIP yang didesain memanipulasi *dynamic* IP serta *set up correction to unkown base* sepertinya mampu menambah tingkat efektif efisien pemetaan persil, dalam kata lain mempercepat pemetaan persil. Hasil penelitian telah pula memperlihatkan kecepatan pengukuran, serta kemampuan beidou system dalam mengukur di tipikal obstruksi rural area bahkan di tutupan kanopi. Selain itu dapat terlihat potensinya mengalahkan CORS yang digadang dapat menjawab percepatan pemetaan persil di Negara kita saat ini.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyedia receiver *South*, dalam hal ini Bapak Daniel dan koleganya, yang dapat mengamati sinyal GPS dan juga Beidou. Selain itu ucapan terimakasih ditujukan kepada para mahasiswa dan surveyor yang membantu proses penelitian.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2001, *Geodesi Satelit*, Departemen Teknik Geodesi ITB, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Abidin, H.Z., 1999, *Penentuan Posisi dengan*

GPS dan Aplikasinya, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Mudita, I., 2011, "GNSS-RTK Network Technology Impact Assessment for Land Surveying at Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia (BPN RI) : A Report", *Asian Geospatial Forum: 10th Annual Asian Conference & Exibition on Geospatial Information, Technology & Applications*.

Seeber, G., 1993, *Satellite Geodesy: foundation, method, and applications*, Walter de Gruyter, Berlin-New York, **C**7.

Studi Tingkat Presisi Komponen Tinggi System RTK Beidou untuk Mendukung Peningkatan Kualitas Referensi Kerangka Vertikal Survey dan Pemetaan

Dina A Sarsito, Heri Andreas, Dhota Pradipta, Mohamad Gamal

Teknik Geodesi dan Geomatika-ITB (dsarsito@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

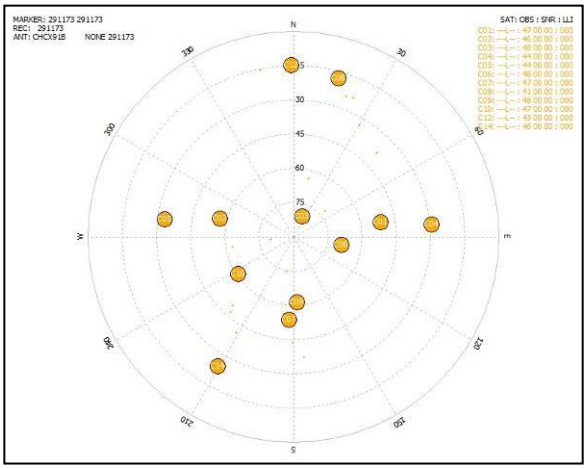
In order to conduct survey and mapping we need height reference system among other references. Contour and DEM (Digital Elevation Model) in MSL (Mean Sea Level) system or in Geoid system are the examples of layers in survey and mapping correspond to the height system. JKVN (Jaring Kerangka Vertikal Nasional) or National Vertical Reference Network (in English) is Indonesia official Vertical Reference Network today. Many technologies have been applied in order to support the existence of this vertical reference network such as RTK GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite System), etc. One new available RTK GNSS derived from Beidou Satellite System. This paper will address the capability (in term of precision and accuracy) of RTK GNSS Beidou+GPS especially for height component. We conclude from stronger satellite geometry, capability of data correction via radio and or NTRIP with dynamic IP system, the Beidou can make survey and mapping especially for height more accurate and easier.

Keywords *Height Reference System, RTK Beidou+GPS height component, accuracy*

Pendahuluan

Dalam survei dan pemetaan dibutuhkan komponen referensi kerangka vertikal. Informasi ketinggian dalam bentuk kontur dengan referensi tinggi tertentu seperti MSL (Mean Sea Level) atau geoid, atau tinggi ellipsoid merupakan contoh produk komponen referensi kerangka vertikal. Secara nasional referensi ini diakomodir oleh JKVN (Jaring Kerangka Vertikal
Nasional), yang merupakan bagian dari JKGN (Jaring Kerangka Geodesi Nasional) [Undang-Undang Informasi Geospasial, 2011; Karsidi, 2015; Pahlevi, 2014]. Banyak teknologi digunakan dalam mendukung JKVN diantaranya teknologi RTK GNSS (*Real Time Kinematik Global Navigation Satelite System*) (Abidin, 1999, 2000; Mudita, 2011). RTK Beidou merupakan salah satu system GNSS yang baru tersedia saat ini.

Beidou merupakan teknologi penentuan posisi berbasis satelit yang dikembangkan oleh Negara China atau Tiongkok. Setelah melalui serangkaian ide gagasan serta implementasi, maka hari ini kita dapat mengamati satelit Beidou di wilayah Asia Pasifik. Satelit didesain dengan dua sistem orbit yang berbeda yaitu orbit geostationer dan orbit prograde (gambar 1). Dengan adanya satelit pada orbit geostationer akan memungkinkan penentuan posisi di wilayah equator semakin cepat dan semakin baik tingkat presisinya. Dengan mengkombinasikannya ke sistem GNSS lain seperti GPS (*Global Positioning System)*, Glonas, dan juga Galileo di masa depan, maka penentuan posisi yang akurat dengan cepat dimana saja di belahan bumi ini bukan merupakan hal yang mustahil.



Gambar 1. Visibilitas Satelit Beidou

Tulisan ini akan memperlihatkan hasil studi tingkat presisi komponen tinggi (komponen vertikal –z) system RTK GPS+Beidou dengan kemanfaatan untuk mendukung kualitas referensi kerangka vertikal survei dan pemetaan.

Metodologi

Akan dicoba diamati 4 titik sebagai titik uji

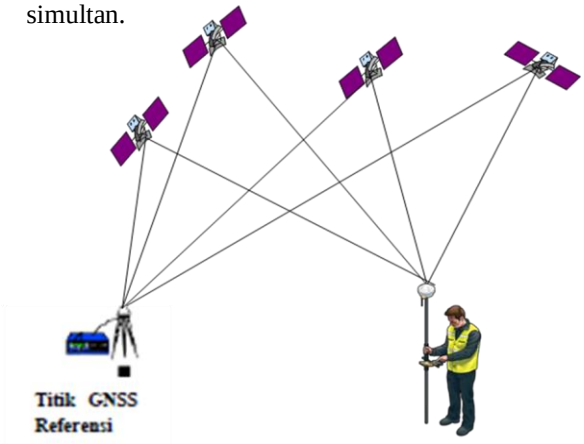
yang masing-masing akan mendapatkan koreksi dari titik referensi secara metoda RTK (panjang baseline ~3 kilometer). Skenario 1 pengamatan akan mengamati satelit GPS saja (lihat ilustrasi gambar 2), dan skenario 2 akan mengamati satelit GPS+Beidou (lihat gambar 3). Keempat titik uji tersebut dua diantaranya akan ditempatkan di daerah obstruksi terbuka (lihat ilustrasi gambar 4) dan di daerah obstruksi tertutup (lihat ilustrasi gambar 5). Masing-masing titik akan mengambil 100 sampel data, atau 100 *epoch* (Tabel 1) untuk dilihat nilai repeatabilitasnya. Nilai tandar deviasi repeatabilitas beserta grafiknya akan memperlihatkan tingkat presisi hasil.

Tabel 1. Sampel pengambilan data secara repeatabilitas 100 sampel untuk masing-masing pengamatan ke GPS saja dan GPS+Beidou secara simultan

No	Nama titik	Sampel repeatabilitas pengambilan data (*epoch record*)
1	Test A (*)	100 GPS, 100 GPS+Beidou
2	Test B (*)	100 GPS, 100 GPS+Beidou
3	Test C (**)	100 GPS, 100 GPS+Beidou
4	Test D (**)	100 GPS, 100 GPS+Beidou

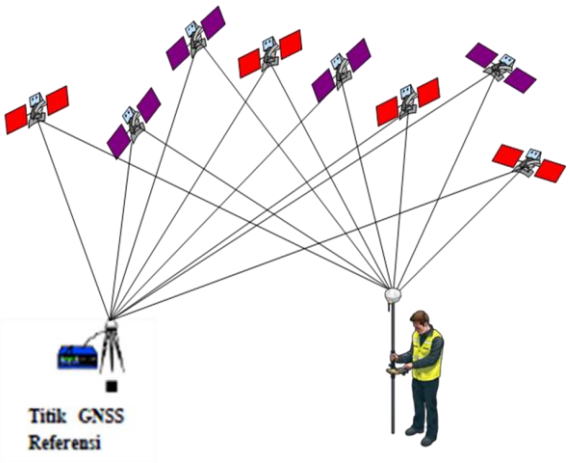
(*) Obstruksi Terbuka (**) Obstruksi Tertutup

Dengan hanya mengamati ke satelit GPS saja maka sekitar 6 hingga 10 satelit akan teramati dari horizon, dengan mask angle diseting 15 derajat, tergantung dari pengaruh obstruksi di sekitar titik pengamatan (Seeber, 1993; Abidin, 2001). Secara geometri mungkin bagus, namun masih kalah dengan skenario pengamatan yang melibatkan satelit GPS dan Beidou secara simultan.



Gambar 2. Skenario 1 pengamatan hanya ke satelit GPS saja dengan metoda RTK

Jumlah pengamatan GPS+Beidou akan lebih banyak dan memberikan geometri yang lebih kuat. Secara teori yang nanti akan dibuktikan melalui penelitian ini, kombinasi GPS+Beidou akan memberikan ketelitian posisi yang lebih baik.



Gambar 3. Skenario 2 pengamatan hanya ke satelit GPS+Beidou dengan metoda RTK



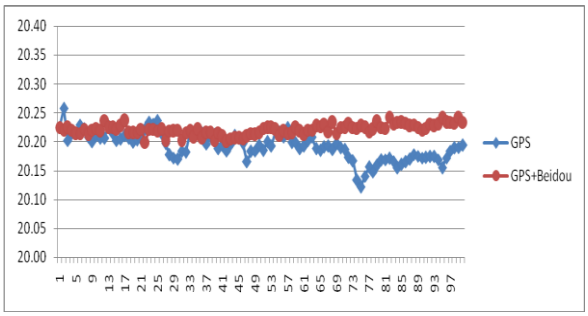
Gambar 4. Dokumentasi pengambilan data RTK GNSS GPS dan Beidou di obstruksi terbuka



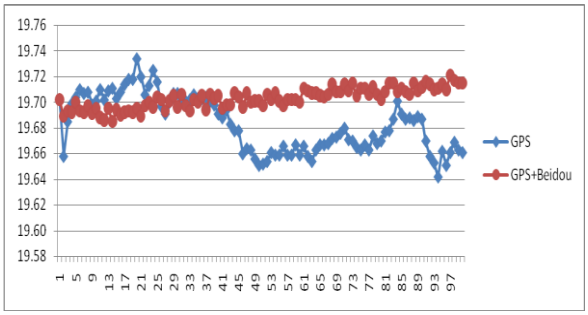
Gambar 5. Dokumentasi pengambilan data RTK GNSS GPS dan Beidou di obstruksi tertutup

Hasil dan Pembahasan

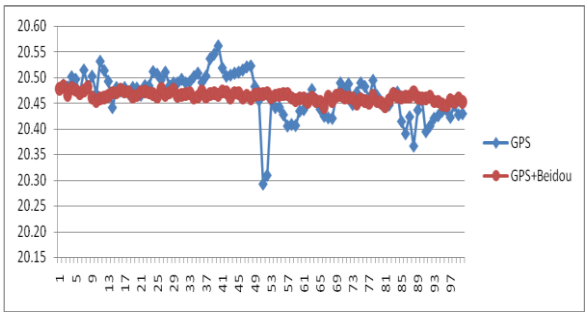
Berikut di bawah ini (gambar 6a-d) adalah hasil pengamatan GNSS GPS dan Beidou untuk komponen tinggi (vertikal) di masing-masing titik uji dengan obstruksi terbuka dan tertutup, mengambil sampel posisi secara repeatabilitas sebanyak 100 sampel.



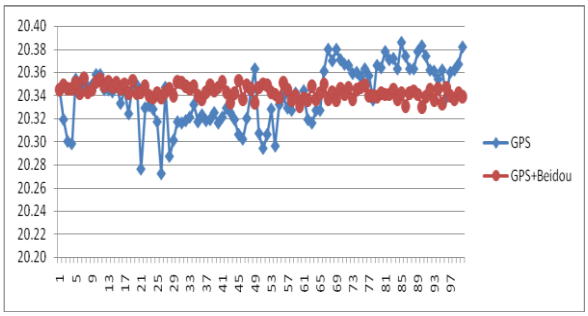
(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 6. Hasil grafik repeatabilitas 100 sampel komponen tinggi (vertikal) di titik uji obstruksi terbuka (a,b) dan obstruksi tertutup (c,d)

Pada grafik, warna biru menunjukkan repeatabilitas hasil pengamatan GPS dan warna merah menunjukkan hasil GPS+Beidou. Terlihat pola grafik warna biru lebih acak dibandingkan dengan pola grafik warna merah untuk titik uji daerah terbuka, dengan standar deviasi masing masing 0.05 meter untuk warna biru (GPS) dan 0.02 meter untuk warna merah (GPS+Beidou). Pada titik uji daerah tertutup, pola warna biru lebih acak lagi. Pada tabel 2 dapat dilihat secara lebih lengkap masing-masing standar deviasinya. Kesimpulannya hasil dari GPS+_Beidou terlihat lebih teliti posisinya apabila dibandingkan dengan hasil GPS saja. Hal ini sesuai teori bahwa semakin banyak pengamatan ke satelit, maka ukuran lebih akan semakin banyak, geometri akan semakin kuat, sehingga akan didapat hasil yang lebih teliti.

Tabel 2. Informasi standar deviasi dari repeatabilitas pengambilan data GNSS GPS dan Beidou di masing-masing titik uji obstruksi terbuka dan tertutup

No	Nama titik	STD (dalam meter)
1	Test A (*)	0.05 GPS, 0.02 GPS+Beidou
2	Test B (*)	0.05 GPS, 0.02 GPS+Beidou
3	Test C (**)	0.12 GPS, 0.03 GPS+Beidou
4	Test D (**)	0.07 GPS, 0.04 GPS+Beidou

(*) Obstruksi Terbuka (**) Obstruksi Tertutup

Integrasi antara GPS dengan Beidou dari hasil penelitian menyimpulkan akan memberikan waktu *fixing ambiguity* yang lebih cepat. Tabel 3 memperlihatkan penjelasan dimana *fixing ambiguity* dengan hanya menggunakan satelit GPS akan lebih lama apabila dibandingkan dengan menggunakan GPS+Beidou. Dengan fakta ini nilai efektif dan efisien ketika akusisi data akan didapat oleh integrasi antara GPS dan Beidou.

Tabel 3. Informasi waktu untuk *fixing ambiguity* dari repeatabilitas pengambilan data GNSS GPS dan Beidou di masing-masing titik uji obstruksi terbuka dan tertutup

No	Nama titik	Waktu untuk *fixing Ambiguity* (dalam detik)
1	Test A (*)	5-20 GPS, 5-10 GPS+Beidou
2	Test B (*)	5-20 GPS, 5-10 GPS+Beidou
3	Test C (**)	120-300 GPS, 30-120 GPS+Beidou
4	Test D (**)	120-300 GPS, 30-120 GPS+Beidou

(*) Obstruksi Terbuka (**) Obstruksi Tertutup

Pada penelitian ini tidak dilakukan pengambilan data hanya ke satelit Beidou saja, karena yang ingin dicapai adalah hasil analisis integrasi GPS dan Beidou yang dapat memberikan ukuran lebih, serta semakin kuat geometri, alhasil didapat ketelitian baik itu presisi maupun akurasi.

Kesimpulan dan Saran

Kemampuan RTK Beidou yang diintegrasikan dengan GPS memiliki ketersediaan satelit yang lebih banyak dan lebih kuat geometrinya. Situasi ini akan menguntungkan dalam hal tingkat presisinya. Sistem RTK Beidou yang didesain menggunakan komunikasi via radio maupun NTRIP yang dapat memanipulasi *dynamic* IP sepertinya disimpulkan mampu menambah tingkat kualitas referensi kerangka vertikal serta efektif efisien survei dan pemetaan.

Seperti kita ketahui bahwa dalam survei dan pemetaan, maka komponen tinggi akan memberikan informasi yang penting apabila dibandingkan dengan sekedar informasi planimetris. Kemana arah air mengalir, dimana daerah cekungan tanah, atau seperti apa morfologi Daerah Aliran Sungai, dan lain-lain merupakan informasi-informasi yang diberikan oleh komponen vertikal objek spasial. Untuk itu kemampuan RTK GPS+Beidou memberikan angin segar pada pemenuhan kebutuhan komponen tinggi.

Penelitian lebih lanjut yang melibatkan variasi panjang baseline, atau metode lain selain RTK, terkait komponen tinggi atau vertikal seyogyanya dapat terus dilakukan. Belum lagi apabila penelitian juga melibatkan komponen undulasi geoid yang diperlukan dalam mengkonversi tinggi ellipsoid yang diperoleh dari GPS+Beidou ke sistem tinggi ortometrik, maka penelitian akan semakin bermanfaat.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada penyedia receiver *South*, dalam hal ini Bapak Daniel dan koleganya, yang dapat mengamati sinyal GNSS GPS dan juga Beidou. Selain itu ucapan terimakasih ditujukan kepada para mahasiswa dan surveyor yang membantu proses penelitian.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2001, *Geodesi Satelit*, Departemen Teknik Geodesi ITB, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Abidin, H.Z., 1999, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Karsidi, A., 2013, "Peraturan Kepala BIG nomor 15 tahun 2013 tentang sistem referensi geospasial Indonesia 2013", BIG, Cibinong.

Mudita, I., 2011, "GNSS-RTK Network Technology Impact Assessment for Land Surveying at Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia (BPN RI) : A Report", *Asian Geospatial Forum: 10th Annual Asian Conference & Exibition on Geospatial Information, Technology & Applications*.

Pahlevi, A.M. dan Pangastuti, D., 2014, "Indonesian Geospatial Reference System 2013 and Its Implementation of Positioning", *FIG Congress*, Malaysia.

Undang-Undang Nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia RI, Jakarta.

Seeber, G., 1993, *Satellite Geodesy: foundation, method, and applications*, Walter de Gruyter, Berlin-New York, **C**7.

Kajian Jaring Kontrol Horizontal Alternatif sebagai Kerangka Referensi dalam Mendukung *One Map Policy* di Indonesia

Totok Agus Widodo[a], Heri Andreas[b]

[a,] Teknik Geodesi dan Geomatika-ITB (totok.agus.widodo@gmail.com)
[b,] Staf Pengajar Teknik Geodesi dan Geomatika-ITB (heriandreas49@yahoo.com)

ABSTRACT

Geospatial data in a map is needed for territorial integrity, planning and development, etc. One Map Policy is the single national map policy that supported by a single reference. Recently, SRGI2013 stated as the Indonesian single reference system. Based on SRGI2013, JKHN as the horizontal reference frame and CORS that support the JKHN frame are identifices not used optimally. Unresolved JKHN revitalization and increasing the number of CORS would be the issue. The issues makes the possible alternative of the JKHN (JKHN-A) which worked optimally using GPS satellite observation data. JKHN-A has two reference models: one point and cluster island with ITRS and WGS84 datum. The outcomes of Bernese processing are capable to produce the precise coordinates. In E_{95}, precision and accuration of the observation points are determined and validated. The observations up to 3,163 km baseline length in 24, 12, and 6 hours were processed using radial and double-difference strategy. The results provide 1.3-4 mm precision and cm-mm level of accuracy (i.e. 00-0 order). Furthermore, the less number of control points confirms that JKHN-A support surveying and mapping more efficiently and optimal.

Keywords *surveying and mapping, one map policy, single reference*, JKHN-A

Pendahuluan

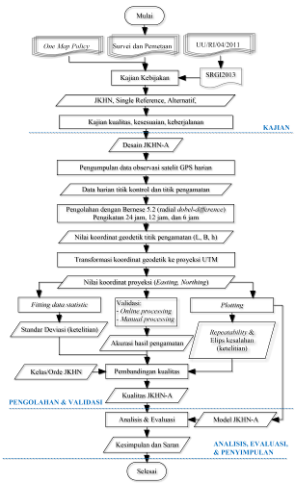
Survei dan pemetaan merupakan kegiatan dalam mengukur dan memetakan obyek alam/buatan untuk mengadakan data geospasial yang diolah menjadi informasi geospasial dan direpresentasikan dalam model Peta. Dari awal Bakosurtanal (sekarang BIG) berdiri sampai dengan tahun 2007, hanya ± 9.000.000 ha dari ± 94.000.000 ha wilayah Nasional yang mampu dipetakan (Mudita,2011). Mengingat peta sebagai variabel penting, antara lain untuk pertahanan keutuhan wilayah, perencanaan kebijakan, dan pembangunan berbagai sektor di Indonesia, dimana menurut proyeksi pemetaan akan selesai sekitar 441,8 tahun lagi, dalam hal ini dibutuhkan peningkatan dan percepatan kegiatan survei dan pemetaan demi menghasilkan peta yang berkualitas.

One Map Policy sebagai hasil dari UU/RI/04/2011 tentang informasi geospasial, menuntut adanya peta yang terintegrasi secara nasional dengan referensi tunggal (*single reference*) agar permasalahan seperti tumpang-tindih peta, sengketa lahan, dan konflik antar lembaga tidak akan terjadi. Oleh karena itu, sistem dan kerangka referensi yang digunakan dalam survei dan pemetaan di Indonesia harus diperjelas.

SRGI2013 (Sistem Referensi Geospasial Indonesia 2013) sebagai sistem referensi di Indonesia yang menggunakan datum semi-dinamik (Peraturan Kepala BIG No. 15 tahun 2015) mendefinisikan JKHN (Jaring Kontrol Horizontal Nasional) sebagai kerangka referensi horizontal dan CORS (*Continously Operating Refernce Station*) sebagai pendukungnya. Sekitar 10.000 titik orde 0-4 realisasi (dari sekitar 1.000.000 titik rencana) yang tersebar kurang merata di Kalimantan dan Irian Jaya, titik kontrol JKHN banyak yang tidak digunakan dan dalam kondisi rusak, hilang, atau tidak *up-to-date*. Di pihak lain, titik CORS yang memiliki ketelitian berbeda-beda dan beberapa tidak beroperasi penuh, tersebar sangat rapat di Jawa saja. Jika demikian, pembaruan titik kontrol JKHN dan penambahan jumlah titik CORS akan memperlambat waktu pemetaan (sekitar 291 tahun untuk orde 2 dan 3) dan menambah biaya anggaran. Oleh karena itu, secara ide dimungkinkan untuk adanya suatu kerangka referensi horizontal alternatif (JKHN-A) yang lebih optimal untuk mendukung peningkatan dan percepatan survei dan pemetaan di Indonesia dalam pengadaan satu peta tunggal yang memiliki referensi tunggal.

Metodologi

Terdapat 3 tahap utama (Gambar 1): kajian; pengolahan dan validasi; serta analisis, evaluasi, dan penyimpulan. Desain JKHN-A didapatkan dari kajian kebijakan, kesesuaian, keberjalanan, dan kualitas berdasar pada *One Map Policy*, UU/RI/04/2011, dan SRGI2013, serta kebutuhan peningkatan dan percepatan kegiatan survei dan pemetaan. Berdasarkan desain tersebut, data pengamatan satelit GPS secara kontinyu di titik kontrol dan titik pengamatan (Tabel 1 dan 2) diolah menggunakan Bernese 5.2. Hasil olahan dipetakan, divalidasi, dan diuji statistik. Kualitas hasil titik pengamatan menggunakan titik kontrol JKHN-A dapat dibandingkan dengan titik kontrol JKHN berdasarkan orde dan kelasnya (Tabel 3).



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tabel 1. Titik kontrol JKHN-A

No	Nama	Jaringan
1	BAKO	IGS
2	BNOA	IGS
3	BTNG	IGS
4	CSAB	CORS
5	CNAB	CORS
6	CMRE	CORS
7	CNAU	CORS

Tabel 2. Titik pengamatan

Wilayah	Nama titik (CORS)	Juml.
Sulawesi-Maluku	CAMB, CKEN, CMAK, CTER	4
Kalimantan	CBAL, CBAS, CPON, CPUT	4
Sumatera	CBKT, CPAR, PALE	3
Jawa-Bali	CBTU, CCLP, CDNP, CPKL	4
Nusa Tenggara	CKAL, CPBR, CKUR, CTOA, CKUP	5
Irian Jaya	CFAK, CMAN, CSOR, CUKE	4
	Total	24

Tabel 3. Klasifikasi titik pengamatan

Orde titik	00	0	1	2	3	4
Kelas	3A	2A	A	B	C	D
Orde	ITRF 2008	00	0	1	2	3

Desain JKHN-A

JKHN-A didesain menggunakan titik-titik stasiun CORS dan IGS di Indonesia. Desain JKHN-A mencakup:

42. Titik kontrol sedikit;
43. Menggunakan sistem referensi seragam, ITRS;
44. Menggunakan datum geodetik global, WGS84;
45. Operasi berbasis GNSS, CORS;
46. Diolah dengan *software* seragam, Bernese;
47. Memiliki presisi dan akurasi tinggi; dan
48. Terdapat dua model: referensi satu titik dan referensi *cluster* pulau.

Model Referensi Satu Titik

JKHN-A didefinisikan hanya dengan satu titik kontrol, yaitu titik BAKO di Jawa. Titik ini dipilih karena merupakan salah satu titik yang dipantau oleh IGS (*International GNSS Service*) sehingga data pengamatannya lebih berkualitas dibandingkan titik CORS biasa yang dipantau BIG. Gambar 2 menunjukkan titik BAKO sebagai titik ikat dari enam titik sampel pengamatan di pulau/kepulauan Sumatera (CSAB), Kalimantan (CNAU), Sulawesi-Maluku (BTNG), Irian Jaya (CNAB), Nusa Tenggara (CMRE), dan Jawa-Bali (BNOA).

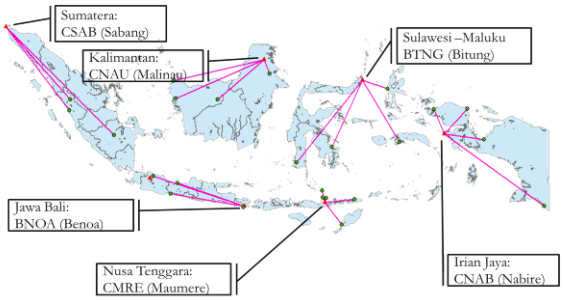


Gambar 2. Model referensi satu titik JKHN-A

Model Referensi Cluster Pulau

Model *cluster* pulau JKHN-A (Gambar 3) memiliki satu titik kontrol di enam pulau/kepulauan besar Indonesia (titik-titik pengamatan model referensi satu titik). Titik kontrol tersebut merupakan *prototype* untuk mendapat *baseline* panjang di tiap wilayah.

Idealnya, titik kontrol terletak di tengah tiap wilayah dengan *baseline* pengamatan lebih pendek yang mampu menghasilkan ukuran lebih presisi dan akurat.



Gambar 3. Model referensi *cluster* pulau JKHN-A

Pengikatan Titik Kontrol JKHN-A

Proses pengikatan setiap titik pengamatan terhadap titik kontrol pada tiap model JKHN-A dilakukan secara *post-processing* menggunakan Bernese 5.2 selama 24, 12, dan 6 jam dimulai pukul 07.00 WIB. Pengikatan menggunakan mode radial (*single baseline*) secara *double difference*. Keluaran yang didapatkan berupa nilai koordinat geodetik, yang kemudian ditransformasi dalam koordinat proyeksi UTM (*Universal Tranvers Mercator*).

Fitting of Repeatability Nilai Koordinat Pengamatan

Jumlah derajat kebebasan sama dengan jumlah pengamatan berlebihan. Besar derajat kebebasan bergantung pada standar deviasi (*S*) terhadap nilai rata-ratanya (r_{rata}) dengan Persamaan (1) dan (2) berikut,

$$r_{rata} = \frac{\sum_i^n r_i}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (r_{rata} - r_i)^2}{n-1}} \quad (2)$$

di mana,

i : data ke 1,2,3,..., n
r_i : data ke i
n : jumlah data.

S menentukan besar ketelitian terhadap perulangan (*repeatability*) nilai koordinat. Pada data populasi, standar deviasi disebut dengan standar eror (σ). Dalam survey pengukuran sering digunakan persentase derajat kebebasan 90% dan 95%. Kesalahan 95%, sering disebut dengan dua-sigma (2σ) sebagai pendekatan dari $\approx 1{,}960\sigma$ (peluang kesalahan E_{95}). E_{95} digunakan untuk mengisolasi/menolak 0,05% *outlier* (kesalahan sangat besar) dan *error* sampai kerapatan data set sesuai (*fitting*). Kerapatan secara visual ditampilkan dengan *ellips error* sebagai fungsi kepadatan (*density function*), *f(x,y)* terhadap titik pusat referensi (r_{rata}) menggunakan variansi maksimal (σ_x^2) dan minimal (σ_y^2).

Validasi Hasil Pengikatan

Validasi dilakukan secara *online processing* (AUSPOS: *http://www.ga.gov.au/bin/gps.pl*) dan *manual processing* pada hasil pengamatan dengan menggunakan model paling disarankan, yaitu referensi satu titik JKHN-A. Tiga titik pengamatan sampel (BNOA, BTNG, dan CNAB) ditentukan posisinya menggunakan referensi titik selain BAKO (Tabel 4). Hasilnya dibandingkan dengan hasil menggunakan referensi titik BAKO untuk mendapat RMSe (*Root Mean Square Error*) akurasi dengan Persamaan (3) berikut,

$$RMSe = \sqrt{\frac{\sum_j^m (r_{rata} - r_j)^2}{m}} \quad (3)$$

di mana,

j : data ke 1,2,3,....,m
m : jumlah data validasi
r_j : data hitungan ke j
r_{rata} : nilai rata-rata referensi BAKO.

Tabel 4. Validasi hasil pengamatan

TK	Manual		*Online*		
	TP	TR	TP	TR	
BAKO	BNOA	BTNG	BNOA	OONA	MAIN
		CNAB	BTNG	ALIC	PERT
	BTNG	BNOA	CNAB	DARW	PIMO
		CNAB		DODA	YAR2
	CNAB	BNOA		GUAM	
		BTNG		JAB2	

Keterangan: TK=Titik kontrol; TP=Titik pengamatan; TR=Titik referensi

Hasil dan Pembahasan

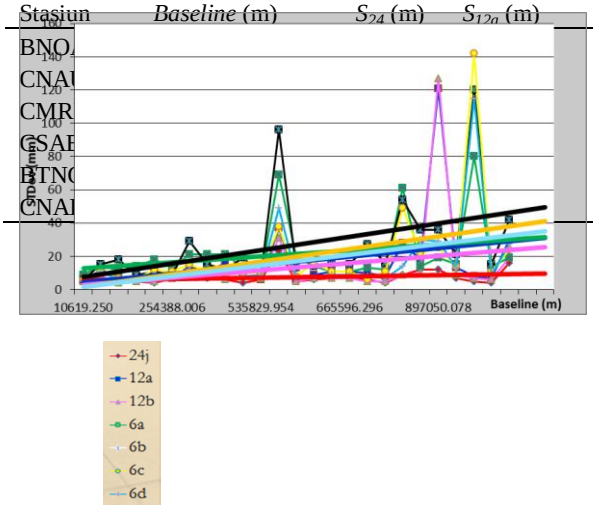
Hasil dan pembahasan yang dijelaskan meliputi ketelitian nilai koordinat, validasi hasil, dan penggunaan JKHN-A sebagai *single reference*.

Ketelitian (*Repeatability*) Nilai Koordinat

Ketelitian direpresentasikan secara *numerical* dengan *S* dan secara *visual* dengan *repeatability*. Pengamatan dengan panjang *baseline* sampai dengan 3.163 km (referensi satu titik) (Tabel 5) dan 1.423 km (referensi *cluster* pulau) (Gambar 4) menghasilkan ketelitian dari orde cm sampai dengan mm untuk semua interval waktu pengamatan. Penurunan ketelitian sebanding dengan bertambah panjang *baseline.*

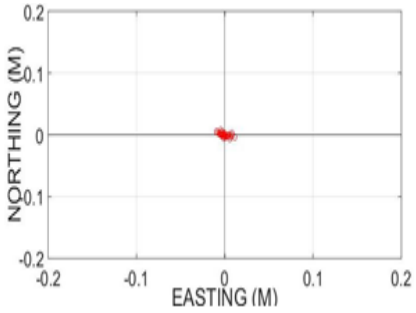
Tabel 5. Ketelitian hasil pengamatan dengan referensi satu titik JKHN-A

Stasiun	*Baseline* (m)	S_{24} (m)	S_{12a} (m)	S_{12b} (m)	S_{6a} (m)	S_{6b} (m)	S_{6c} (m)	S_{6d} (m)
BNO				0,005	0,017	0,039	0,016	0,007
CNAI				0,007	0,011	0,036	0,015	0,021
CMR				0,014	0,037	0,036	0,027	0,019
GSAE				0,014	0,024	0,062	0,037	0,018
BTNG				0,010	0,017	0,043	0,013	0,025
CNAI				0,012	0,137	0,118	0,016	0,027

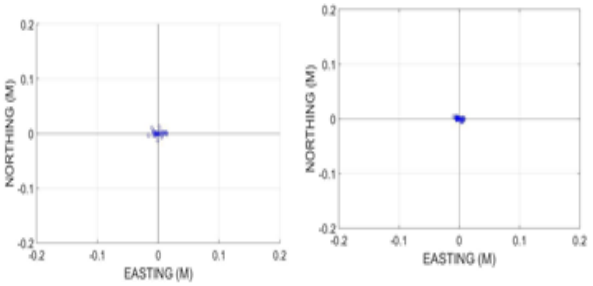


Gambar 4. Regresi linier persebaran *S* terhadap perpanjangan *Baseline*

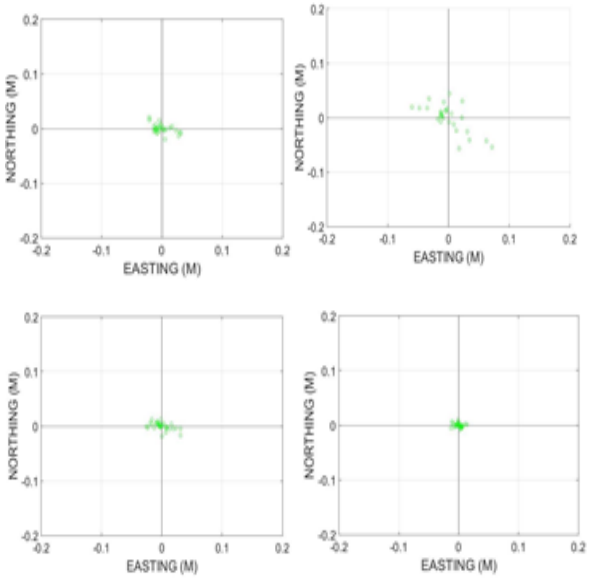
Repeatability nilai koordinat pada semua titik pengamatan memiliki kerapatan di bawah 20 cm, sebagai contoh pada stasiun BAKO-BNOA (Gambar 5). Persebaran data semakin panjang ukuran *baseline*, maka semakin melebar (cenderung ke arah *easting*). Hal ini dipengaruhi oleh ambiguitas fase, konstelasi satelit, *multipath*, dan bias ionosfer.



(a) Pengamatan 24 jam



(b) Pengamatan 12 jam pertama (kiri) dan 12 jam kedua (kanan)



(c) Pengamatan 6 jam pertama (kiri-atas), kedua (kanan-atas), ketiga (kiri-bawah), dan keempat (kanan-bawah)

Gambar 5. *Repeatability* nilai koordinat hasil pengamatan stasiun BNOA

Hasil Validasi

Nilai RMSe kedua validasi memiliki nilai yang bagus, yaitu pada orde cm (Tabel 6). Hasil validasi manual memiliki RMSe yang lebih kecil dibandingkan validasi *online* sehingga hasil secara manual yang digunakan sebagai ukuran paling mendekati. Pembandingan terhadap JKHN dilakukan dengan parameter presisi dan akurasi hasil pengamatan terhadap kelas dan orde JKHN (Tabel 7). Titik pengamatan sebagai titik referensi survei dan pemetaan yang diikatkan dengan titik kontrol JKHN-A dilihat kesetaraannya dengan suatu kelas/orde JKHN jika, nilai *c* (faktor empirik) lebih kecil atau sama dengan nilai *c* kelas/orde di atasnya. Titik kontrol BAKO merupakan salah satu titik ITRF di Indonesia. Nilai *c* dihitung dengan Persamaan (4),

$$c = \frac{r}{d + 0{,}2} \quad (4)$$

di mana,

c : faktor empirik

r : variansi maksimal (mm)
d : baseline terhadap titik kontrol (km)

Tabel 6. Hasil validasi manual dan *online*

t	TP	Manual			*Online*
		TK	STD	RMSE$_m$	RMSE$_o$
24	BNOA	BAKO	0,006	0,006	0,082
	BTNG		0,007	0,012	0,088
	CNAB		0,011	0,007	0,050
12a	BNOA	BAKO	0,009	0,010	0,052
	BTNG		0,013	0,020	0,058
	CNAB		0,020	0,022	0,043
12b	BNOA	BAKO	0,005	0,006	0,054
	BTNG		0,010	0,018	0,057
	CNAB		0,012	0,008	0,051
6a	BNOA	BAKO	0,017	0,014	0,057
	BTNG		0,017	0,025	0,060
	CNAB		0,134	0,053	0,030
6b	BNOA	BAKO	0,039	0,020	0,064
	BTNG		0,043	0,022	0,066
	CNAB		0,118	0,019	0,052
6c	BNOA	BAKO	0,016	0,023	0,056
	BTNG		0,013	0,017	0,064
	CNAB		0,016	0,021	0,070
6d	BNOA	BAKO	0,007	0,033	0,054
	BTNG		0,025	0,043	0,043
	CNAB		0,027	0,039	0,026

Keterangan:
t : Lama waktu pengamatan (jam)
TK : Titik kontrol referensi satu titik
TP : Titik pengamatan
STD : Standar deviasi (m)
$RMSE_{m,o}$: Standar eror (m)

Tabel 7. Nilai *c* kelas atau orde JKHN

Orde	Kelas	*c*	*d* (km)	*r* (mm)
Orde-00	3A	0,01	1000	10
Orde-0	2A	0,1	500	50
Orde-1	A	1	100	100
Orde-2	B	10	10	102
Orde-3	C	30	2	660
Orde-4	D	50	0,1	15

Setelah *c* orde dan kelas hasil pengamatan di 3 titik tersebut dihitung, kemudian nilai *c* disesuaikan dengan ketentuan pada Tabel 3. Hasilnya, pengamatan menggunakan referensi satu titik JKHN-A pada panjang *baseline* terpendek (BNOA), medium (BTNG), dan terpanjang (CNAB) mampu menghasilkan titik referensi untuk survei dan pemetaan di wilayah Indonesia dengan kualitas yang setara dengan orde-00 dan orde-0 JKHN (Tabel 8).

JKHN-A sebagai *Single Reference*

Titik kontrol JKHN-A yang berbasis GNSS dan terikat langsung dengan ITRF, maka kondisi stasiun dan nilai koordinatnya akan selalu terpantau dengan baik. Berbagai jenis survei dan pemetaan yang membutuhkan titik referensi dengan cepat, murah, mudah, dan berkualitas, cukup mengikatkan pada titik kontrol JKHN-A dengan memenuhi spesifikasi teknis seperti pada Tabel 9, dalam waktu yang ditentukan di Tabel 10 dan 11.

Tabel 8. Kualitas hasil pengikatan dengan referensi satu titik JKHN-A

Observ.	t (jam)						
	24	12a	12b	6a	6b	6c	6d
Kelas Orde	3A	3A	3A	2A	2A	3A	2A
	ITRF2008						
Orde Hasil	00	00	00	0	0	00	0

Tabel 9. Spesifikasi teknis pengikatan JKHN-A

Metode	Strategi
Metode pengamatan	Kontinyu / survei
Data	Fase dua frekuensi
Interval	30 detik / 1 menit
Jumlah minimal satelit	4
Elevasi minimal	15^0
Data ionosfer global	Ya
Data *ocean tidal loading*	Ya
Estimasi model troposfer	Ya
Moda pengamatan	Radial
Interval waktu	24 jam / 12 jam / 6 jam
Software pengolahan	Bernese
Satelit	GPS
Toleransi ambiguitas fase	200-400

Tabel 10. Pedoman waktu pengikatan referensi satu titik

Baseline D (km)	Ketelitian - S (cm)			
	Interval pengamatan (jam)			
	S≥20	20>S≥5	5>S≥1	S<1
3.100> D >1.800	6	6[1]/12	6[1]/12	-
1.800> D >1.500	6	6[1]/12	6[1]/12	-
1.500> D > 950	6	6[1]/12	6[2]/12	12/24
D < 950	6	6[1]/12	6[2]/12	6[2]/12/24
Waktu pengamatan	[1]malam dan/atau pagi [2]jangan siang			

Tabel 11. Pedoman waktu pengikatan referensi *cluster* pulau

Wilayah	Ketelitian - S (cm)			
	Interval pengamatan (jam)			
	S≥10	10>S≥2	2>S≥1	S<1
Jawa-Bali	6	6[2]/12	6[1]/12	6[3]/12
Sumatera	6	6[2]/12	6[3]/24	24
Kalimantan	6	6[2]/12	6[3]/12	6[1]/12
Sul.-Mal.	6	6[2]/12	6[2]/12	6[3]/12
Irian Jaya	6	6[2]/12	6[2]/12[2]/24	12[1]/24
Nusa Tenggara	6	6[2]/12	6[2]/12	6[1]/12[2]/24
Waktu Pengamatan	[1]harus malam dan/atau pagi [2]disarankan malam dan/atau pagi [3]harus pagi [4]jangan sore			

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan beberapa hal:

20. JKHN-A bisa dibentuk dengan menggunakan referensi satu titik kontrol untuk satu Indonesia di titik BAKO dan 6 (enam) titik kontrol referensi *cluster* pulau untuk pulau/kepulauan Sumatera (CSAB), Kalimantan (CNAU), Sulawesi-Maluku (BTNG), Irian Jaya (CNAB), Nusa Tenggara (CMRE), dan Jawa-Bali (BNOA). Dengan titik kontrol berbasis CORS, kegiatan survei dan pemetaan lebih optimal menggunakan titik kontrol lebih sedikit dan efektif dengan ketelitian dan akurasi hasil pengamatan pada orde cm-mm.
21. Dengan referensi satu titik, ketelitian orde cm mampu didapatkan pada *baseline* sampai dengan 3.163 km cukup dengan pengikatan selama 12 jam atau 6 jam (antara malam sampai pagi / tidak masuk waktu siang). Ketelitian orde mm mampu didapatkan pada panjang *baseline* sampai dengan 1.500 km dengan pengikatan cukup selama 24 jam, 12 jam, atau 6 jam (tidak masuk waktu siang untuk panjang *baseline* sampai dengan 900 km).
22. Dengan referensi *cluster* pulau, ketelitian sampai dengan 2 cm didapatkan cukup dengan pengikatan selama 6 jam (disarankan waktu malam sampai pagi) atau 12 jam di semua wilayah pulau/kepulauan. Ketelitian di atas 2 cm sampai orde mm didapatkan cukup dengan pengikatan selama 12 jam atau 6 jam (antara malam sampai pagi / tidak masuk waktu siang ke sore) untuk semua wilayah pulau/kepulauan. Survei dan pemetaan di wilayah Irian Jaya dan Nusa Tenggara disarankan untuk melakukan pengikatan selama 24 jam sedangkan di wilayah Sumatera harus selama 24 jam.
23. Tingkat akurasi orde cm-mm hasil pengikatan titik kontrol referensi satu titik JKHN-A, yang merupakan titik ITRF2008 mampu menjadi titik ikat pada pengamatan di seluruh wilayah Indonesia yang setara dengan titik kontrol orde-00/kelas-3A dan orde-0/kelas-2A JKHN.
24. Pengamatan dalam waktu lebih lama memiliki ketelitian yang lebih presisi, terlebih pengamatan dilakukan pada waktu malam dan/atau pagi hari untuk semua interval waktu pengamatan dan kedua model kerangka referensi.
25. JKHN-A sangat mendukkung *One Map Policy* dengan cakupan kualitas secara nasional atau regional pulau/kepulauan sebagai referensi tunggal untuk pembuatan satu peta di semua kegiatan survei dan pemetaan dengan datum dan sistem referensi global.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial (BIG) dalam pengadaan data, Bapak Irwan Meilano dalam penyediaan *software* Bernese, serta Dhota Pradipta dan Brian Bramanto dalam kajian dan diskusi permasalahan.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2001, *Geodesi Satelit*, Departemen Teknik Geodesi ITB, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Abidin, H.Z., 1999, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Anonim, 2002, *SNI 19-6724-2002. ICS 13.108.30*, Badan Standardisasi Nasional (BSNI),

AIUB, 2015, *Bernese GNSS Software Version 5.2*, Editor Rolf D., Simon L., Peter W., and Pierre F., Astronomical Institute University of Bern (AIUB).

Ghilani, C.D. and Wolf P.R., 2006, *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis 4th Edition*, **C**1, 4-7. **C**2, 18-20.**C**3, 41-44.

Karsidi, A., 2013, "Peraturan Kepala BIG nomor 15 tahun 2013 tentang sistem referensi geospasial Indonesia 2013", BIG, Cibinong.

Melaimani, 1999, "Estimation of Very Long Baselines by GPS Geodesy for Indian Plate Kinematic Studies", *Ph. D. Dessertation*, University of Bonn, Germany, **C**3-4.

Mudita, I., 2011, "GNSS-RTK Network Technology Impact Assessment for Land Surveying at Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia (BPN RI) : A Report", *Asian Geospatial Forum: 10th Annual Asian Conference & Exibition on Geospatial Information, Technology & Applications*.

Pahlevi, A.M. dan Pangastuti, D., 2014, "Indonesian Geospatial Reference System 2013 and Its Implementation of Positioning", *FIG Congress*, Malaysia.

PP/RI/09/2014 tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial.

Undang-Undang Nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, Kementrian Hukum dan Hak Asasi Manusia RI, Jakarta.

Seeber, G., 1993, *Satellite Geodesy: foundation, method, and applications*, Walter de Gruyter, Berlin-New York, **C**7.

Soedomo, A.S. dan Sudarman, 2004, *Sistem dan Transformasi Koordinat*, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Sipil dan Perencanaan, ITB, Bag. III.

Kualitas Data Geospasial dalam Penyelenggaraan Kebijakan Satu Peta

Akhmad Riqqi

Staf Pengajar Teknik Geodesi dan Geomatika Institut Teknologi Bandung (riqqi@gd.itb.ac.id)

ABSTRACT

The information of quality of geospatial data and information will play a vital role in actualize one map policy. One important function of this information is to inform the user about use of data or information in decision-making. To provide information of data quality in Indonesia still a problem. Most of data producer don't have knowledge about data quality. In addition, the absence of "fit for use" classification for geospatial data and information was already creating complex and serious problem at national scale, as overlapping permit and land disputes. This paper explains about quality element and quality measure method for geospatial data and information based on ISO 19157. This paper also proposes a classification system to classified properness of geospatial data and information.

Keywords *data quality, fit for use, conformity*

Pendahuluan

Informasi Geospasial merupakan informasi strategis yang menjadi dasar dalam perencanaan, pelaksanaan, pemantauan dan pengambil keputusan dalam pembangunan guna memelihara kelestarian sumberdaya dan kesimbangan lingkungan hidup. Pembangunan diselengarakan secara berkesinambungan antar sektor, setiap sektor membutuhkan data dan infomasi yang bersifat mendasar dan data dan informasi yang bersifat sektoral. Makin meningkatnya kebutuhan akan data dan informasi geospasial dalam Pembangunan Nasional mendorong pembuatan data dan informasi geospasial oleh berbagai pihak, baik pemerintah pusat, pemerintah daerah, maupun swasta.

Keragaman data dan informasi geospasial yang telah diproduksi oleh berbagai pihak pada umumnya tidak memiliki informasi mengenai kualitasnya. Dengan data yang tersedia dengan kualitas yang tidak diketahui, berbagai kebijakan pemerintah dan perijinan telah dibuat berbasiskan pada data dan informasi geospasial tersebut. Permasalahn yang kompleks dan serius telah banyak mengemuka, terutama mengenai tumpang tindihnya perizinan dan sengketa pertanahan. Dalam menangani permasalahan ini pemerintah menggulirkan kebijakan satu peta.

Kebijakan satu peta atau yang dikenal dengan *One Map Policy* (OMP) adalah rangkaian konsep dan asas yg menjadi garis besar dan mendasar dalam rangka mewujudkan kesatuan sistem pemetaan ditinjau dari segi keterpaduan horizontal dan vertikal agar tercipta kesatuan, kepastian, dan kualitas informasi geospasial yang dapat dipertanggungjawabkan (Riqqi, 2015). Utamanya dari kebijakan satu peta ini adalah menghasilkan dan menggunakan data dan informasi geospasial yang berkualitas dalam penyelenggaraan pembangunan nasional.

Kualitas data dan informasi geospasial merupakan hal yang sangat penting terkait dengan pemanfaatan dan penggunaan data dan informasi geospasial. Kualitas data dan informasi geospasial adalah ukuran perbedaan antara data dan informasi geospasial dengan kondisi riilnya dari objek atau fenomena yang direpresentasikannya. Jadi apabila suatu data atau informasi geospasial memiliki kualitas yang rendah, artinya data atau informasi tersebut hanya memberikan informasi yang sedikit dari objek atau fenomena yang direpresentasikannya.

Kualitas data atau informasi yang rendah akan memberikan informasi yang kurang akurat sehingga pemanfaatannya dalam analisis spasial atau pengambilan keputusan akan memberikan hasil atau keputusan yang kurang akurat. Dalam perkembangannya sekarang, dimana sistem informasi geografis dengan sistem penyampaian informasinya yang cepat dan jangkauan pengguna yang luas melalui jaringan internet berupa *web-GIS* ataupun berupa *web map service*, data dan informasi geospasial yang beragam dapat dengan mudah diakses atau diperoleh. Kemudahan ini telah mendorong kesadaran spasial para pengguna dan pengambil keputusan untuk memanfaatkan dan memproduksi data dan informasi geospasial. Hal ini telah menimbulkan berbagai masalah hukum dan konflik, yang diakibatkan ketidaktahuan pengguna dan produsen data akan kualitas data.

Kualitas data merupakan konsep yang kompleks dan telah berkembang dalam dekade terakhir ini. Pada

awal perkembangannya, kualitas data spasial hanya bertumpu pada kualitas posisi (akurasi dan presisi dari posisi). Kemudian berkembang lebih luas terhadap kualitas dari isi-nya (akurasi atribut). Kualitas isi dari data dan informasi geospasial telah berkembang menjadi beberapa elemen kualitas yang merepresentasikan bukan hanya kualitas dari hasil klasifikasi objek, tetapi berkembang lagi menjadi kualitas dalam proses kompilasi peta (*map compilation*) dan proses konversi data digital, yaitu akurasi dalam hal topologi dan konsistensi logis (*logical consistency*). Setelah itu, seiring dengan makin mudahnya akses terhadap data dan informasi geospasial, makin banyaknya ketidak tepatan penggunaan peta, serta kesalahan dalam meng-interpretasi informasi geospasial, pendekatan kualitas informasi memperkembangkan menjadi sebuah definisi yang berdasarkan pada kelayakan untuk penggunaan (*fitness for use*) (Chrisman dalam Devillers dan Jeansoulin, 2006).

Elemen kualitas data serta metodologi pengukuran kualitas data dan informasi spasial telah distandarkan secara internasional melalui ISO 19157:2013 dengan judul Geographic Information – Data Quality. Namun standar ini belum mengatur hingga klasifikasi kelayakan untuk penggunaan dari sebuah data atau informasi geospasial, informasi ini disampaikan dalam metadata pada elemen *Constrain Information* dengan sub elemen *useLimitation* (ISO 19115:2012) yang diadaptasi juga dalam *Country Profile* Metadata Data Geospasial Indonesia. Paper ini akan menjelaskan mengenai elemen kualitas data dan menyusun klasifikasi kelayakan untuk penggunaan data dan informasi geospasial.

Kualitas Data dan Informasi Geospasial

Kualitas data merupakan konsep yang berkaitan dengan ketidakpastian. Sebelumnya kualitas data hanya terhubungkan dengan proses produksi peta hingga proses kartografi, dimana kualitas ini merepresentasikan keakuratan geometrik (*positional accuracy*) dan akurasi atribut (*attribute accuracy*) pada saat produksi hingga menjadi peta sebagai produk akhir. Dengan berkembangnya produk peta menjadi data dan informasi geospasial, dimana representasi dari data dan informasi geospasial yang disampaikan kepada pengguna dapat berupa peta analog atau peta digital, baik berupa sebuah data, sebuah dataset, sebuah serial dataset, atau sebagian (*subset*) dari sebuah data, menimbulkan kebutuhan akan informasi kualitas kesesuaian untuk melakukan transfer data dan informasi geospasial.

Elemen Kualitas

Terdapat enam bidang utama kualitas data dan informasi geospasial, yaitu (FGDC, 1998; Guptill dan Morrison, 1995) :*Lineage, Accuracy, Completeness, Logical Consistency, Semantic Accuracy, Currency*. *Lineage* (riwayat data) merupakan informasi yang menjelaskan asal usul atau sumber data hingga proses untuk menghasilkan produk akhirnya. *Accuracy* (ketelitian) merupakan informasi yang menjelaskan kesesuaian atau kecocokan antara data atau informasi geospasial dengan kondisi faktualnya. Secara garis besar ketelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu akurasi geometrik (atau akurasi posisi) dan akurasi atribut. *Completeness* (kelengkapan) merupakan informasi mengenai kelengkapan atau keutuhan atau ketuntasan dari sebuah data atau informasi geospasial. *Logical Consistency* merupakan informasi yang terkait dengan hubungan antar objek/unsur atau fenomena yang diharapkan dalam basisdata, yang dapat di-periksa tanpa merujuk pada dunia nyata. *Semantic Accuracy* (ketelitian semantic) merupakan informasi yang menggambarkan mengenai keakuratan dari pendefinisan objek faktual (*real world*) menjadi objek atau unsur dalam data dan informasi geospasial. *Currency* atau *temporal validity* (kekinian data) merupakan informasi yang terkait dengan usia data atau kesesuaian usia data atau informasi geospasial dengan fenomena yang diamati.

Tabel 1. Elemen dan Sub Elemen Kualitas Data

Elemen	Sub Elemen
Completeness	*Commision*
	Ommision
Logical Consistency	*Conceptual consistency*
	Domain consistency
	Format consistency
	Topological Consistency
Positional accuracy	*Absolute positional accuracy*
	Relative positional accuracy
	Grid data positional accuracy
Temporal accuracy	*Accuracy of a time*
	Temporal consistency
	Temporal validity
Thematic accuracy	*Classificatiion correctness*
	Non quantitative attribute
	Quantitative attribute
Usability element	*(aggregate)*

Sumber: ISO 19157 (2013)

Berdasarkan pada enam bidang utama diatas, dikembangkan elemen kualitas data dan informasi geospasial. Setiap elemen kualitas data, terdapat beberapa sub elemen didalamnya yang memperinci informasi kualitas data. Berdasarkan pada ISO 19157 secara umum mengelompokan elemen kualitas dalam enam kategori yang berbeda, yaitu: *completeness, logical consistency, positional accuracy, thematic accuracy, temporal quality*, dan *usability element.* Masing-masing elemen memiliki sub-elemen, secara lengkap elemen dan sub-elemen dapat dilihat pada table 1.

Alat Ukur dan Metode Pengukuran

Pemilihan dan penggunaan setiap elemen dan sub elemen bergantung pada jenis data dan penggunaan

datanya. Satu jenis data dengan data lainnya memungkinkan untuk memiliki elemen atau sub elemen kualitas yang berbeda. Setiap sub elemen dapat dilakukan pengukuran untuk menakar ukuran kualitasnya atau menakar keakuran dengan standar tertentu. Alat ukur yang dapat digunakan pada satu sub elemen dapat terdiri atas beberapa alat ukur, sebagai contoh, sub *Completeness* sub elemen *Commision* (kelebihan) dapat diukur menggunakan empat alat ukur yaitu *excess item* (ada atau tidak kelebihannya), *number of excess item* (jumlah objek yang berlebih*), rate of excess items* (derajat kelebihan dari objeknya) , *number of duplicate feature instances* (jumlah objek yang duplikasi) dimana setiap alat ukur tersebut memiliki metode yang berbeda untuk menakar ukuran kualitas atau keakuran. Tabel 2 menyajikan jumlah pilihan alat ukur yang dapat digunakan untuk merepresentasikan derajat kualitas dari data.

Tabel 2. Jumlah Pilihan Alat Ukur

Sub Elemen	Jumlah Alat ukur
Commision	4
Ommision	3
Conceptual consistency	6
Domain consistency	5
Format consistency	3
Topological Consistency	7
Absolute positional accuracy	23
Relative positional accuracy	2
Grid data positional accuracy	9
Accuracy of a time measurement	6
Temporal consistency	1
Temporal validity	9
Classificatiion correctness	5
Non quantitative attribute correctness	3
Quantitative attribute correctness	6
Usability element (aggregate)	5

Sumber : ISO 19157 (2013)

Pada table 2 terlihat jumlah pilihan alat ukur dari setiap sub elemen kualitas data. Setidaknya ada sekitar 80 alat ukur yang dapat dipilih dan digunakan. Setiap alat ukur memiliki metode pengukuran tersendiri, metode pengukuran ini pada dasarnya dapat dikelompokan menjadi 3, yaitu: *counting* (terbilang), *uncertainty value* (nilai ketidakpastian) dengan metode statistik, dan indeks/koefisien/matriks. Dari sekitar 80 alat ukur tersebut, hampir 50 persen menggunakan metode pengukuran terbilang, 45 persen menggunakan nilai ketidakpastian, dan 5 persen menggunakan indeks/koefisien/matriks.

Metode pengukuran terbilang memiliki 6 dasar pengukuran. Tabel 3 memperlihatkan metode pengukuran terbilang dengan tipe datanya. Metode pengukuran dengan nilai ketikapastian menggunakan metode statistik untuk menakar ukuran kualitasnya. Dengan memperlakukan hasil pengu- kuran sebagai variable acak, maka nilai ketidakpastiannya dapat dikuantifikasi. Berbagai metode stastistik dapat digunakan untuk menghitung nilai ketidakpastiannya dengan asumsi bahwa ketidakpastian bersifat homogen untuk seluruh data/nilai hasil pengukuran, setiap nilai pengukuran tidak berkorelasi, dan nilai pengukuran terdistribusi normal.

Tabel 3. Metode Pengukuran Terbilang

Nama Metode	Definisi	Tipe Data
Error indicator	Indikator adanya kesalahan	Boolean
Correctness indicator	Indikator bahwa data benar	Boolean
Error count	Jumlah kesalahan	Integer
Correct items count	Jumlah data yang benar	Integer
Error rate	Derajat kesalahan	Real
Correct items rate	Derajat data yang benar	Real

Sumber : ISO 191157(2013)

Metode pengukuran yang menggunakan nilai koefisien, atau matriks tercatat metode yang digunakan adalah matriks variansi-kovariansi, matrik konfusi, kappa indeks/koefisien kappa. Matrik variansi-kovariansi digunakan untuk menakar kualitas geometric. Sedangkan matrik konfusi dan kappa indeks digunakan untuk menakar kualitas atribut.

Agregasi Kualitas Data

Evaluasi kualitas data atau informasi geospasial yang didasarkan pada satu elemen kualitas saja, tentunya tidak cukup dan tidak memberikan kepuasan bagi pengguna. Bagi pengguna yang memahami dan membutuhkan kedetailan dari setiap elemen kualitas data, tentunya informasi dari setiap elemen dan sub elemen menjadi penting. Dilain pihak, pengguna akan mendapatkan manfaat yang sangat besar ketika mendapatkan informasi kualitas secara umum dari berbagai elemen kualitas yang digunakan, seperti pernyataan yang menggambarkan keseluruhan hasil evaluasi terhadap data berdasarkan suatu spesifikasi tertentu.

Kualitas data yang menggambarkan keseluruhan hasil evaluasi dapat merupakan gabungan lebih dari satu elemen kualitas atau beberapa hasil evaluasi cakupan data yang berbeda. Dalam ISO 19157:2013 gabungan kualitas data disebut sebagai *aggregated data quality result* (ADQR). Nilai AQDR dapat digunakan untuk menyimpulkan kualitas data, sehingga pernyataan kualitas data dapat disampaikan dalam bentuk kualitatif.

AQDR menggabungkan ukuran kualitas pada setiap sub elemen untuk menghasilkan satu kesimpulan. Ada 3 metode untuk mendapatkan hasil AQDR. Ketiga metode tersebut adalah *100% pass/fail, weighted pass/fail,* dan *maksimum/ minimum value.*

Proses Evaluasi Kualitas

Proses evaluasi kualitas data atau informasi geospasial dapat dilakukan dengan proses *quality control* (QC) dan *quality evaluation* (QE). Kedua proses tersebut berujung pada proses *quality assurance* (QA). Proses QC dilakukan untuk menjamin proses produksi data dan informasi geospasial memenuhi kaidah akademik dan standar kualitas. Sedangkan proses QE bertujuan untuk menakar kualitas atau menakar keakuran data dan informasi geospasial terhadap spesifikasi atau standar, sehingga dapat menyimpulkan derajat kualitasnya. Proses QE dapat dilakukan pada saat produksi ataupun terhadap produk data dan informasi geospasial.

Dalam melaksanakan evaluasi kualitas, umumnya dilakukan tahapan sebagai berikut: menentukan kriteria, evaluasi, dan pelaporan. Proses menentukan kriteria meliputi: menentukan unit kualitas data (elemen dan sub elemen), menentukan alat ukur untuk setiap sub elemen, menentukan metode pengukuran, menentukan tahapan evaluasi (membuat prosedur evaluasi, menyiapkan data referensi dan rencana sampling, memilih metode agregasi hasil). Proses evaluasi meliputi: melaksanakan pengukuran kualitas, menakar derajat kualitas atau keakuran setiap sub elemen terpilih, menyimpulkan kualitas produk, dan menyimpulkan kelayakan penggunaannya. Sedangkan proses pelaporan adalah menyusun laporan kualitas data dan informasi geospasial, baik itu berupa laporan lengkap ataupun metadata.

ISO 19157:2013 menginformasikan proses menentukan kiteria (*specify process*) dan evaluasi, sedangkan untuk pelaporan laporan lengkap dari sebuah hasil evaluasi kualitas tidak diatur dalam ISO 19157. Namun untuk penyusunan laporan lengkap disarankan untuk menyusun laporan yang bersifat singkat, mudah dipahami, terstruktur dan mudah dilacak. Pelaporan berupa metadata diatur dalam ISO 19115.

Secara garis besar apa yang diatur dalam ISO 19157 adalah kualitas internal (*internal quality*). Kualitas internal berkaitan dengan derajat keakuran antara standar kualitas data yang harus dihasilkan dengan kualitas aktualnya. Hal yang tidak diatur dalam ISO 19157 adalah kesimpulan kualitas produk dan kelayakan penggunaannya atau yang disebut dengan kualitas external (*external quality*). Kualitas eksternal berkaitan dengan tingkat keakuran data yang diproduksi dengan kebutuhan pengguna.

Kelayakan Pengunaan

Data dan informasi geospasial dari berbagai sumber sepertinya sangat mudah untuk dikombinasikan. Proses analisis spasial terhadap data tersebut untuk analisis dan pengambilan keputusan mudah dilakukan dengan bantuan perangkat lunak sistem informasi geografis. Namun demikian, kita mempertanyakan bagaimana kualitas kebijakan yang dihasilkan dari data yang kualitasnya tidak difahami atau diketahui. Hal ini merupakan permasalahan dari kelayakan penggunaan (*fitness for use*) atau kualitas eksternal.

Evaluasi kualitas eksternal merupakan proses membandingkan antara karakteristik data dan ekspektasi pengguna, proses ini seringkali menggunakan cara intuitif (Grum dan Vasseur, 2004). Hal ini merupakan proses yang dinamis, samar (*fuzzy*), dan kompleks. Evaluasi kualitas eksternal sulit dilakukan dengan mengukur tingkat keakuran. Pendekatan industry dalam hal definisi kualitas dapat diadaptasikan, definisi kualitas yang dimaksud adalah memuaskan konsumen dengan perbaikan yang terus menerus (*continues improvement* atau *kaizen*) (Juran et al., 1974 dalam Devillers dan Jeansoulin, 2006). Oleh karenanya kualitas terbaik akan tercapai bila perbedaan antara kualitas data dan kebutuhan pengguna adalah minimal.

Evaluasi kualitas eksternal oleh pengguna dengan membandingkan kebutuhannya dengan informasi kualitas data merupakan cara terbaik untuk meminimalkan resiko pengunaan data. Informasi yang dimaksud adalah informasi terkait dengan kualitas data dan kelayakan penggunaan. Dengan informasi tersebut pengguna dapat mengukur keakuran antara kualitas data dan kebutuhannya. Informasi kelayakan pengunaan data dapat disampaikan dalam elemen limitasi pada metadata, sehingga penggunaan data yang tidak sesuai dengan fungsinya dapat dihindari. Untuk mempermudah penyampaian informasi kelayakan penggunaan, maka disusun sistem klasifikasi kelayakan penggunaan data geospasial.

Pendekatan Pengklasifikasian

Untuk melakukan evaluasi eksternal, seseorang harus dapat menangkap pengetahuan pengguna (*ontology of the problem*) dan pengetahuan data (*ontology of the product*). Kemudian kedua pengetahuan tersebut harus dapat diintegrasikan dan ditempatkan pada sebuah kerangka pemikiran bersama (*an ontology of a common application*) yang disebut *geosemantical space* (Brodeur et al., 2003). Pendekatan yang digunakan untuk menyusun klasifikasi penggunaan peta adalah dengan membandingkan pemanfaatan peta sebagai referensi berbagai kegiatan (pengetahuan pengguna) dengan fungsi peta (pengetahuan produk).

Peta digunakan sebagai referensi, navigasi (mengontol dan merencanakan rute), komunikasi (ajakan atau propaganda), perencanaan, batas (penguasaan, kepemilikan, mengukur), melihat hubungan spsial, peramalan dan peringatan dini, menyusun peta, dekorasi (koleksi atau investasi), menyimpan informasi (Carter,2016). Sedangkan dalam menggunakannya ada tiga cara, yaitu:

membaca peta, menganalisis peta dan melakukan interpretasi. Olson (1976) membagi cara pengguna membaca peta menjadi 3 level, yaitu: membandingkan unsur yang ada pada peta, mengenali pola, membuat keputusan.

Papay (1973) mengelompokan fungsi peta menjadi 2, yaitu *invariant function* dan *variant function*. *Invariant function* adalah pembawa informasi dan deskriptif. Sedangkan *variant function* adalah berfungsi sebagai alat komunikasi, memperoleh informasi, dan pengarah perilaku (iklan, pengambilan keputusan). Freitag (1993) mengelompokan *variant function* ini menjadi *the cognitive function, the communication function, the decision support function,* dan *the social function.*

Pengelompokan penggunaan peta dikelompokan menjadi 5 kelompok penggunaan, yaitu: legal, referensi, teknis/navigasi, penggambaran pola dari sebuah fenomena, dan dekoratif. Kelima kelompok tersebut dapat dilihat pada table 4.

Tabel 4. Kelompok Penggunaan

Kelompok penggunaan	Digunakan untuk
1. Legal	Batas Kewenangan, Kepemilikan
2. Teknis	Perencanaan, Menyimpan Informasi, Pengukuran, Kompilasi Peta
3. Referensi	Referensi (*General Reference*), Navigasi, Perencanaan Rute dan Kontrol,
4. Pola Fenomena	Peramalan dan Peringatan Dini, Memahami hubungan spasial
5. Dekoratif	Dekorasi, koleksi, investasi, komunikasi, ajakan, iklan, dan propaganda

Sumber: hasil analisis

Hubungan pengelompokan pengunaan peta dengan elemen kualitas data dapat dilihat pada table 5. Setidaknya dalam penggunaan peta, penguna mendapatkan informasi tentang kualitas dari setiap elemen kualitas sesuai dengan tujuan dan fungsi data dan informasi geospasial tersebut diproduksi. Sebagai contoh, untuk data atau informasi geospasial yang digunakan sebagai dokumen hukum, seharusnya menyampaikan informasi kualitas tentang akurasi posisi, *temporal validity*-nya. Selain itu, sebaiknya juga menyampaikan informasi tentang kelengkapan, *topological consistency*, dan *thematic accuracy*.

Penyusunan klasifikasi

Penyusunan kelas kelayakan penggunaan peta dilakukan berdasarkan analisis terhadap informasi kelompok penggunaan peta dan elemen kualitas yang dibutuhkan oleh pengguna, sebagai bagian untuk mengetahui karakteristik dari data. Setelah kelas kelayakan penggunaan peta tersusun, maka selanjutnya disusunkan statemen untuk setiap kelas sehingga tergambarkan penggunaannya. Statment dari kelas kelayakan penggunaan peta tersebut dibuat dengan menginformasikan mengani batasan penggunaan dan sifat pemanfaatannya.

Statemen kelayakan peta ini, dapat disampaikan dalam metadata pada elemen *Constrain Information* pada sub elemen *useLimitation* atau pembatasan penggunaan. Dengan mendapatkan informasi ini, maka pengguna dapat membuat keputusan untuk menggunakan atau tidak menggunakan peta tersebut sesuai dengan kebutuhannya.

Tabel 5. Penggunaan Peta dan Elemen Kualitas

Elemen Kualitas	Penggunaan Peta	Legal	Teknis	Rujukan	Pola Fenomena	Dekoratif
Positional Accuracy	*Absolute/External Positional Accuracy*	O	O	O	O	
	Vertical positional uncertainties	•	O	O	•	
	Horizontal positional uncertainties	•	O	O	•	
	Relative or Internal Accuracy	•	O	O	•	O
	Gridded Data Position Accuracy		O	O	O	O
Completeness	*Commission*	•	O	O	O	
	Omission	•	O	O	O	
Logical Consistency	*Conceptual Consistency*		•	•	•	
	Domain Consistency		•	•	•	
	Format Concistency		•	•	•	
	Topological Consistency	O	O	O	O	
Thematic Accuracy	*Thematic Classification Correctness*		•	O	O	
	Non Quantitative Attribute Correctness	O	•	O	O	
	Quantitative Attribute Accuracy	O	•	O	O	
Temporal Quality	*Accuracy Of A Time Measurement*		•	O		
	Temporal Consistency		•	O		
	Temporal Validity	O	•	O	O	
Usability	*Aggregation Measures*	O	O	O	O	O

• *sebaiknya diketahui*
O *diketahui*

Sumber: hasil analisis

Klasifikasi Kelayakan Penggunaan

Pada table 6 disampaikan kelas kelayakan penggunaan peta yang terdiri atas 5 kelas dengan penyebutan pemeringkatan secara alfabetis. Kelas A merupakan kelas dengan kualitas terbaik pada skalanya, sedangkan kualitas menurun seiring dengan urutan alfabetnya. Setiap kelas peta, disampaikan informasi yang terkait dengan kelayakan geometris, kelayakan aspek hukumnya, dan kelayakan dalam proses pengambilan keputusan.

Kelayakan geometris bergantung pada ketelitian geometrik dan pertimbangan aplikasi peta tersebut pada sebuah kegiatan. Sedangkan kelayakan aspek hukum bersandar pada sifat peta sebagai bagian dari dokumen hukum, apakah peta itu menunjukan objek yang berkekuatan hukum atau hanya menunjukan objek yang dipertimbangkan dalam dokumen hukum. Sedangkan kelayakan dalam proses pengambilan keputusan akan bergantung pada informasi yang dimanfaatkan dalam pengambilan keputusan.

Tabel 6. Kelas Kelayakan Penggunaan Peta

Kelas Peta	Statement Kelayakan Pengunaan Peta	Contoh Kegunaan Peta
A	Peta ini dapat digunakan sebagai referensi utama dalam dokumen yang memiliki kekuatan hukum yang bersifat jurisdiksi atau kepemilikan.	Legal, Peta Referensi
B	Peta ini dapat digunakan sebagai referensi utama dalam dokumen teknis yang berkesesuaian dengan ketelitian geometriknya, dapat digunakan dalam dokumen yang memiliki kekuatan hukum yang bersifat konsideran, dapat digunakan dalam pengambilan keputusan.	Peta Referensi, Teknis, Navigasi
C	Peta ini tidak dapat digunakan dalam dokumen yang berkekuatan hukum atau yang berdampak hukum, dapat digunakan sebagai konsideran dalam kajian teknis yang tidak membutuhkan ketelitian posisi yang digunakan dalam pengambilan keputusan.	Teknis, Pola Spasial Fenomena
D	Peta ini tidak dapat digunakan dalam dokumen berkekuatan hukum atau yang berdampak hukum, tidak dapat digunakan dalam kajian teknis untuk pengambilan keputusan.	Pola Spasial Fenomena
E	Peta ini hanya bersifat dekoratif atau penerangan.	Dekoratif

Sumber: hasil analisis

Kesimpulan

Penyelenggaraan kebijakan satu peta dimaksudkan untuk mendapatkan data yang berkualitas dan dapat dipertanggung jawabkan dalam proses pengambilan keputusan. Penyampaian informasi kualitas menjadi sangat penting untuk menimbang informasi yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Informasi kualitas sebaiknya disampaikan dalam statement sederhana, sehingga dapat difahami oleh semua pengguna. Telah dibentuk kelas kelayakan penggunaan peta yang tersusun secara alfabetis sebanyak 5 kelas dengan statemen kelayakan penggunaan peta yang mempertimbangkan aspek geometris, aspek hukum, dan aspek pengambilan keputusan.

Daftar Pustaka

Board, C., 1967, *Maps as Models* in Chorley, R. J., and P. Haggett (eds), Models in Geography. London: Metheun, 671-725.

Brodeur J., Bédard Y., Edwards G. and Moulin B., 2003, *Revisiting the Concept of Geospatial Data Interoperability within the Scope of Human Communication Process*, Transactions in GIS, vol 7, number 2, p 243–65.

Carter R, James., 2016, *Map Use – The Many Dimensions*. http://my.ilstu.edu/~jrcarter/mapuse/. (akses tgl. 3 Oktober 2016)

Devillers, Rodolphe dan Jeansoulin, Robert (ed.)., 2006. *Fundamentals of spatial data quality*. ISTE Ltd , Great Britain and the United States.

Federal Geographic Data Committee (FGDC), 1998, *Content Standard for Digital Geospatial Metadata*, FGDC-STD-001-1998, Springfield, Virginia, National Technical Information Service, Computer Products Office.

Freitag, Ulrich, 1993, *Chapter 1, Map Functions*, in The Selected Main Theoretical Issues Facing Cartography. Report of the ICA-Working Group to Define the Main Theoretical Issues on Cartography for the 16th ICA Conference--Cologne 1993

Grum E., dan Vasseur B., 2004, *How to Select the Best Dataset for a Task*, Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Quality, 15–17 April 2004, vol 28b GeoInfo Series, Bruck an der Leitha, Austria, p 197–206.

Guptill S.C. dan Morrison J.L. (eds), 1995, Elements of Spatial Data Quality, Oxford, Elsevier.

ISO 19115:2012 Geographic Information – Metadata – Part 1: Fundamental

ISO 19157:2013 Geographic Information – Data Quality

Juran J.M., Gryna F.M.J. and Bingham R.S., 1974, *Quality Control Handbook*, New York, McGraw-Hill.

Olson, Judy M., 1976, *A Coordinated Approach to Map Communication Improvement*, *The American Cartographer*, 3(2), pp. 151-159.

Papay, G., 1973, *Funktionen der Kartograhischen Darstellungsformen*, Petermanns Geographische Mitteilungen 117/3: 234-239 in Carter

Riqqi, Akhmad.,2015, *Strategi Percepatan One Map Policy (OMP)*. FGD pada Draft Raperpres Percepatan Kebijakan Satu Peta, Presentasi, Bandung, 28 November 2015.

Rancang Bangun Geodatabase Kebencanaan Dalam Mendukung Percepatan *One Map Policy*

Dewi Kania Sari, Soni Darmawan, Sumarno, Indrianawati

Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Jl. PKH. Mustapha No.23, Bandung 40124
(dewiks@itenas.ac.id)

ABSTRACT

The government has responsibility in disaster management, whether government at the city / county, provincial and national levels. One effort that can be used to assist the government in decision-making processes related to disaster management is build an accurate and up-to-date disaster information system. In order to realize the disaster information system, integrated disaster data management in a geodatabase is needed. The designing of disaster geodatabase is initiated by compiling disaster data masterplan. Disaster data masterplan is a reference document / guidelines, standardization, and planning in order to realize the data for disaster management. The approximation method used in disaster geodatabase design is Enterprise Architecture Planning (EAP). Stages in the EAP include defining the legislation and research reports related to disaster management, identifying the disaster data, defining the disaster data blueprint / architecture, also planning and implementing the disaster database design. The disaster data blueprint is the result of disaster geodatabase standardization (disaster database design) that defines the entire disaster data required by disaster stakeholders, especially in Regency Government of Bandung scope. Disaster data needed in disaster management in Bandung Regency totaled 97 disaster data.

Keywords: *geodatabase, disaster geodatabase, disaster data masterplan, one map policy*

Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan yang memiliki wilayah yang luas dan secara geografis terletak di daerah khatulistiwa pada posisi silang antara dua benua (Asia dan Australia) dan dua samudera (Samudera Pasifik dan Hindia) dengan kondisi alam yang memiliki berbagai keunggulan. Namun di pihak lain, posisinya berada dalam wilayah yang memiliki kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis yang rawan terhadap terjadinya bencana dengan frekuensi yang cukup tinggi, sehingga memerlukan penanganan yang sistematis, terpadu, dan terkoordinasi. Berkaitan dengan hal ini, pihak Pemerintah Indonesia, baik pusat maupun daerah mempunyai tanggung jawab dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana.

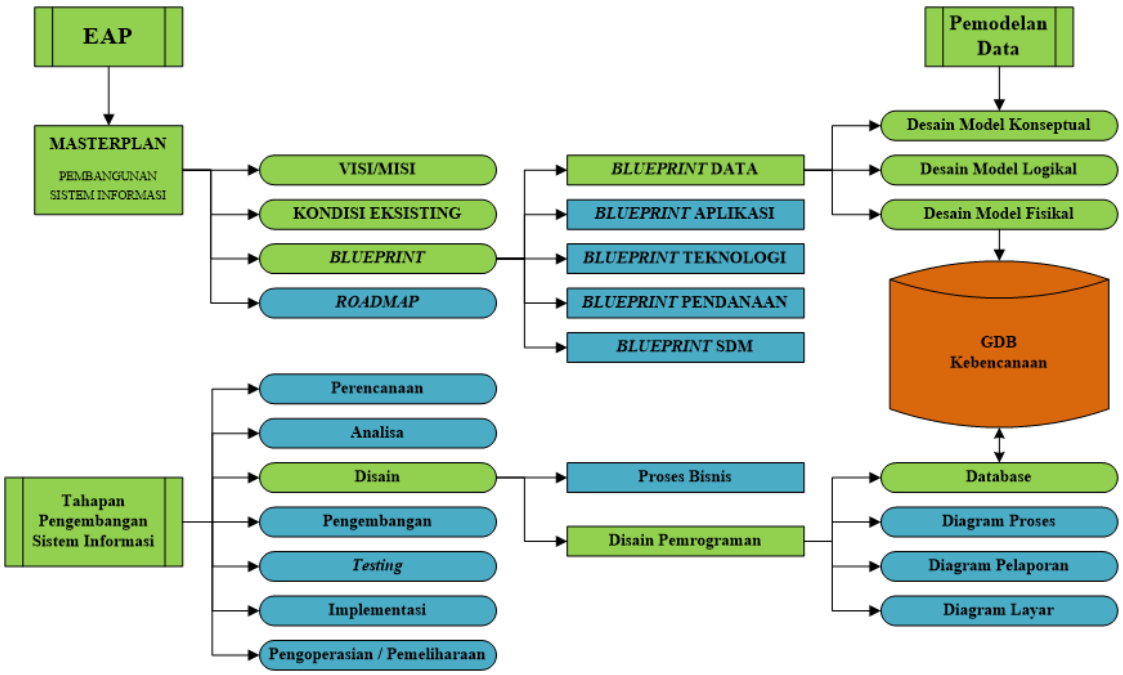
Lembaga pemerintah di Indonesia yang bertanggung jawab terhadap penyelenggaraan penanggulangan bencana adalah Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). BNPB merupakan lembaga pemerintah non-departemen yang berada di bawah dan bertanggung jawab langsung kepada presiden. Salah satu tugas BNPB adalah memberikan pedoman dan pengarahan terhadap usaha penanggulangan bencana yang mencakup pencegahan bencana, penanganan tanggap darurat, rehabilitasi, dan rekonstruksi secara adil dan setara. Dalam melaksanakan setiap tugas dan fungsi penanggulangan bencana, di tingkat pusat tugas dan fungsi tersebut ditangani oleh BNPB, sedangkan tugas dan fungsi penanggulangan bencana di tingkat daerah, BNPB dibantu oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). Untuk mendukung penyelenggaraan penanggulangan bencana tersebut, saat ini teknologi informasi dan komunikasi mempunyai peranan yang sangat penting di dalamnya. Salah satu upaya penanggulangan bencana yang dapat diambil adalah melalui penerapan sistem informasi kebencanaan yang akurat dan terkini (*up to date*). Agar dapat mewujudkan sistem informasi kebencanaan tersebut, diperlukan adanya pengelolaan data kebencanaan yang terintegrasi dalam sebuah *geodatabase* kebencanaan.

Geodatabase kebencanaan merupakan sistem manajemen basis data yang terdiri dari data spasial dan data atribut kebencanaan. Data spasial dan data

atribut kebencanaan merupakan data yang terkait dengan kebencanaan, yang bersumber dari berbagai instansi/*stakeholder* kebencanaan. Berkaitan dengan keberadaaan dan ketersediaan data kebencanaan, berikut beberapa kelemahan dari *stakeholder* kebencanaan yang berada di Indonesia antara lain: belum mampu menyediakan data dan informasi kebencanaan yang akurat dan terkini, jika sudah tersedia, data dan informasi yang telah dihasilkan tersebut belum tersosialisasikan dengan baik; belum mempunyai kemampuan untuk mengelola data dan informasi kebencanaan dengan baik, data dan informasi yang telah tersedia dibuat dengan menggunakan data dasar yang berbeda-beda sehingga dapat menyulitkan dalam proses integrasi; dan belum tersedia infrastruktur jaringan yang dapat mendukung integrasi data dan informasi kebencanaan lintas *stakeholder* dan integrasi data antara Pemerintah Pusat dan Pemerintah Kabupaten/Kota (Sumarno dkk., 2015).

Saat ini, di Kabupaten Bandung telah dibuat peraturan terkait penanggulangan bencana, yaitu Peraturan Daerah Kabupaten Bandung No. 2 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana dan Peraturan Bupati Bandung No. 23 Tahun 2013 tentang Pembagian Kewenangan, Tugas dan Fungsi Satuan Kerja Perangkat Daerah Dalam Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana di Kabupaten Bandung. Bahkan di tingkat nasional, telah dibuat Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 8 Tahun 2011 yang mengatur tentang Standardisasi Data Kebencanaan. Dalam peraturan-peraturan tersebut, telah dijelaskan jenis-jenis data kebencanaan yang dibutuhkan dalam kegiatan penanggulangan bencana, namun belum dijelaskan secara detail mengenai struktur data dan rancangan basisdata-nya. Sehubungan dengan hal tersebut, maka diperlukan upaya perancangan *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung.

Kegiatan rancang bangun *geodatabase* kebencanaan merupakan salah satu kegiatan yang dapat mendukung percepatan pelaksanaan kebijakan satu peta (*one map policy*). Upaya perancangan *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung diawali dengan menyusun masterplan data kebencanaan. Masterplan data kebencanaan merupakan sebuah dokumen yang akan digunakan sebagai acuan/pedoman, standardisasi, dan perencanaan dalam rangka penanggulangan bencana. Sehingga diharapkan ke depannya, dengan adanya masterplan data kebencanaan, maka pengelolaan data kebencanaan dapat terintegrasi dengan baik dalam *geodatabase* dengan satu standar. Kedudukan dari penyusunan masterplan data kebencanaan dalam rancang bangun *geodatabase* kebencanaan ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kedudukan Masterplan Data Kebencanaan Dalam Rancang Bangun *Geodatabase* Kebencanaan

Sumber : Sumarno dkk., 2015

Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam rancang bangun *geodatabase* kebencanaan adalah *Enterprise Architecture Planning (EAP).* EAP merupakan pendekatan modern untuk melakukan perencanaan terhadap kualitas data guna mencapai tujuan atau visi dan misi yang telah ditentukan. EAP juga merupakan proses mendefinisikan sejumlah *blueprint*/arsitektur (arsitektur data, arsitektur aplikasi, arsitektur teknologi, arsitektur pendanaan, dan arsitektur SDM) dalam mengelola data dan informasi untuk mendukung tugas pokok dan fungsi organisasi (Sumarno dan Indrianawati, 2010). Tahapan EAP dalam rancang bangun *geodatabase* kebencanaan meliputi studi literatur peraturan perundang-undangan dan laporan hasil penelitian terkait bencana dan penanggulangan bencana, identifikasi data kebencanaan, penyusunan *blueprint*/arsitektur data kebencanaan, serta rencana dan implementasi rancangan basisdata kebencanaan.

Hasil & Pembahasan

Rancangan model *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung disusun dengan menganalisis atau mengkaji data hasil studi literatur yang berupa peraturan perundang-undangan dan laporan hasil penelitian terkait bencana dan penanggulangan bencana, meliputi (Sumarno dkk, 2015):

49. Peraturan Bupati Bandung Nomor 23 Tahun 2013 tentang Pembagian Kewenangan, Tugas dan Fungsi Satuan Kerja Perangkat Daerah Dalam Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana di Kabupaten Bandung.
50. Peraturan Daerah Kabupaten Bandung Nomor 2 Tahun 2013 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
51. Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2010 Seri E tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
52. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 8 Tahun 2011 tentang Standardisasi Data Kebencanaan.
53. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.
54. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.
55. ADRC, CRED, GRIP, LA RED, Munich RE, dan UNDP Tahun 2008 tentang "*Better Risk Information for Sound Decision Making", Disaster Loss Data Standard, International Journal of Global Risk Identification Programme*.
56. UCL, CRED, UNDP, USAID, GRIP, dan BNPB Tahun 2010 tentang *Strengthening National Disaster Databases in Asia, Study in Indonesia.*

Hasil identifikasi data kebencanaan yang dibutuhkan untuk penanggulangan bencana di Kabupaten Bandung, yang dianalisis berdasarkan peraturan perundang-undangan dan laporan hasil penelitian terkait bencana dan penanggulangan bencana, berjumlah 301 data, dengan rincian seperti yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Identifikasi Data Kebencanaan

No.	Peraturan Perundang-Undangan & Laporan Hasil Penelitian	Jumlah Data
1.	Peraturan Bupati Bandung Nomor 23 Tahun 2013	43
2.	Peraturan Daerah Kabupaten Bandung Nomor 2 Tahun 2013	32
3.	Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2010 Seri E	56
4.	Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 8 Tahun 2011	55
5.	Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007	24
6.	Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008	36
7.	ADRC, CRED, GRIP, LA RED, Munich RE, dan UNDP Tahun 2008	31
8.	UCL, CRED, UNDP, USAID, GRIP, dan BNPB Tahun 2010	24
	Total Data	**301**

Sumber: Sumarno dkk. (2015)

Setelah identifikasi data kebencanaan, tahap selanjutnya untuk penyusunan *blueprint* data kebencanaan meliputi normalisasi data kebencanaan, pembangunan struktur data, dan perancangan basisdata kebencanaan.

26. Normalisasi Data Kebencanaan
    Dalam tahap ini, kegiatan yang dilakukan adalah mengecek atau memeriksa data kebencanaan hasil identifikasi berdasarkan peraturan perundang-undangan dan laporan hasil penelitian terkait bencana dan penanggulangan bencana, sehingga tidak ditemukan data yang *redundant* (data yang sama atau memiliki maksud yang sama). Setelah dilakukan tahap normalisasi sekaligus tahap evaluasi data, jumlah data kebencanaan yang dibutuhkan dalam penanggulangan bencana di Kabupaten Bandung adalah 97 data.
57. Pembangunan Struktur Data Kebencanaan
    Pembangunan struktur data dilakukan dengan

cara menyusun keterangan-keterangan dari data kebencanaan dalam sebuah tabel, seperti yang dapat dilihat pada Gambar 2. Struktur data kebencanaan yang dibangun terdiri dari keterangan-keterangan seperti fitur data (jenis data yang digunakan dalam proses penanggulangan bencana); definisi atau pengertian (uraian dari fitur data; dasar hukum (berisi peraturan perundang-undangan dan laporan hasil penelitian yang dikaji); kustodian atau wali data (dinas, badan, atau lembaga yang mewalikan data atau menjadi sumber data); pemanfaatan (pemanfaatan data pada tahap prabencana, tanggap darurat, dan pascabencana); unit spasial (titik, garis, atau luasan); atribut (atribut data yang akan digunakan dalam proses perancangan basis data); periodisasi (waktu *updating* atau pembaharuan data); dan keterangan (berisi informasi lainnya yang terkait dengan data tersebut).

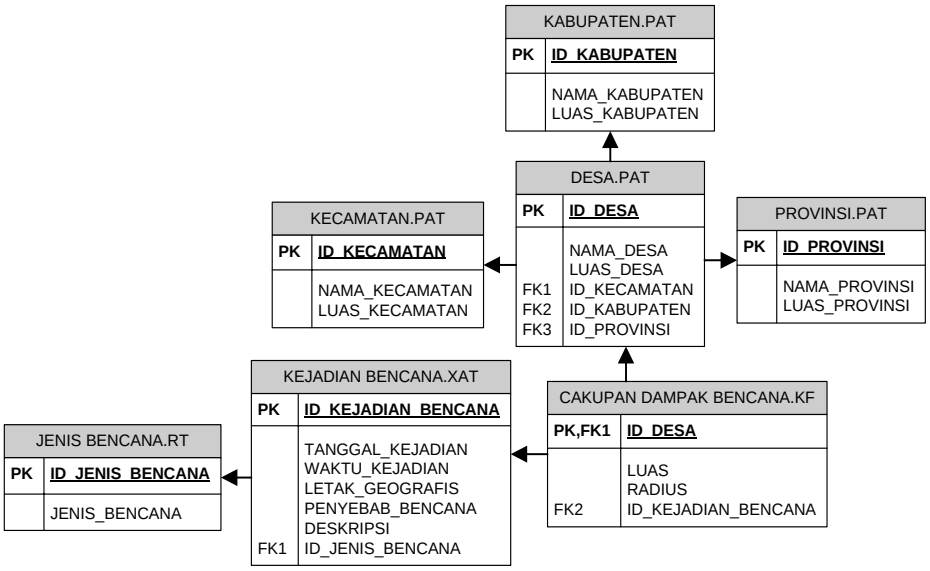
58. Perancangan Basisdata Kebencanaan

Perancangan basisdata kebencanaan yang dilakukan terdiri dari perancangan basisdata secara konseptual, logis, dan fisik. Perancangan basisdata secara konseptual merupakan tahap menentukan entitas-entitas dalam *geodatabase* kebencanaan dan menentukan *Primary Key (PK)* dan *Foreign Key (FK)* untuk masing-masing entitas. Selanjutnya perancangan basisdata secara logis yang merupakan tahap menentukan hubungan antarentitas, yaitu hubungan satu ke satu (1:1), hubungan satu ke banyak (1:M), dan hubungan banyak ke banyak (M:N). Sedangkan perancangan basisdata secara fisik merupakan tahap pendefinisian seluruh kolom untuk semua tabel dengan cara menyusun atribut-atribut (*field*) data kebencanaan ke dalam bentuk tabel yang terdiri dari keterangan nama *field*, format *field*, panjang *field*, dan deskripsi/alias *field*. Hasil rancangan basisdata ini masih diperlukan adanya evaluasi secara bertahap. Berikut contoh hasil perancangan basisdata kebencanaan untuk entitas kejadian bencana, dapat dilihat pada Gambar 3.

NO.	FITUR DATA	DEFINISI/PENGERTIAN	DASAR HUKUM							KUSTODIAN	PEMANFAATAN DATA			UNIT SPASIAL	ATRIBUT	KET.
			A	B	C	D	E	F	G H		I	J	K			
1.	Batas Desa	Batas wilayah pemerintahan yang terdiri dari wilayah desa.	-	-	✓	✓	✓	-	✓ ✓	Bappeda	✓	✓	✓	Luasan	ID_DESA; NAMA_DESA; L_DESA_HA; ID_KEC; NAMA_KEC; ID_KAB; NAMA_KAB; ID_PROV; NAMA_PROV	
2.	Batas Kecamatan	Batas wilayah pemerintahan yang terdiri dari wilayah kecamatan.	-	-	✓	✓	✓	-	✓ ✓	Bappeda	✓	✓	✓	Luasan	ID_KEC; NAMA_KEC; L_KEC_HA; ID_KAB; NAMA_KAB; ID_PROV; NAMA_PROV	
3.	Batas Kabupaten	Batas wilayah pemerintahan yang terdiri dari wilayah kabupaten/kota.	-	-	✓	✓	✓	-	✓ ✓	Bappeda	✓	✓	✓	Luasan	ID_KAB; NAMA_KAB; L_KAB_HA; ID_PROV; NAMA_PROV	
4.	Batas Provinsi	Batas wilayah pemerintahan yang terdiri dari wilayah provinsi.	-	-	✓	✓	✓	-	✓ ✓	Bappeda	✓	✓	✓	Luasan	ID_PROV; NAMA_PROV; L_PROV_HA	
5.	Jaringan Jalan	Prasarana transportasi darat yang meliputi seluruh bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas umum, yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.	✓	-	✓	✓	-	✓	✓ ✓	Dinas Bina Marga	✓	✓	✓	Garis	ID_JLN; NAMA_JLN; FUNGSI_JLN; STATUS_JLN; PJ_JLN_KM; LB_JLN_M; MUKA_JLN; KOND_JLN	

Gambar 2. Contoh Hasil Pembangunan Struktur Data Kebencanaan

Sumber: Sumarno dkk., 2015



Gambar 3. Rancangan Basisdata Untuk Entitas Kejadian Bencana

Sumber: Sumarno dkk., 2015

Selanjutnya setelah masterplan data kebencanaan (*blueprint* data kebencanaan) selesai disusun, diperlukan implementasi rancangan basisdata kebencanaan secara bertahap, dimana meliputi kegiatan:

27. Mengidentifikasi data kebencanaan yang tersedia di stakeholder kebencanaan Kabupaten Bandung. Ditinjau menurut kustodian data, terdapat 18 *stakeholder* di Pemerintahan Kabupaten Bandung yang menjadi kustodian data kebencanaan, yaitu Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD); Perusahaan Listrik Negara (PLN); Perusahaan Daerah Air Minum (PDAM); Badan Pengendalian Lingkungan Hidup (BLPH); Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah (Bappeda); Badan Ketahanan Pangan dan Pelaksanaan Penyuluhan (BKPPP); Dinas Bina Marga; Dinas Kependudukan dan Catatan Sipil; Dinas Kesehatan; Dinas Koperasi, UKM, Perindustrian, dan Perdagangan; Dinas Pemuda, Olahraga, dan Pariwisata; Dinas Pendidikan dan Kebudayaan; Dinas Perhubungan; Dinas Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan; Dinas Perumahan, Penataan Ruang, dan Kebersihan; Dinas Peternakan dan Perikanan; Dinas Sosial; serta Dinas Sumber Daya Air, Pertambangan, dan Energi. Berdasarkan hasil survei pengumpulan data, tidak seluruh data kebencanaan dapat diperoleh atau tersedia di *stakeholder* kebencanaan Pemerintah Kabupaten Bandung. Dari 97 data yang telah didefinisikan dalam *blueprint* data kebencanaan Kabupaten Bandung, data kebencanaan yang tersedia baru berjumlah 48 data.
28. Membangun kembali data kebencanaan yang telah diperoleh tersebut sesuai dengan format dan struktur data dalam masterplan data kebencanaan. Hasilnya diperoleh 38 data kebencanaan yang dapat distandarkan dan 10 data kebencanaan belum dapat distandarkan.
59. Membangun *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung berdasarkan masterplan data kebencanaan yang telah disusun, yaitu dengan melakukan integrasi data kebencanaan ke dalam rancangan *geodatabase.*
60. Mengevaluasi atau ujicoba *geodatabase* kebencanaan yang telah dibangun.

Kesimpulan

Penggunaan metode EAP dalam rancang bangun *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung ini dapat diterapkan juga untuk rancang bangun *geodatabase* kebencanaan di daerah lain, namun harus memperhatikan peraturan perundang-undangan yang berlaku di setiap daerah. Peraturan perundang-undangan yang berlaku di setiap daerah di Indonesia berbeda-beda, sehingga dapat menghasilkan jenis data kebencanaan yang berbeda. Berdasarkan hasil penyusunan masterplan data kebencanaan Kabupaten Bandung, yang merupakan upaya awal dari rancang bangun *geodatabase* kebencanaan, dapat diketahui bahwa jenis data kebencanaan yang dibutuhkan dalam penanggulangan bencana Kabupaten Bandung berjumlah 97 data kebencanaan. Dari hasil kegiatan rancang bangun *geodatabase* kebencanaan Kabupaten Bandung yang telah dilakukan, terdapat 49 data kebencanaan belum dapat diperoleh atau belum tersedia di *stakeholder* kebencanaan dan 48 data kebencanaan telah tersedia di *stakeholder* kebencanaan, namun 10 data diantaranya belum dapat distandarkan dan 38 data telah dapat distandarkan sesuai dengan masterplan data kebencanaan.

Ucapan Terimakasih

Makalah ini merupakan bagian dari kegiatan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) mengenai Rancang Bangun *Geodatabase* dan Sistem Informasi Kebencanaan yang didanai oleh Kemenristekdikti RI.

Daftar Pustaka

ADRC, CRED, GRIP, LA RED, Munich RE & UNDP. (2008). "Better Risk Information for Sound Desicion Making", Disaster Loss Data Standard. International Journal of Global Risk Identification Programme. Geneva-Switzerland: GRIP, BCPR dan UNDP. Diakses pada tanggal 14 September 2014, dari http://www.gripweb.org/gripweb/sites/default/files/methodologies_tools/Disaster%20database%20standards_black.pdf.

Peraturan Bupati Kabupaten Bandung No. 23 Tahun 2013 Tentang Pembagian Kewenangan, Tugas, dan Fungsi Satuan Kerja Perangkat Daerah dalam Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana di Kabupaten

Bandung.

Peraturan Daerah Kabupaten Bandung No. 2 Tahun 2013 Tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana di Kabupaten Bandung.

Peraturan Daerah Provinsi Jawa Barat Nomor 2 Tahun 2010 Seri E tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.

Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 8 Tahun 2011 tentang Standardisasi Data Kebencanaan.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana.

Sumarno dan Indrianawati. 2010. Pengembangan Masterplan Data Pembangunan Jawa Barat. Laporan Penelitian. LP2M, Institut Teknologi Nasional. Bandung.

Sumarno, dkk. 2015. Penyusunan Masterplan Data Kebencanaan Dalam Rangka Pengembangan Geodatabase Kebencanaan. Laporan Akhir Penelitian Unggulan Strategis. Institut Teknologi Nasional. Bandung.

UCL, CRED, UNDP, USAID, GRIP dan BNPB. 2010. Strengthening National Disaster Databases in Asia, Study in Indonesia. Diakses dari http://bpbd.acehselatankab.go.id/filemanager/index.php?action=downloadfile&filename=Strengthening%20National.pdf&directory=Pustaka&PHPSESSID=144f6cf4d80de9ec3a5d2bf95bc14265 pada tanggal 14 September 2014.

Undang-Undang Republik Indonesia No. 24 Tahun 2007 Tentang Penanggulangan Bencana.

Integrasi Informasi Geospasial Rencana Tata Ruang Wilayah dalam Rangka Mendukung *One Map Policy*

Puspa Kusumawardani

PT Webgis Indonesia (puspa@webgis.co.id)

ABSTRACT

One Map Policy that is a mandate of Law number 4 year of 2011 about Geospatial Information is expected to ease regional planning and accelerate regional planning conflict solving. Geospatial information of regional plan integrating is a process to join the spatial data of regional planning in Indonesia to be unity. The goals of this research are (1) Providing corrected geospatial information of regional planning; (2) Providing geospatial information of regional planning that has same classification; (3) Providing geospatial information of regional planning that integrated to support one map policy. Basic of this spatial planning map is surface map of Indonesia scaled 1:250.000. The method consist of geometric correction that included projection, coordinate system, dan datum equation. Topology correction is done for overshoot and undershoot omitting. Regional planning data that has geometric and topology corrected is classified appropriate with Permen PU Number 15/PRT/M/2009. Regional planning map that has integrated will be provided in scale 1:250.000 and symbolized appropriate with PP Number 8 of year 2013 about regional planning map accuracy, lay-outed appropriate with SNI from Badan Informasi Geospasial. Besides provided in map, geospatial information of regional planning that has integrated will also be kept in geodatabase.

Keywords Integration, Geospatial Information, Regional Planning, One Map Policy

Pendahuluan

One Map Policy atau kebijakan satu peta merupakan suatu kebijakan yang dihasilkan dari Undang-undang nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Berdasarkan undang-undang tersebut, dapat diketahui bahwa informasi geospasial terdiri dari jarring control geodesi dan peta dasar. Adapun peta dasar yang dimaksud dapat berupa Peta Rupabumi Indonesia, Peta Lingkungan Pantai Indonesia, dan Peta Lingkungan Laut Nasional.

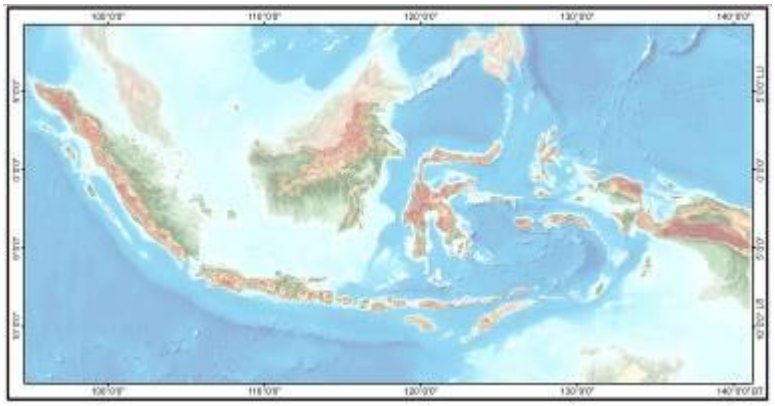
Penataan tata ruang adalah suatau proses untuk menentukan struktur ruang dan pola ruang yang meliputi penyusunan dan penetapan rencana tata ruang. Adapun yang dimaksud ruang pada penelitian ini meliputi wilayah provinsi di Indonesia. Hasil dari penataan ruang provinsi adalah rencana tata raung provinsi yang selain dituangkan dalam perda juga ditungkan secara spasial di peta rencana tata ruang (peta pola ruang, peta struktur ruang, dan peta kawasan strategis). Berdasarkan jenisnya, peta rwncana tata ruang ini merupakan peta tematik yang harus memiliki peta dasar. Dengan adanya undang-undang tentang geospasial, maka diharapkan peta dasar yang digunakan dalam pembuatan peta rencana tata ruang ini adalah sesuai dengan peta dasar menurut UU informasi geospasial. Adapun peta dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah Peta Rupabumi Indonesia.

Informasi yang diambil dari Peta Rupabumi Indonesia adalah batas administrasi provinsi. Hal ini didasari dari jenis peta rencana tata ruang yang akan dihasilkan, yaitu peta rencana tata ruang provinsi.

Data rencana tata ruang yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah masing-masing sehingga terdapat perbedaan dari aspek geometri, klasifikasi, dan penamaan sehingga perlu disamakan terlebih dahulu. Aspek geometri yang disamakan pada penelitian ini adalah proyeksi, system koordinat, dan datum. Sementara itu, klasifikasi yang digunakan juga mengacu pada Permen PU Nomor 15/PRT/M/2009. Penamaan RTRW yang tidak sama akan diberi remomendasi penamaan yang sesuai dengan Permen PU.

Tujuan dari penelitian ini adalah (1) tersedianya informasi geospasial rencana tata ruang wilayah (RTRW) yang telah terkoreksi; (2) tersedianya informasi geospasial RTRW yang memiliki keseragaman klasifikasi; serta (3) tersedianya informasi geospasial RTRW yang telah terintegrasi dalam rangka mendukung kebijakan satu peta.

Wilayah yang dikaji pada penelitian ini adalah wilayah Indonesia, dengan satuan unit pemetaan terkecil pada tingkat provinsi.



Gambar 1 Wilayah Penelitian

Gambar di atas menunjukkan wilayah penelitian, yaitu Indonesia yang terdiri dari 34 provinsi.

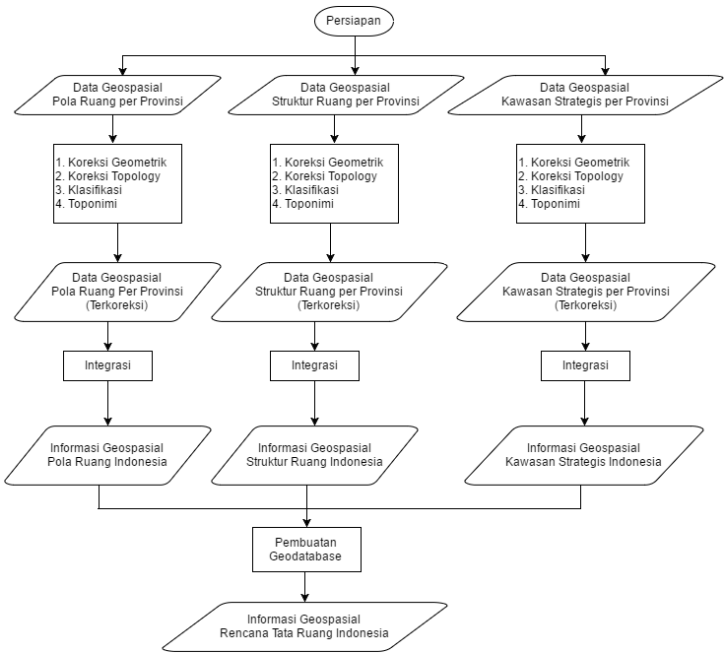
Metodologi

Alat:

1. Seperangkat computer
2. *Software* ArcGIS 10.1

Bahan:

1. Peta Rupabumi Indonesia skala 1:250.000
2. Pemen PU Nomor 15/PRT/M/2009
3. Dokumen perda dan album peta rencana tata ruang setiap provinsi
4. Data spasial RTRW provinsi di Indonesia



Gambar 2 Diagram Alir Penelitian

Gambar di atas menunjukkan diagram alir metode penelitian ini. Berdasarkan diagram alir di atas, dapat diketahui bahwa data spasial RTRW provinsi harus di koreksi geometric, topologi, klasifikasi, dan toponimi terlebih dahulu sebelum diintegrasikan. Secara garis besar, tahapan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Koreksi

   Koreksi data spasial RTRW yang dilakukan meliputi aspek geometri, topologi, klasifikasi, dan toponimi. Koreksi aspek geometri meliputi penyamaan proyeksi, system koordinat, dan datum. Koreksi topology meliputi penghilangan *overshoot* dan *undershoot* yang terjadi di dalam data spasial RTRW Provinsi. Koreksi klasifikasi meliputi kegiatan identifikasi klasifikasi RTRW yang sesuai dan tidak sesuai dengan Permen PU

   Nomor 15/PRT/M/2009. Koreksi toponimi merupakan kegiatan rekomendasi pemberian nama RTRW yang sesuai dengan Permen PU. Adapun tahap koreksi ini tidak akan merubah data

spasial, namun hanya mengidentifikasi ketidaksesuaian yang terjadi di dalam data spasial RTRW provinsi.

2. Integrasi

   Tahap integrasi merupakan kegiatan menggabungan data spasial RTRW provinsi di Indonesia yang telah dikoreksi menjadi satu kesatuan.

3. Pembuatan Geodatabase

   Geodatabase digunakan untuk menyimpan informasi geospasial RTRW provinsi. Adapun keberadaan geodatabase ini merupakan hasil dari tahap integrasi. Selain disimpan dalam format geodatabase, data RTRW provinsi juga direpresentasikan dalam peta. Adapun simbolisasi yang digunakan mengacu pada PP Nomor 8 tahun 2011 dan desain layout mengacu pada SNI dari Badan Informasi Geospasial.

Hasil dan Pembahasan

1. Pola Ruang

Data pola ruang yang diterima pada penelitian ini sebagian besar sudah memiliki proyeksi transverse Mercator, system koordinat geografis, dan datum WGS 1984. Namun, masih juga terdapat data pola ruang masih memiliki system koordinat UTM sehingga perlu disamakan terlebih dahulu. Adapun provinsi yang masih memiliki system koordinat UTM adalah Provinsi Sumatera Utara, Kep. Bangka Belitung, Jawa Barat, DI Yogyakarta, Kalimantan Timur, dan Sulawesi Selatan.

Setelah dikoreksi geometri, koreksi jyang selanjutnya adalah koreksi topology yang dilakukan pada polygon-polygon pola ruang yang berada di dalam batas administrasi atau di perbatasan antarprovinsi. Berdasarkan hasil koreksi topology yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa undershoot paling banyak terjadi di Provinsi Jawa Timur, yaitu sebanyak 3166 titik, sedangkan overshoot terbanyak terjadi di Provinsi DKI Jakarta, yaitu 2136 polygon. Selain overshoot dan undershoot di dalam batas administrasi, dapat diketahui juga overshoot dan undershoot di perbatasan provinsi. Adapun undershoot dan overshoot paling banyak terjadi di perbatasan DI Yogyakarta-Jawa Tengah sebanyak 1550 titik undershoot dan 2007 polygon overshoot. Sementara itu, pada Provinsi Papua dan Papua Barat tidak terjadi undershoot dan overshoot baik di dalam batas administrasi ataupun perbatasan. Overshoot dan undershoot yang tidak terjadi di perbatasan Provinsi Papua dan Papua Barat menunjukkan bahwa kedua provinsi tersebut sudah memiliki batas administrasi yang sama.

Koreksi yang selanjutnya dilakukan setelah koreksi topologi adalah klasifikasi. Klasifikasi pola ruang yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Permen PU Nomor 15/PRT/M/2009. Adapun contoh struktur attribute klasifikasi pola ruang adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Klasifikasi Pola Ruang

Pola_1	Pola_3	Pola_2
Kawasan Budidaya	Hutan Produksi	Kawasan Peruntukan Hutan Produksi
Kawasan Budidaya	Hutan Produksi Konversi	Kawasan Peruntukan Hutan Produksi
Kawasan Lindung	Hutan Lindung	Kawasan Hutan Lindung
Tubuh Air	Tubuh Air	Tubuh Air

Tabel di atas menunjukkan struktur atribut klasifikasi pola ruang di Provinsi Bali Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa pola ruang di provinsi tersebut dikelaskan menjadi 3 kelas.

Selain klasifikasi, dilakukan juga koreksi toponimi. Penamaan pola ruang yang tidak sesau dengan Permen PU selanjutnya diberi rekomendasi terkait penamaan yang seharusnya berdasarkan Permen PU. Adapun struktur attribute untuk koreksi toponimi adalah sebai berikut:

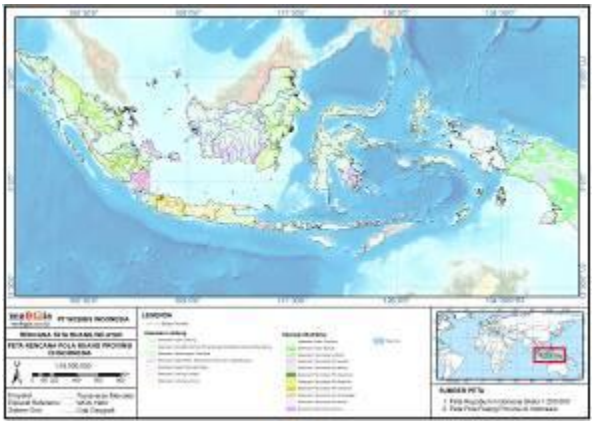
Tabel 2. Atribut Koreksi Toponimi Pola Ruang

Pola_1	Pola_2	Pola_3	Keterangan	Rekomendasi
Kawasan Budidaya	Kawasan Peruntukan Hutan Produksi	Hutan Produksi	Penamaan Pola Ruang sudah sesuai dengan Permen PU No. 15/PRT/M/2009	Kawasan Peruntukan Hutan Produksi
Tubuh Air	Tubuh Air	Tubuh Air	Penamaan Pola Ruang sudah sesuai dengan Permen PU No. 15/PRT/M/2009	Tubuh Air
Kawasan Budidaya	Kawasan Budi Daya Lainnya	Kawasan Budidaya	Penamaan Pola Ruang Kawasan Budidaya Belum Sesuai dengan Permen PU No. 15/PRT/M/2009	Kawasan Budi Daya Lainnya

Tabel di atas menunjukkan proses koreksi toponimi. Berdasarkan tabel di atas, dapat diketahui bahwa

prnamaan pola ruang yang tidak sesuai direkomendasikan menjadi penamaan pola ruang hirarki ke-2 pada Permen PU. Pemilihan hirarki pola ruang ke-2 tersebut terjadi karena pola ruang hirarki pertama terlalu bersifat umum, sedangkan rekomendasi penemaan pola ruang ke-3 memerlukan kajian tersendiri.

Pola ruang yang sudah terkoreksi selanjutnya diintegrasikan dan divisualkan dalam peta pola ruang Indonesia seperti di bawah ini:



Gambar 2. Peta Pola Ruang

Peta di atas diklasifikasikan menggunakan klasifikasi pola ruang hirarki ke-2. Hirarki ke-3 tidak digunakan untuk visualisasi karena masih terdapat banyak perbedaan klasifikasi dan penamaan degan Permen PU sehingga tidak dapat disimbolkan berdasarkan PP Nomor 8 Tahun 2011.

2. Struktur Ruang

Data struktur ruang yang diterima pada penelitian ini sebagian memiliki proyeksi transverse Mercator, sebagian Universe Transverse Mercatour (UTM), dan sebgain lagi belum memiliki proyeksi atau tidak terdefinisi *(undefined)*. Adapun data struktur ruang yang belum memiliki proyeksi adalah Provinsi Riau, Bengkulu, Lampung, Banten, DKI Jakrta, DI Yogyakarta, Kalimantan Selatan, dan Maluku. Provinsi-provinsi yang belum memiliki proyeksi tersebut harus diproyeksikan terlebih dahulu agar memiliki system korrdinat dan datum.

Setelah dikoreksi geometri, koreksi jyang selanjutnya adalah koreksi topology yang dilakukan pada polyline struktur ruang yang berada di dalam batas administrasi atau di perbatasan antarprovinsi. Berdasarkan hasil koreksi topology yang sudah dilakukan, dapat diketahui bahwa undershoot paling banyak terjadi pada system jaringan energy/kelistrikan Provinsi Sumatera Utara, yaitu sebanyak 110 undershoot dan 9 titik overshoot.

Koreksi yang selanjutnya dilakukan setelah koreksi topologi adalah klasifikasi. Klasifikasi pola ruang yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Permen PU Nomor 15/PRT/M/2009. Adapun contoh struktur attribute klasifikasi struktur ruang adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Klasifikasi Struktur Ruang

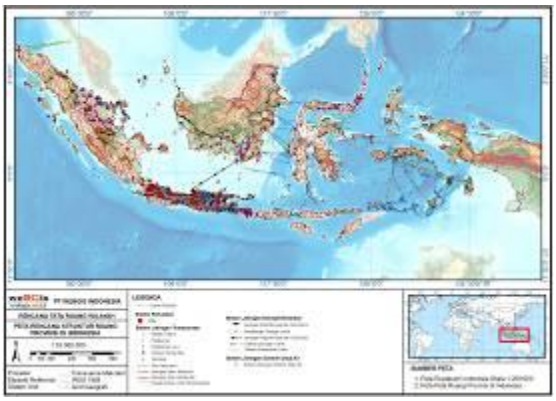
Struktur	Struktur_1	Struktur_2	Struktur_3
Transportasi Laut	Pelabuhan Laut	Pelabuhan	Lokal
Transportasi Laut	Pelabuhan Laut	Pelabuhan	Nasional
Transportasi Laut	Pelabuhan Laut	Pelabuhan	Lokal
Transportasi Laut	Stasiun Kereta Api	-	-
Transportasi Darat	Terminal	Terminal Tipe B	-
Transportasi Darat	Terminal	Terminal Tipe A	-

Tabel di atas menunjukkan struktur atribut klasifikasi pola ruang di Provinsi Bali Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa struktur ruang system jaringan transportasi diklasifikasikan hingga hirarki ke-3, sedangkan system jaringan energy/kelistrikan, telekomunikasi, sumber daya air, prasarana lainnya, dan system perkotaan hanya dikelaskan hingga hirarki ke-2.

Berbeda halnya dengan pola ruang, pada struktur ruang tidak dilakukan koreksi toponimi karena semua

penamaan struktur ruang dari data yang diterima sudah sesuai dengan Permen PU. Adapun kesalahan yang terjadi hanya kesalahan klasifikasi.

Struktur ruang yang sudah terkoreksi selanjutnya diintegrasikan dan divisualkan dalam peta struktur ruang Indonesia seperti di bawah ini:



Gambar 3. Peta Struktur Ruang

Peta di atas diklasifikasikan menggunakan klasifikasi struktur ruang hirarki ke-2 pada system jaringan energy/kelistrikan, telekomunikasi, sumber daya air, prasarana lainnya, dan system perkotaan, serta Hirarki ke-3 pada system jaringan telekomunikasi.

3. Kawasan Strategis

Data kawasan strategis yang diterima pada penelitian ini sebagian memiliki proyeksi transverse Mercator, sebagian Universe Transverse Mercatour (UTM), dan sebgain lagi belum memiliki proyeksi atau tidak terdefinisi *(undefined)*. Adapun data kawasan strategis yang belum memiliki proyeksi adalah Provinsi Sumatera Utara, Jambi, Bengkulu, Lampung, dan Banten. Provinsi-provinsi yang belum memiliki proyeksi tersebut harus diproyeksikan terlebih dahulu agar memiliki system korrdinat dan datum.

Setelah dikoreksi geometri, koreksi jyang selanjutnya adalah koreksi topology yang dilakukan pada polygon-polygon kawasan strategis yang berada di dalam batas administrasi. Namun, overshoot dan undershoot pada kawasan strategis ini tidak perlu dikoreksi karena kawasan strategis dimungkinkan untuk bertampalan

Koreksi yang selanjutnya dilakukan setelah koreksi topologi adalah klasifikasi. Klasifikasi kawasan strategis yang dilakukan pada penelitian ini mengacu pada Permen PU Nomor 15/PRT/M/2009. Adapun contoh struktur attribute klasifikasi kawasan strategis adalah sebagai berikut:

Tabel 4. Klasifikasi Kawasan Strategis

Nama	Kawasan_Strategis
Hutam Bakau	Kawasan Strategis dari Sudut Kepentingan Fungsi dan Daya Dukung Lingkungan Hidup
Hutan, Gunung & Perbukitan	Kawasan Strategis dari Sudut Kepentingan Fungsi dan Daya Dukung Lingkungan Hidup
TNBB Laut	Kawasan Strategis dari Sudut Kepentingan Fungsi dan Daya Dukung Lingkungan Hidup
TNBB Suaka Alam Laut	Kawasan Strategis dari Sudut Kepentingan Fungsi dan Daya Dukung Lingkungan Hidup
DAS Tk. Pakerisan	Kawasan Strategis dari Sudut Sosial
Jatiluwih	Kawasan Strategis dari Sudut Sosial
Pura Sad Khayangan	Kawasan Strategis dari Sudut Sosial
Taman Ayun	Kawasan Strategis dari Sudut Sosial

Tabel di atas menunjukkan struktur atribut klasifikasi kawasan strategis di Provinsi Bali. Berdasarkan tabel tersebut, dapat diketahui bahwa kawasan strategis di provinsi tersebut dikelaskan menjadi 1 kelas.

Berbeda halnya dengan pola ruang, pada kawasan strategis tidak dilakukan koreksi toponimi karena semua penamaan kawasan strategis dari data yang diterima sudah sesuai dengan Permen PU. Adapun kesalahan yang terjadi hanya kesalahan klasifikasi.

Kawasan strategis yang sudah terkoreksi selanjutnya diintegrasikan dan divisualkan dalam peta kawasan strategis Indonesia seperti di bawah ini:

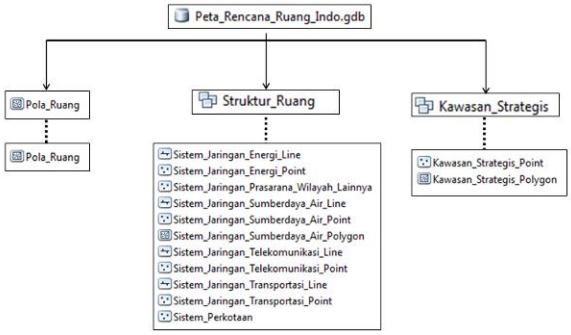


Gambar 4. Peta Kawasan Strategis

Peta di atas diklasifikasikan berdasarkan simbolk pada PP Nomor 8 Tahun 2013

4. Geodatabase

Pola ruang, struktur ruang, dan kawasan strategis yang telah diintegrasikan selain divisualkan dalam peta juga disimpan dalam geodatabase. Adapun struktur geodatabase peta RTRW provinsi di Indonesia adalah sebagi berikut:



Gambar 5. Struktur Gambar Geodatabase

Berdasarkan gambar di atas, dapat diketahui bahwa pola ruang diintegrasikan menjadi 1 polygon, sementara struktur ruang dan kawasan strategis diintegrasikan berdasarkan jenis struktur ruang dan jenis data (polygon, polyline, dan point).

Kesimpulan dan Saran

Setiap provinsi memiliki kesalahan-kesalahan tersendiri pada RTRW-nya sehingga membutuhkan nomenclature yang sama untuk menguranginya. Batas administrasi yang digunakan setiap provinsi-pun sebaiknya sama, yaitu bersumber dasi peta RBI. Dengan batas administrasi yang seragam ini, maka diharapkan dapat mengurangi kesalahan geometrid an topology (undershoot dan overshoot) yang terjadi di perbatasan provinsi. Selain batas administrasi, klasifikasi setiap RTRW pun memiliki acuan yang sama, yaitu Permen PU Nomor 15/PRT/M/2009. Dengan mengacu pada Permen PU tersebut, diharapkan semua provinsi memiliki klasifikasi RTRW yang sama sehingga RTRW provinsi tersebut dapat disimbolkan hingga hirarki ke-3 sesuai dengan PP Nomor 8 Tahun 2011 serta dipetakan berdasarkan desain layout yang sesuai dengan SNI dari Badan Informasi Geospasial.

Ucapan terima kasih

Penuls mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang terlah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung dalam pembuatan paper ini, khususnya kepada PT Webgis Indonesia yang telah memberi kesempatan pada penulis untuk membuat penelitian ini. Selain itu, penulis juga mengucapkan terima kasih kepada perwakilan daerah dan Badan Informasi Geospasial yang telah membantu penulis dalam melengkapi data RTRW provinsi di Indonesia.

Daftar Pustaka

Muta'ali, Luthfi, 2013, *Penataan Ruang Wilayah dan Kota*, BPFG, Yogyakarta.

Peraturan Pemerintah Nomor 8 Tahun 2013 tentang Ketelitian Peta Rencana Tata Ruang

Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta pada Tingkat Ketelitian Peta Skala 1:50.000

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 15/PRT/M/2009 tentang Pedoman Penyusunan RTRW Provinsi.

UU Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.

Uji Akurasi Model Geoid Global untuk Penentuan Tinggi Ortometrik di Wilayah Land Subsidence

(Studi Kasus Kota Semarang)

Ir. Bambang Sudarsono, MS. [a], Fauzi Janu Amarrohman, ST., M.Eng. [b], Galih Rakapuri, ST[c]

[a,] Staf Pengajar Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (bambang_f220@yahoo.com)
[b,] Staf Pengajar Program Studi Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (fauzi_geodesi06@yahoo.co.id)
[c,] Alumni Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro

ABSTRACT

The main problem in survey orthometric heights in Semarang city is the lack of a stable control point caused by land subsidence. One way to overcome this problem is to apply the height measurement with GNSS (Global Navigation Satellite System) combined with the geoid model derived from the Global geopotential model (MGG). Badan Informasi Geospasial (BIG) define EGM2008 as a geoid model to convert into a high geometric height orthometric refers to the mean sea level. Currently, MGG with the same spatial specifications with EGM2008, namely: Eigen-6C4 which was released in 2014 and GECO which was released in 2015. This study aimed to test the accuracy of the geoid modeling EGM2008, Eigen-6C4, and GECO in Semarang City. The Geoid of MGG with the maximum degree in 2190 modeling using Gravsoft software. The geoid is validated against geometric geoid computed from the results of GNSS measurements with static methods and leveling survey. Accuracy tests have carried out at 32 points distributed over the levelling survey in the 54 km. The Geoid accuracy EGM2008, Eigen-6C4, and GECO, respectively is +0.068 m, + 0,066m + 0,067m. Based on these facts it can be concluded that the accuracy of the geoid is not significantly different.

Keywords *Geoid, EGM2008, Eigen-6C4, GECO, accuracy test*

Pendahuluan

Penurunan muka tanah atau *Land subsidence* di Kota Semarang mengakibatkan kerusakan sarana dan prasarana, dan memperlambat pertumbuhan sosial dan ekonomi (Abidin dkk, 2015; Kuehn dkk, 2008). Pengendalian dampak *land subsidence* membutuhkan data yang akurat tentang laju *land subsidence* itu sendiri serta tersedianya Tanda Tinggi Geodesi (TTG) sebagai titik kontrol pengukuran ketinggian. *Land subsidence* mengakibatkan disfungsi TTG sebagai titik ikat yang mengakibatkan inkonsistensi hasil pengukuran tinggi dari satu TTG ke titik TTG lainnya serta menghasilkan penyimpangan yang melebihi toleransi (Wolf, 2000; Teunissen, 2006; Kahar, 2007).

Jaring kontrol vertikal orde 1 di Pulau Jawa, yang direalisasikan dalam bentuk TTG selesai dibangun pada tahun 1982. Pekerjaan perbaikan jaring sipat datar idealnya harus dilakukan secara periodik untuk menjamin konsistensi pengukuran ketinggian untuk mengantisipasi terjadinya *land up lift* maupun *land subsidence*. Perbaikan dan perapatan suatu jaring kontrol vertikal secara nasional dengan metode sipat datar membutuhkan biaya, waktu, dan tenaga yang besar (Hayden, 2013). Kondisi tersebut terutama disebabkan oleh rendahnya produktifitas dari teknik pengukuran ketinggian dengan sipat datar (BSN, 2002).

Salah satu teknik pengukuran ketinggian yang akurat dan produktif adalah pengukuran dengan *Global Navigation Satellite System* (GNSS). Survei GNSS tidak memerlukan keterlihatan antar titik seperti pada survei dengan sipat datar, sehingga pengaturan alat hanya dilakukan di atas titik atau *Bench Mark* (BM). Kondisi ini secara signifikan meminimalkan kesalahan pengaturan alat, sehingga kesalahan yang masih tersisa dalam survei GNSS hanyalah kesalahan intrinsik pengolahan sinyal dari satelit GNSS ke *receiver* (Leick, 2004). Meskipun survei GNSS dapat menentukan posisi geodetik secara akurat, namun nilai ketinggian yang dihasilkan belum memiliki arti fisik seperti yang diinginkan pada pekerjaan *engineering*. Tinggi fisik dapat dihitung melalui reduksi tinggi geometrik dengan undulasi geoid dari suatu model geoid gravimetrik yang merepresentasikan hubungan antara bentuk bumi geometrik dan bentuk bumi fisik.

Model geoid yang digunakan di Indonesia saat ini adalah EGM2008 (Pahlevi dkk, 2015). EGM2008 digunakan dalam Sistem Referensi

Geospasial Indonesia 2013 (SRGI 2013) sebagai model geoid untuk mengkonversi tinggi geometric yang didapat dari pengukuran GNSS menjadi tinggi ortometrik yang mengacu pada muka laut rata-rata. Akurasi EGM 2008 yang diaplikasikan di beberapa negara lain bervariasi. Akurasi tertinggi didapat pada pengujian di Jepang yang mencapai 0.083 m, sementara pengujian di Amerika Serikat menghasilkan akurasi sebesar 0.248 m (Pavlis dkk, 2008).

Seiring dengan semakin banyaknya data, maka model geopotensial global juga mengalami perkembangan dari waktu ke waktu. Model geopotensial global terbaru dengan derajat polynomial legendre sebesar 2190 adalah Eigen-6C4 dan GECO. Eigen-6C4 dimodelkan dari kombinasi pengamatan satelit GOCE, satelit Grace, dan satelit Lageos, dan satelit altimetry, serta pengamtan gravimetric terestris (Forste dkk, 2014). Uji akurasi model geoid dari EIGEN-6C4 di Amerika Serikat mencapai 0.247 m, sementara pengujian di Jepang menunjukkan akurasi sebesar 0.079m. Adapun model geopotensial global GECO diturunkan dari kombinasi EGM2008 dan data pengamatan satelit GOCE hingga tahun 2015 (Gillardoni dkk, 2015). Uji akurasi model geoid dari GECO di Amerika Serikat mencapai 0.246 m, sementara pengujian di Jepang menunjukkan akurasi sebesar 0.080m.

Salah satu permasalahan dalam penggunaan model geoid di Indonesia adalah kenyataan bahwa negara Indonesia terdiri dari pulau-pulau yang memiliki referensi vertical yang berbeda-beda (Kasenda, 2009). Permasalahan lainnya adalah system referensi tinggi di di suatu wilayah juga dapat mengalami perubahan yang salah satunya dapat diakibatkan oleh land subsidence, seperti yang terjadi di Kota Semarang. Atas dasar uraian di atas, maka pada penelitian ini akan dilakukan pengujian akurasi beberapa model geoid global di wilayah Kota Semarang.

Metodologi Penelitian

Model geoid yang dihasilkan pada penelitian ini meliputi wilayah Kota Semarang dan sekitarnya. Lokasi pengujian akurasi model di geoid berada di Kota Semarang bagian bawah. Salah satu masalah dalam pemodelan geoid di Kota Semarang adalah sulitnya melakukan validasi geoid gravimetrik terhadap geoid geometrik definitif. Mengingat minimnya titik kontrol dan topografi yang ekstrim, maka pengukuran sipat datar direncanakan pada jalur TTG446 (Tugu Muda) – Kali Banteng – Pelabuhan Tanjung Mas – TTG446.

Pengukuran posisi geodetik titik dilakukan dengan metode rapid static yang terikat pada stasiun CORS GNSS yang dikelola oleh UNDIP, dan BIG. CORS GNSS yang dikelola oleh UNDIP menggunakan receiver GNSS merek Aschtech tipe ProMark PF800 yang mampu merekam sinyal GPS dan GLONASS secara simultan. Adapun rover station yang digunakan untuk pengukuran posisi geodetik adalah receiver GNSS Geodetik dual frequency merk TopCon tipe Hiper II. Proses pengolahan baseline GNSS dilakukan dengan bantuan perangkat lunak TopCon Tools. Pengukuran tinggi ortometrik atau tinggi normal dilakukan dengan sipat datar dijital merk Geomax tipe ZDL700 untuk memenuhi spesifikasi kelas LA pada SNI JKVN.

Pemodelan geoid dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Gravsoft 2.9.6. Program tersebut memiliki kemampuan untuk memodelkan geoid dengan data masukan berupa anomali gayaberat maupun gangguan gayaberat. Proses modifikasi source code dari program tersebut dapat dilakukan pada Gfortran dan Scilab.

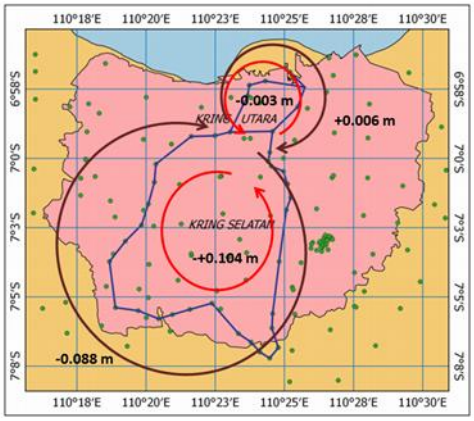
Akurasi geoid pada dasarnya merupakan perambatan kesalahan dari akurasi datum vertikal dan akurasi sistem tinggi. Nilai akurasi sistem tinggi diperoleh dari kesalahan penutup pengukuran sipat datar dengan sistem tinggi ortometrik dan normal. Nilai akurasi SRV didapat dari selisih antara tinggi ortometrik/normal terhadap tinggi fisik dari GNSS. Nilai akurasi geoid sebagai datum vertikal adalah nilai akurasi SRV yang telah direduksi oleh kesalahan pengukuran sipat datar dan GNSS.

Tinggi ukuran sipat datar digunakan untuk menghitung undulasi geometrik dan akurasi geoid. Pengukuran sipat datar dilakukan dengan spesifikasi menurut SNI JKVN. Pengukuran sipat datar dilaksanakan dengan menggunakan alat ukur Waterpas Otomatis merk WILD Type Nak-2 dan rambu ukur yang dilengkapi dengan nivo. Kualitas hasil pengukuran sipat datar harian dikontrol dengan menghitung kesalahan penutup pergi-pulang tiap seksi pengukuran.

Hasil dan Pembahasan

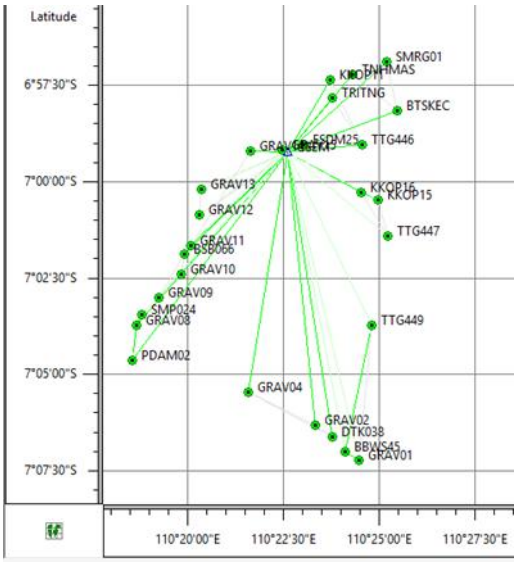
Pengukuran sipat datar terbagi dari dua loop pengukuran, yaitu: loop utara dan loop selatan, seperti tampak pada Gambar 1. Panjang jalur sipat datar Loop utara yang berada di Kota Semarang bagian bawah adalah 12,273 km dengan salah penutup pergi dan pulang sebesar +0,003 m atau sebesar $0{,}86\sqrt{D}$ mm. Berdasarkan SNI 19-6988-2004, maka jarring tersebut memenuhi kualifikasi Jaring Sipat Datar Kelas LAA. Panjang jalur sipat datar

Loop selatan yang berada di Kota Semarang bagian atas adalah 51,113 km dengan salah penutup pergi dan pulang sebesar +0,016 m atau 2,24√ D mm. Berdasarkan SNI 19-6988-2004, maka jaring tersebut memenuhi kualifikasi Jaring Sipat Datar Kelas LA.



Gambar 1. Peta jalur pengukuran sipat datar

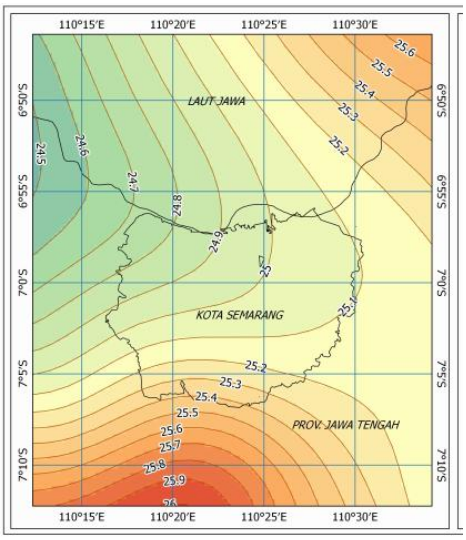
Pengukuran posisi geodetik dilakukan dengan metode Statik yang terikat pada stasiun CORS GNSS yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG), seperti tampak pada Gambar 2. Untuk mendapatkan akurasi tinggi, maka pengamatan satelit dilakukan selama 1 hingga 4 jam untuk memastikan nilai ambiguitas fase terpecahkan. Akurasi komponen horizontal berkisar antara 0,004 m hingga 0,087 m, sementara akurasi komponen vertical berkisar antara 0,006 hingga 0,058 m.



Gambar 2. Baseline pengukuran GNSS dengan metode statik

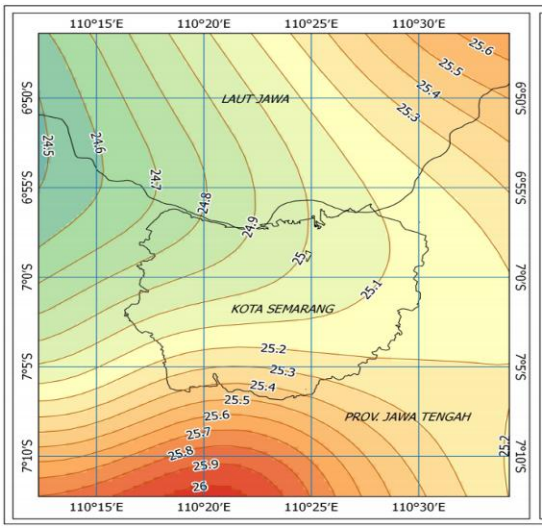
Pemodelan geoid dilakukan pada perangkat lunak gravsoft dengan menggunakan data masukan berupa koefisien Model Geopotensial Global dengan derajat maksimum sebesar 2160. Pada penelitian ini, MGG yang digunakan adalah EGM2008 yang direkomendasikan oleh BIG dan EIGEN-6C4 (Forste dkk, 2014), dan GECO yang baru dirilis pada tahun 2015.

Undulasi geoid berdasarkan EGM2008 di Kota Semarang berkisar antara 24,7 m hingga 25,5 m, seperti tampak pada Gambar 3. Undulasi geoid meningkat secara drastis ke arah selatan atau ke arah gugusan Gunung Ungaran. Peningkatan undulasi geoid yang drastis juga dapat dilihat pada arah timur laut atau ke arah Gunung Muria di Jepara.

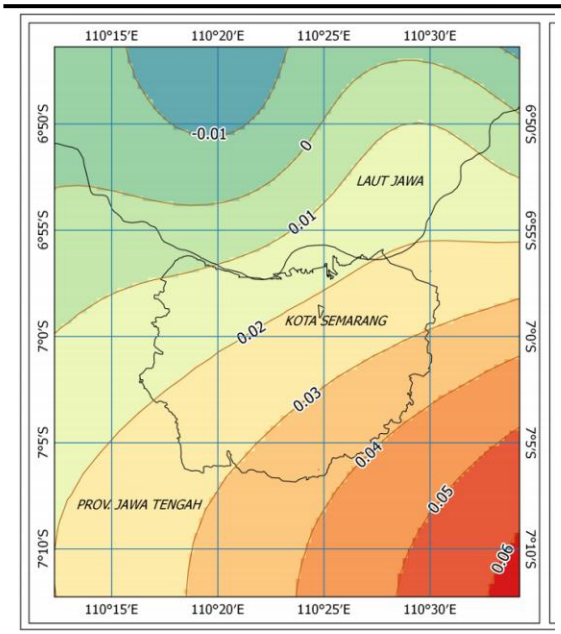


Gambar 3. Peta kontur geoid dari EGM2008

Undulasi geoid berdasarkan Eigen-6C4 di Kota Semarang berkisar antara 24,7 m hingga 25,5 m, seperti tampak pada Gambar 4. Penambahan data satelit LAGEOS dan GOCE mengakibatkan peningkatan undulasi geoid Eigen-6C4 terhadap EGM2008 sebesar 0,01 m hingga 0,04 m di wilayah Kota Semarang dan sekitarnya, seperti tampak pada Gambar 5.

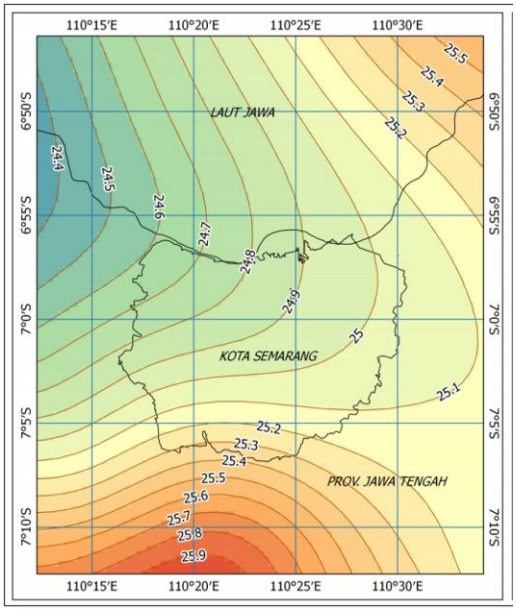


Gambar 4. Peta kontur geoid dari Eigen-6C4

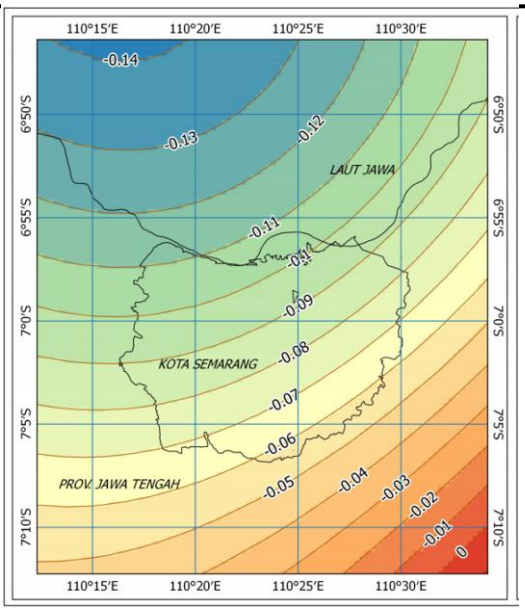


Gambar 5. Perbedaan undulasi geoid EGM2008 dan Eigen-6C4

Undulasi geoid berdasarkan GECO di Kota Semarang berkisar antara 24,6 m hingga 25,4 m, seperti tampak pada Gambar 6. Undulasi geoid meningkat secara drastis ke arah selatan atau ke arah gugusan Gunung Ungaran. Peningkatan undulasi geoid yang drastis juga dapat dilihat pada arah timur laut dan ke arah Gunung Muria di Jepara. Penambahan data GOCE pada EGM2008 mengakibatkan penurunan undulasi geoid GECO terhadap EGM2008 sebesar -0,05 m hingga -0,11 m di wilayah Kota Semarang dan sekitarnya, seperti tampak pada Gambar 7.



Gambar 6. Peta kontur geoid dari GECO



Gambar 7. Perbedaan undulasi geoid EGM2008 dan GECO

Titik-titik yang digunakan untuk pengujian akurasi geoid dari MGG memiliki ketinggian antara 1,025 m hingga 329,867 m di atas permukaan laut. Adapun *Mean Sea Level* yang digunakan sebagai referensi tinggi didefinisikan berdasarkan pengamatan pasang surut pada bulan Maret 2016. Pemilihan referensi ketinggian berpengaruh terhadap besarnya selisih antara geoid geometric dan geoid dari MGG.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Akurasi geoid yang dimodelkan dari EGM2008, Eigen-6C4, dan GECO masih dalam fraksi centimeter, sehingga model geoid tersebut cukup baik untuk digunakan sebagai bidang referensi dalam pekerjaan survey rekayasa.
2. Perbedaan akurasi geoid dari EGM2008, Eigen-6C4, dan GECO tidak signifikan, sehingga EGM2008 sebaiknya tetap digunakan sebagai geoid untuk konversi tinggi geodetic menjadi tinggi ortometrik di Kota Semarang

Adapun saran-saran untuk meningkatkan kualitas penelitian, sebagai berikut:

1. Uji akurasi geoid MGG tergantung dari akurasi dari geoid geometriknya. Berdasarkan data terlihat adanya korelasi antara akurasi dari komponen vertical hasil ukuran GNSS berkisar antar 0,006 hingga 0,058 m sementara simpangan baku geoid mencapai 0,066 m. Untuk meningkatkan validitas pengujian, maka perlu dilakukan pengukuran GNSS dengan metode yang lebih teliti lagi.
2. Untuk meningkatkan akurasi geoid, maka model geoid dari MGG dapat dikombinasikan dengan geoid geometric untuk membentuk geoid hybrid

Ucapan terimakasih

Terimakasih kepada Prof. Rene Forsberg dari DTU yang telah memberikan izin penggunaan perangkat lunak Gravsoft.

Daftar Pustaka

Abidin, Hasanuddin Z., Heri Andreas, Irwan Gumilar, Teguh P. Sidiq, Muhammad Gamal. (2015). *Environmental impact of land subsidence in urban areas of Indonesia*. FIG Working Week 2015. From the wisdom of the ages to the challenges of modern world. Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015

Abidin, Hasanuddin Z., H. Andreas, I. Gumilar, T.P. Sidiq, M. Gamal, D. Murdohardono, Supriyadi, Y. Fukuda. (2010). *Studying Land subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetic Methods*. FIG Congress 2010 Facing the Challenges – Building the Capacity. Sydney, Australia, 11-16 April 2010

Abidin, Hasanuddin Z., Rochman Djaja, Dudy Darmawan, Samsul Hadi, Arifin Akbar, H. Rajiyowiryono, Y. Sudibyo, I. Melano, M. A. Kusuma, J. Kahar, Cecep Subarya. (2001). *Land subsidence of Jakarta (Indonesia) and its Geodetic Monitoring System.* Natural Hazards **23:** 365–387, 2001.

Augath, Wolfgang, Johannes Ihde. (2002). *Definition and realization of vertical reference systems – The European solution: EVRS/EVRF 2000.* FIG XII International Congress, Washington DC, USA, April 19-26 2002.

Badan Standarisasi Nasional. (2002). *SNI 19-6724-2002: Jaring kontrol horizontal*

Badan Standarisasi Nasional. (2004). *SNI 19-6988-2004: Jaring kontrol vertikal dengan sipat datar*.

Badan Standarisasi Nasional. (2005). *SNI 19-7149-2005: Jaring kontrol gayaberat.*

Erol, Bihter dan Rahni Nurhan Celik, (2004) *Precise Local Geoid Determination to Make GPS Technique More Effective in Practical Applications of Geodesy*

Feathersone, W. E, J. F. Kirby (2000) *The reduction of aliasing in gravity anomalies and geoid heights using digital terrain data*. Geophysic Journal International (2000) 141, 204-212.

Forste, Christoph, Sean Bruinsma, Oleg Abrikosov, Frank Flechtner, Jean-Charles Marty, Jean-Michel Lemoine, Christoph Dahle, Hans Neumayer, Franz Barthelmes, Rolf Konig, Richard Biancale. (2014). *EIGEN-6C4 – the latest combined global gravity field model including GOCE data up todegree and order 1949 of GFZ Postdam and GRGS Toulouse*. Geophysical Research. Vol. 16, EGU2014-3707

Hayden, T., B. Amjadiparvar, E. Rangelova, M. G. Sideris. (2012). *Estimating Canadian vertical datum offsets using GNSS/levelling benchmark information and GOCE global geopotential models.* Journal of Geodetic Science. 2(4), 2012: 257-269.

Hofmann-Wellenhof, Bernhard, Helmut Moritz. (2005). *Physical Geodesy*. Springer

Jekeli, Christopher. (2007). *Potential Theory and Static Gravity Field of the Earth.* Treatise on geophysics. Vol 3. Geodesy. Elsevier

Kahar, Joenil. (2007). *Geodesi: Teknik Kuadrat Terkecil*. Penerbit ITB. Bandung

Kasenda, Adolfientje. (2009). *Height precision of geoid* for *modernization of geoid of Indonesia*. Disertasi. University of New South Wales. Australia.

Kearey, Philip, Michael Brooks, Ian Hill. (2002). *An introduction to geophysical exploration, thirth edition.* Blackwel Science Ltd.

Kearsley, A. H. W. (1996) *Lecture notes part 4: Practical Evaluation of the gravimetric geoid for GPS heighting*. 2nd Tropical School of Geodesy, Bandung

Khafid. (1998). *On the unification of local height systems*, DGK Reihe C, Heft Nr. 488.

Kuehn, Friedrich, Arne Hoffmann-Rothe, David Albiol, Geraint Cooksley, Javier Duro, Johanna Granda, Susanne Haas, Dodid Murdohardono. (2008). *Detection of Land subsidence in Semarang Indonesia using Persistent Scattere Interferometry.*

Kuehn, Friedrich, David Albiol, Geraint Cooksley, Javier Duro, Johanna Granda, Susanne Haas, Arne Hoffmann-Rothe, Dodid Murdohardono. (2009). *Detection of Land subsidence in Semarang, Indonesia using Stable Point Network (SPN) technique*. Environmental Earth Science (2010) 60? 909-921. Springer-Verlag.

Leick, Alfred. (2004). *GPS Satellite Surveying*. John Wiley & Sons.

Li, Xiong, Hans-Jurgen Gotze. (2001). *Tutorial ellipsoid, geoid, gravity, geodesy, geophysics.* Geophysics, Vol. 66, No.6 (November – Desember 2001), p.1660-1668.

Longman, I.M. (1959). *Formulas for Computing the Tidal Acceleration due to the Moon and the sun.* J. Geophys. Res., 64,2351-2355. Elsevier.

Ng, Alex Hay-Man, Linlin Ge, Xiaojing Li, Hasanuddin Z. Abidin, Heri Andreas, Kui Zhang. (2012). *Mapping land subsidence in Jakarta, Indonesia using persistent scatterer interferometry (PSI) technique with ALOS PALSAR.* International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 18 (2012) 232–242.

Rangelova, Elena Veselinova dan M.G. Sideris (2007). *Combination of Grace, gravity and GPS data for determination of long-term geoid changes in North America.* University of Calgary, Canada.

Sanso, Fernando, Michael G. Sideris. (2013). *Geoid determination: Theory and methods*. Springer

Seeber, Gunther. 2000. *Satellite Geodesy*. 2nd edition. Walter de Gruyter. Berlin.

Sneeuw, Nico. (2006). *Lecture Notes : Physical Geodesy*. Institute of Geodesy Universitat Stuttgart.

Sutisna, Sobar. (2002). *Vertical Control Network in Indonesia*. International Association of Geodesy Symposia Volume 124, 2002, pp 34-37

Teunissen, P.J.G. (2006). *Network Quality Control*. Delft University of Technology. Delft.

Torge, Wolfgang. (1989). *Gravimetry*. Walter de Gruyter. Berlin

Torge, Wolfgang. (2001). *Geodesy*. Walter de Gruyter. Berlin

Tranes, Michele Diane, Thomas Henry Meyer, Darek Massalsk. (2007). *Comparisons of GPS-Derived Orthometric Heights Using Local Geometric Geoid Models*. Journal of surveying engineering. 133: 6-13, February 2007

Triarahmadhana, Bagas. (2014). *Pemodelan geoid lokal D. I. Yogyakarta sebagai referensi tinggi survei kadaster 3D.* Tesis. UGM. Yogyakarta.

Ulotu, Prosper E. (2009). *Geoid Model of Tanzania from Sparse and Varying Gravity Data Density by the KTH Method*. Disertasi. Royal Institute of Technology (KTH), Stockhlom, Swedia.

Vanicek, Petr, Robert Kingdon, Marcelo Santos. (2012). *Geoid versus quasigeoid: a case of physics versus geometry.* Contributions to Geophysics and Geodesy Vol. 42/1, 2012 (101–117)

Wolf, Paul R., Charles D. Ghillani. (2006). *Adjustment Computations: Spatial Data Analysis.* John Wiley & Sons, Inc

You, Rey-Jer. (2006). *2006 Local Geoid Improvement Using GPS and Leveling Data*. Journal of surveying engineering. 132: 101-107

Evaluasi Sistem Tinggi dalam Pengadaan Jaring Kontrol Vertikal dengan Metode Sipat Datar di Kota Semarang

Nurrohmat Widjajanti[a], Leni S. Heliani[b], L. M. Sabri[c]

[a,*] Staf pengajar Departemen Teknik Geodesi UGM (n.widjajanti@gmail.com)
[b,] lheliani@ugm.ac.id
[c,] laodesabri@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents a comparison of precision of orthometric height system, normal height system, and height system without gravity correction. Elevation measurement conducted by Wild NAK2 spirit level, while the gravity data measured by Gravimeter Scintrex CG-5. Northern loop represents flat area of Semarang with a path length of 14 km. Southern loop represent upper part of Semarang with a path length of 52 km. The leveling misclosure of northern loop and south are 0.004 m and 0.096 m respectively. By using a density of 2.67 g / cm3, the total magnitude of the correction orthometric to northern loop can be ignored, while to the south loop of 0.0019 m. Using the physical parameters and geometric WGS84, normal correction to the north loop can be ignored, while a normal correction to the southern loop of 0.0017 m. Orthometric correction should be given to the levelling data is 0.0056 m, while the normal correction is 0.0265 cm. In a region with undulating topography, gravity correction orthometric and normal correction does not significantly increase the leveling precision, but the effect on the height value must be considered.

Keywords spirit level, gravity, normal height, orthometric height, Semarang

Pendahuluan

Jaring Kontrol Vertikal (JKV) nasional terdiri atas orde-0, orde-1, orde-2, orde-3, dan orde-4 (BSN, 2004). JKV di Pulau Jawa dikategorikan sebagai JKV orde-1 yang direalisasikan dalam bentuk Tanda Tinggi Geodesi (TTG). Sejak selesai dibangun pada tahun 1982, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) yang saat ini bernama Badan Informasi Geospasial (BIG) belum melakukan kegiatan ekstensifikasi, densifikasi, maupun perbaikan terhadap TTG yang sudah ada (Kasenda, 2009). Pekerjaan perbaikan jaring sipat datar idealnya harus dilakukan secara periodik untuk menjamin konsistensi pengukuran ketinggian mengingat terjadinya land subsidence di beberapa wilayah di Indonesia (Abidin dkk, 2015).

Pengadaan JKV secara nasional dengan metode sipat datar membutuhkan biaya, waktu, dan tenaga yang besar (Hayden, 2013). Salah satu kesulitan dalam pengadaan JKV orde 1 dan orde 2 adalah prasyarat penggunaan data gayaberat yang diukur dengan gravimeter (BSN, 2004). Hal ini terkait dengan sistem tinggi ortometrik yang lazim digunakan di Indonesia. Pada kondisi lalu lintas kendaraan bermotor yang semakin ramai, pengukuran gayaberat pada jalur pengukuran sipat datar akan terganggu oleh getaran kendaraan bermotor yang berakibat pada penurunan akurasi hasil pengukuran gravimeter. Kondisi ini menurunkan efektifitas koreksi gayaberat untuk mendapatkan tinggi ortometris.

Terdapat tiga sistem tinggi yang masih diterapkan di Eropa saat ini, yaitu: sistem tinggi normal, ortometrik, dan normal-ortometrik (Augath dan Ihde, 2007). Sistem tinggi ortometrik digunakan di Belgia, Denmark, Finlandia, Italia dan Swiss, sementara sistem tinggi normal diterapkan di Perancis, Jerman, Swedia, dan beberapa negara Eropa Timur. Salah satu kemudahan yang ditawarkan dalam sistem tinggi normal adalah penggunaan gayaberat normal yang diukur di sepanjang plumbline normal dari titik di permukan bumi hingga ke quasi-geoid (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2006).

Perbedaan tiga jenis sistem tinggi pada jenis gaya berat yang digunakan dalam koreksi. Pengunaan koreksi gayaberat pada hasil ukuran tinggi, mengingat dalam defisini fisis, beda tinggi tidak hanya beda ukuran geometrik tetapi beda potensi gayaberat antar titik. Selain itu, pada wilayah dengan topografi yang ekstrim, koreksi gayaberat diperlukan untuk meningkatkan akurasi jaring sipat datar. Pada pengukuran sipat datar di Italia dengan panjang kitaran 117,8 km dan variasi ketinggian dari 250 m hingga 2600 m, penggunaan koreksi ortometrik dapat menurunkan kesalahan penutup kring sipat datar dari 0,070 m menjadi 0,037 m (Barzaghi dkk, 2014). Pada pengukuran

sipat datar di Darling Scarp di Australia dengan panjang jalur sekitar 14 km dan beda tinggi sekitar 174 m, koreksi ortometrik dan koreksi normal ortometrik hanya mencapai 0,8 mm dan 0,1 mm (Allister dan Featherstone, 2001). Terkait dengan kualitas dari data sipat datar dan gayaberat terestris yang digunakan, maka pada paper ini disajikan hasil evaluasi terhadap sistem tinggi yang optimal dalam pengadaan jaring kontrol vertikal di Kota Semarang.

Metode Penelitian

Sistem tinggi pada dasarnya adalah teori tentang tata cara penarikan atau pengukuran tinggi dari suatu referensi vertikal atau datum vertikal (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2006). Secara umum, sistem tinggi dapat digolongkan menjadi dua jenis, yaitu sistem tinggi geometrik dan sistem tinggi fisik. Sistem tinggi geometrik adalah sistem tinggi yang pengukurannya dilakukan terhadap bidang referensi geometrik dan proses pengukuran tingginya dilakukan tanpa memperhitungkan aspek fisik, seperti pada pengukuran dengan receiver GNSS. Adapun sistem tinggi fisis adalah sistem tinggi yang pengukurannya dilakukan terhadap bidang referensi fisik dan proses pengukuran tingginya memperhitungkan aspek-aspek fisik.

Secara umum, sistem tinggi fisik diklasifikasi menjadi sistem tinggi dinamik, sistem tinggi ortometrik, dan sistem tinggi normal (Hofmann-Wellenhof dan Moritz, 2006). Tinggi dinamik (H^D) merupakan perbandingan antara geopotensial (C) di titik pengukuran terhadap gayaberat normal pada lintang standar (γ_o) pada persamaan (1).

$$H^D = \frac{C}{\gamma_0} \qquad (1)$$

Bilangan geopotensial (C) merupakan selisih dari potensial gayaberat di geoid (W_o) terhadap potensial gayaberat (W) di titik pengukuran.

Penggunaan nilai gayaberat lintang standar menunjukkan bahwa tinggi dinamik hanya digunakan untuk keperluan ilmiah, sehingga sistem tinggi ortometrik dan sistem tinggi normal lebih sering digunakan. Tinggi ortometrik merupakan perbandingan antara geopotensial terhadap gayaberat terestris rata-rata di sepanjang garis unting-unting (*plumbline*) di lokasi pengukuran ($\bar{g}$) yang dirumuskan dengan persamaan (2).

$$H^O = \frac{C}{\bar{g}} \qquad (2)$$

Besarnya $\bar{g}$ dipengaruhi oleh densitas massa di lokasi pengukuran.

Untuk mengatasi minimnya data densitas, maka sistem tinggi normal dihitung dengan perbandingan antara geopotensial terhadap gayaberat normal rata-rata di lokasi pengukuran ($\bar{\gamma}$) yang dirumuskan dengan persamaan (3).

$$H^N = \frac{C}{\bar{\gamma}} \qquad (3)$$

Gayaberat normal rata-rata di sepanjang garis normal ditentukan oleh besarnya nilai gayaberat normal di bidang referensi (γ), penggepengan geometric (f), penggepengan fisik (m), lintang geodetic (φ), setengah sumbu panjang (a) dan tinggi normal titik pengukuran (H) yang dinyatakan dalam bentuk persamaan (4).

$$\bar{\gamma} = \gamma.\left[1-\left(1+f+m-2.f.\sin^2\varphi\right).\frac{H^2}{a}+\frac{H^2}{a^2}\right] \qquad (4)$$

Dalam praktiknya, ketinggian suatu titik ditentukan dengan melakukan serangkaian pengukuran beda tinggi dari titik referensi hingga ke titik bersangkutan. Untuk mendapatkan ketinggian dalam sistem tinggi yang diinginkan, maka data beda tinggi harus dikoreksi terlebih dahulu. Koreksi dinamik dihitung dengan menggunakan data gayaberat terestris rata-rata antara dua titik pengukuran beda tinggi, nilai gayaberat normal, dan data ukuran beda tinggi (Δn) dengan persamaan (5).

$$KD_{AB} = \int_A^B \frac{\tilde{g}-\gamma_0}{\gamma_0} dn \cong \sum_A^B \frac{\tilde{g}-\gamma_0}{\gamma_0}.\Delta n \qquad (5)$$

Salah satu permasalahan dalam pengukuran sipat datar di wilayah dengan topografi yang curam adalah pengukuran pada jalur yang berbeda dapat memberikan hasil yang berbeda. Untuk mendapatkan nilai ketinggian yang tidak tergantung dari jalur pengukuran, maka beda tinggi ukuran harus diberi koreksi ortometrik yang dihitung berdasarkan nilai koreksi dinamik, nilai gayaberat terestris sepanjang unting-unting dan tinggi ortometrik titik-titik pengukuran (HO) dengan persamaan (6).

$$KO_{AB} = \sum_A^B \frac{\tilde{g}-\gamma_0}{\gamma_0}.\Delta n + \frac{\bar{g}_A-\gamma_0}{\gamma_0}.H_A^O - \frac{\bar{g}_B-\gamma_0}{\gamma_0}.H_B^O \qquad (6)$$

Pada lokasi pengukuran dengan densitas massa 2,67 gram/cm3, besarnya gayaberat sepanjang unting-unting dapat dihitung dengan persamaan (7).

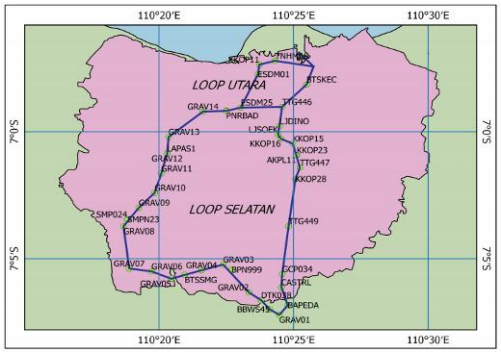
$$\bar{g} = .g + 0{,}000000424.H^O \qquad (7)$$

Ketinggian titik dihitung di sepanjang plumbline normal. Besarnya koreksi normal dapat dihitung dengan persamaan (8).

$$KO_{AB} = \sum_A^B \frac{\tilde{g}-\gamma_0}{\gamma_0}.\Delta n + \frac{\bar{g}_A-\gamma_0}{\gamma_0}.H_A^O - \frac{\bar{g}_B-\gamma_0}{\gamma_0}.H_B^O \qquad (8)$$

Sistem tinggi di Kota Semarang dievaluasi

berdasarkan efek dari koreksi dinamis, koreksi normal, dan koreksi ortometrik terhadap hasil ukuran sipat datar. Untuk mendapatkan sampel yang representatif, penelitian ini dilakukan pada dua wilayah dengan karakteritik yang berbeda, seperti tampak pada Gambar 1. Loop utara dengan yang berada di dekat garis pantai memiliki topografi yang relatif datar, sementara loop selatan menghubungkan titik-titik pengukuran dengan topografi yang bergelombang.



Gambar 1. Jalur pengukuran sipat datar dan gayaberat di Kota Semarang

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah data beda tinggi, data gayaberat, dan data posisi geodetik titik-titik evaluasi. Data beda tinggi diperoleh dengan melakukan akuisisi data dengan menggunakan sipat datar analog merek Wild dengan Tipe NAK2 dan menggunakan rambu ukur yang terbuat dari aluminimum dengan interval pembacaan rambu 10 mm. Tripod yang digunakan untuk meletakkan sipat datar bersifat teleskopik atau tidak kaku yang terbuat dari alumuniun dengan ketinggian kaki yang dapat disesuaikan dengan kondisi pengukuran. Data gayaberat terestris diukur dengan menggunakan gravimeter relatif dijital merek Scintrex tipe CG-5 dengan akurasi ± 5 mikrogal atau ± 5 x 10-8 m.s-2. Gravimeter tersebut telah dilengkapi dengan receiver GPS untuk menentukan posisi geodetik lokasi pengukuran dan menghitung koreksi pasang surut bumi secara otomatis.

Pengukuran gayaberat relatif dilakukan pada bulan Maret 2016 dengan mengikatkan pada salah satu titik pada loop selatan, yaitu: KKOP16. Titik ikat tersebut terletak pada 7°00'16,67407" LS, 110°24'31,55833" BT, dan 117,212 m di atas elipsoid referensi WGS84. Adapun nilai gayaberat absolut KKOP16 yang digunakan dalam penelitian ini adalah 9,78098328 m.dt-2 atau 978098,328 mgal. Pengukuran gayaberat dilakukan dengan membentuk loop yang berawal dan berakhir di KKOP16. Pada setiap titik, gravimeter merekam data gayaberat relatif, posisi geodetik, dan waktu pengamatan.

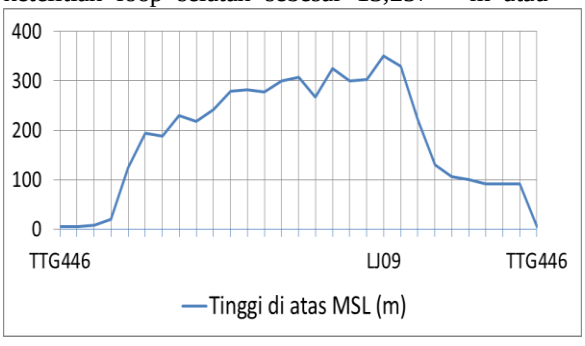
Hasil dan Pembahasan

Pengukuran sipat datar di loop utara terdiri atas enam seksi yang berawal dan berakhir di TTG446 yang berada di dalam taman Tugu Muda Kota Semarang. Panjang keseluruhan jalur pengukuran tersebut adalah 13,805 km, sementara rentang ketinggian berkisar antara 1,023 m s.d. 4,907 m di atas permukaan laut. Perhitungan kesalahan penutup pergi-pulang berdasarkan SNI 19-6988-2004 menunjukkan bahwa 67% seksi pengukuran sipat datar loop utara dapat dikategorikan ke dalam Kelas LB, seperti tampak pada Tabel 1. Berdasarkan perbandingan kesalahan kring sebesar 0,004 m dan panjang kring sebesar 13,805 km, maka didapat ketelitian loop sebesar 1,077 m atau Kelas LAA.

Tabel 1. Ketelitian seksi loop utara

Seksi	Ketelitian (m)	Kelas Seksi
TTG446 - POM	$0{,}573\sqrt{d}$	LAA
POM - ESDM	$4{,}143\sqrt{d}$	LB
ESDM - TNMAS	$5{,}909\sqrt{d}$	LB
TNMAS - BM04	$4{,}655\sqrt{d}$	LB
BM04 - JOHAR	$5{,}751\sqrt{d}$	LB
JOHR - TTG446	$1{,}965\sqrt{d}$	LAA

Pengukuran sipat datar di loop selatan terdiri atas 28 seksi yang berawal dan berakhir di TTG446. Panjang jalur pengukuran tersebut adalah 51.519,6 km, sementara rentang ketinggian berkisar antara 4,178 m s.d. 351,130 m di atas permukaan laut, seperti terlihat pada Gambar 2. Perhitungan kesalahan penutup pergi-pulang menunjukkan bahwa 39% seksi pengukuran sipat datar loop selatan dapat dikategorikan ke dalam Kelas LB, sementara 32% seksi pengukuran merupakan kelas LAA, seperti ditunjukkan pada Tabel 2. Perbandingan kesalahan kring 0,096 m dan panjang kring 51.519,6 km menghasilkan ketelitian loop selatan sebesar 13,257 m atau



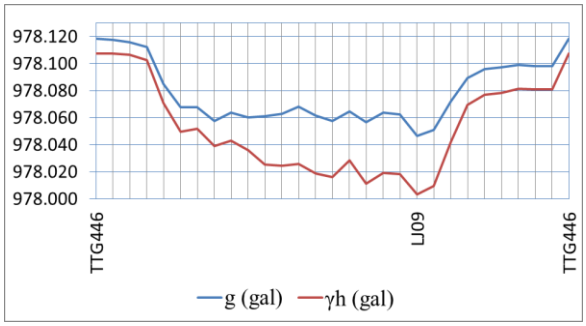
Gambar 2. Penampang ketinggian jalur pengukuran *loop* selatan

Tabel 2. Persentase kelas seksi pada *loop* selatan

Kelas	Toleransi	Jumlah Seksi	Persentase
LAA	$2\sqrt{d}$	9	32%
LA	$4\sqrt{d}$	5	18%
LB	$8\sqrt{d}$	13	46%
LC	$12\sqrt{d}$	1	4%
LD	$18\sqrt{d}$	0	0%

Penjumlahan kesalahan penutup pergi-pulang memberikan kontribusi yang berbeda dalam perhitungan kesalahan kitaran pada loop utara dan loop selatan. Secara teoiritis, jika pengukuran hanya dihinggapi oleh kesalahan acak, maka kelas kesalahan penutup pergi-pulang dapat berkorelasi secara positif dengan kelas kesalahan kitaran. Untuk mendeteksi kontribusi bidang geopotensial yang tidak sejajar, maka pada penelitian ini dilakukan pengukuran gayaberat pada 32 titik pengukuran sipat datar. Secara umum, gayaberat terestris pada jaring sipat datar loop utara relatif sama, sementara gayaberat normalnya menunjukkan bentuk yang hampir serupa dengan gayaberat terestris. Nilai gayaberat terestris loop utara berkisar antara 978117,452 mgal hingga 978118,739 mgal dengan nilai rata-rata sebesar 978118.324 mgal dan simpangan 0,476 mgal.

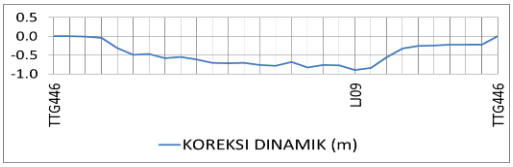
Nilai gayaberat terestris loop selatan bervariasi antara 978046,363 mgal hingga 978118.492 mgal dengan nilai rata-rata sebesar 978007,613 mgal dan simpangan 22,135 mgal. Nilai gayaberat normal loop selatan bervariasi antara 978003,155 mgal hingga 978107,586 mgal dengan nilai rata-rata sebesar 978050,917 mgal dan simpangan baku ±33,310 mgal. Secara umum, gayaberat gayaberat normal di titik-titik pengukuran menunjukkan bentuk yang hampir serupa dengan gayaberat terestris, namun dengan anomaly yang semakin membesar di sekitar titik LJ09 yang merupakan puncak pengukuran, seperti tampak pada Gambar 3.



Gambar 3. Penampang gayaberat terestris dan gayaberat normal di loop selatan

Nilai gayaberat terestris loop utara yang relatif sama dan ketinggian titik-titik yang cenderung datar berdampak pada nilai koreksi dinamis yang juga tidak fluktuatif. Besarnya koreksi dinamis untuk tiap seksi di loop utara berkisar antara -0,009 m s.d. 0,007m. Jumlah total koreksi normal di loop utara adalah 83 x 10-6 m, sementara jumlah total koreksi ortometrik sebesar 3 x 10-6 m. Nilai-nilai tersebut tidak memiliki dampak signifikan terhadap perbaikan kesalahan penutup kring.

Besarnya koreksi dinamis pada tiap seksi sipat datar dipengaruhi oleh besarnya beda tinggi pada seksi tersebut. Pada loop selatan, seksi GRAV14 - GRAV13 dengan beda tinggi 104,754 m memiliki koreksi dinamis minimum sebesar -0,269 m. Adapun seksi GCP34 - TTG449 dengan beda tinggi -108,510 m memiliki koreksi dinamis maksimum sebesar 0,283 m. Akumulasi dari koreksi dinamis mencapai nilai terbesar pada titik LJ09, yaitu sebesar -0,898 m. Secara grafis, bentuk kurva ketinggian titik-titik pengukuran seperti tampak pada Gambar 2 berbanding terbalik dengan kurva dari koreksi dinamis kumulatif pada Gambar 4. Hal ini mengindikasikan besarnya koreksi dinamis memiliki korelasi negatif yang kuat dengan ketinggian lokasi pengukuran.

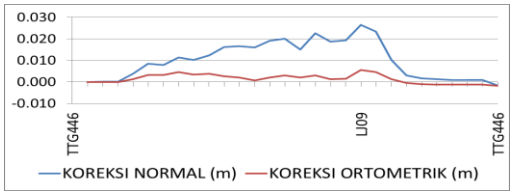


Gambar 4. Penampang koreksi dinamik loop selatan

Pada loop selatan, seksi GCP34 - TTG449 dengan beda tinggi -108,510 m memiliki koreksi normal sebesar -0,0132 m, sedangkan seksi GRAV03 - GRAV02 dengan beda tinggi 104,754 m memiliki koreksi normal sebesar 0,0075 m. Akumulasi dari koreksi normal mencapai nilai maksimum pada titik LJ09, yaitu sebesar 0,0265 m. Secara umum, nilai koreksi normal lebih besar daripada nilai koreksi ortometrik. Seksi TTG446 hingga GRAV04 yang diukur dari arah timur ke barat dengan beda tinggi 15,080 m dan jarak 5,797 km memiliki koreksi normal dan koreksi ortometrik yang relatif sama. Seksi KKOP28 s.d. TTG446 yang diukur dari arah selatan ke utara dengan beda tinggi 125,726 m dan jarak 10,461 km memiliki koreksi normal dan koreksi ortometrik yang relatif sama.

Pada penelitian ini, koreksi ortometrik dihitung dengan mengasumsikan seluruh wilayah pengukuran memiliki densitas batuan yang sama, yaitu sebesar 2,67 gram/cm3. Pada Gambar 5 terlihat bentuk kurva koreksi normal kumulatif relatif sama dengan koreksi ortometrik kumulatif,

namun nilai koreksi ortometrik cenderung lebih kecil daripada koreksi normal. Akumulasi dari koreksi normal mencapai nilai maksimum pada titik LJ09, yaitu sebesar 0,0265 m. Adapun koreksi ortometrik di titik LJ09 mencapai 0,0056 m. Nilai koreksi ortometrik yang lebih kecil daripada nilai koreksi normal mengindikasikan koreksi ortometrik lebih realistis untuk diaplikasikan.



Gambar 5. Penampang koreksi normal dan koreksi ortometrik loop selatan

Pada penelitian ini, perhitungan gayaberat normal di elipsoid dan di permukaan bumi menggunakan parameter geometrik dan fisik WGS84. Perhitungan koreksi normal loop selatan yang dimulai dan diakhiri di titik TTG446 menghasilkan nilai sebesar -0,0017 m. Penambahan koreksi normal pada perhitungan loop pengukuran menghasilkan ketelitian penutup kitaran sebesar 13,180 m atau Kelas LD. Adapun koreksi ortometrik loop selatan di titik TTG446 adalah ebesar -0,0019 m. Penambahan koreksi ortometrik pada perhitungan loop pengukuran menghasilkan ketelitian penutup kitaran sebesar 13,096 m atau Kelas LD.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengukuran sipat datar dan gayaberat di loop utara, maka dapat disimpulkan bahwa koreksi tinggi normal dan koreksi tinggi ortometrik tidak memiliki perbedaan secara signifikan, sehingga sistem tinggi normal dan sistem tinggi ortometrik dapat diterapkan secara simultan di Kota Semarang bagian bawah. Hal ini mengindikasikan penggunaan geoid dan quasi-geoid sebagai bidang referensi dapat memberikan nilai ketinggian fisik yang sama. Ketelitian penutup loop utara sebesar 1,077 m menandakan pengukuran sipat datar di Kota Semarang bagian bawah tidak memerlukan data gayaberat terestris. Berdasarkan pengukuran sipat datar dan gayaberat di loop selatan, maka dapat disimpulkan bahwa koreksi normal dan koreksi ortometrik tidak berdampak signifikan terhadap ketelitian kitaran sipat datar. Pada jalur TTG446 - LJ09 dengan panjang sekitar 36 km dan beda tinggi 346 m, nilai koreksi normal mencapai 0,0265 m, sementara nilai koreksi normal mencapai 0,0056 m. Hasil hitungan tersebut mengindikasikan sistem tinggi normal dan sistem tinggi ortometrik memberikan nilai ketinggian yang berbeda untuk wilayah Kota Semarang bagian atas. Pada penelitian ini, jaring sipat datar diukur dengan satu titik ikat atau minimum constraint. Untuk mengetahui efek dari perbedaan nilai koreksi normal dan koreksi ortometrik, maka perlu dilakukan penelitian dengan menambahkan loop baru dan pengukuran dengan *full constraint*.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika – Badan Informasi Geospasial atas bantuan peminjaman Gravimeter Scintrex CG-5 dan penyediaan data CORS GNSS Stasiun Semarang.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., Andreas, H., Gumilar, G., Teguh, P.S., Gamal, M., (2015), Environmental impact of land subsidence in urban areas of Indonesia, FIG Working Week 2015, from the wisdom of the ages to the challenges of modern world. Sofia, Bulgaria, 17-21 May 2015.

Allister, N.A., W.E. Featherstone, (2001), Estimation of helmert orthometric heights using digital barcode leveling, observed gravity, and topographic mass-density data over part of Darling Scarp, Western Australia, Geomatic Research Australasia, 75: pp. 25-52.

Augath, Wolfgang, Johannes, I., (2002), Definition and realization of vertical reference sistems-The European solution: EVRS/EVRF 200, FIG XII International Congress, Washington DC, USA, April 19-26 2002.

Barzaghi, Riccardo, Barbara, B., Daniela, C., Gianfranco, G., Renzo, M., Fausto, S., (2014), Orthometric correction and normal heights for Italian leveling network: a case study. Applied Geomatics, March 2014, Volume 6, Issue 1, pp. 17-25.

Badan Standarisasi Nasional, (2004), SNI 19-6988-2004: Jaring kontrol vertikal dengan sipat datar.

Badan Standarisasi Nasional, (2005), SNI 19-7149-2005, Jaring kontrol gayaberat.

Feathersone, W.E., J. F. Kirby, (2000), The reduction of aliasing in gravity anomalies and geoid heights using digital terrain data, Geophysic Journal International (2000) 141, pp. 204-212.

Hayden, T., B. Amjadiparvar, E. Rangelova, M.G. Sideris, (2012), Estimating Canadian vertical datum offsets using GNSS/levelling benchmark information and GOCE global geopotential models, Journal of Geodetic Science, 2(4), 2012: pp. 257-269.

Hofmann-W., dan Bernhard, H.M., (2005), Physical Geodesy, Springer.

Kasenda, A., (2009), Height precision of geoid for modernization of geoid of Indonesia, Disertasi, University of New South Wales, Australia.

Perkembangan Metode Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit

Dimas Hanityawan S.[a], Abdul Basith[b]

[a,] Mahasiswa S2 Teknik Geomatika UGM (dimas.h.s@gmail.com)
[b,] Dosen Teknik Geodesi UGM (abd_basith@ugm.ac.id)

ABSTRACT

One map policy in the Presidential Regulation No. 9 2016 is aimed at the fulfillment of a map that refers to the one geospatial reference, one standard, one database and one geoportal. Therefore any development Thematic Geospatial Information (IGT) should refer to the Basic Geospatial Information (IGD), that is the Geodetic Control Network and base map, to ensure the integration of national information. Base Map in Geospatial Information Act No. 4 2011 are Topographic Map of Indonesia, Indonesia Coastal Environment Map, and Map of the National Marine Environment. Indonesia Coastal Environment Map and Map of National Marine Environment are the maps that are present depth information. Its depth information obtained from the bathymetry measurements using echosounder equipment. Although capable of producing an accurate depth measurement, these methods are difficult to use in shallow waters. The method to determine the depth using satellite imagery, either imaging or non-imaging, offering more flexible capability for use in shallow waters. Imaging methods can be implemented empirically or analytically, or a combination of both. The development of this method shows the improved accuracy of the derived satellite bathymetry. This paper is intended to present a review of techniques to produce bathymetric data from satellite images. Hopefully, this method can be used to support the provision of IGD, particularly Indonesia Coastal Environment Map and Map of National Marine Environment.

Keywords kedalaman, perairan dangkal, citra satelit, peta dasar

Pendahuluan

UU No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial menyebutkan bahwa Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) adalah sebuah negara kepulauan yang berciri nusantara dengan segala kekayaan sumber daya alam dan sumber daya lainnya sebagai anugerah Tuhan Yang Maha Esa yang harus dikelola dengan baik dan penuh rasa tanggung jawab untuk menjadi sumber kemakmuran bagi seluruh rakyat Indonesia, baik di masa kini maupun di masa mendatang. Pengelolaan sumber daya alam tersebut memerlukan informasi geospasial yang diselenggarakan dengan tertib, terpadu, berhasil guna, dan berdaya guna sehingga terjamin keakuratan, dan kemutakhirannya.

Undang-Undang Informasi Geospasial bertujuan untuk menjamin tersedianya informasi geospasial. Informasi geospasial terdiri dari Informasi Geospasial Dasar (IGD) dan Informasi Geospasial Tematik (IGT). IGD meliputi jaring kontrol geodesi dan peta dasar. Peta Dasar dalam Undang-Undang Informasi Geospasial adalah Peta Rupabumi Indonesia, Peta Lingkungan Pantai Indonesia, dan Peta Lingkungan Laut Nasional. Informasi yang disajikan pada peta dasar meliputi garis pantai, hipsografi, perairan, nama rupabumi, batas wilayah, transportasi dan utilitas, bangunan dan fasilitas umum, dan penutup lahan.

Terkait kebijakan satu peta yang diatur dalam Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2016, setiap pembangunan Informasi Geospasial Tematik (IGT) harus mengacu pada Informasi Geospasial Dasar (IGD) yaitu Jaring Kontrol Geodesi dan Peta Dasar untuk menjamin keterpaduan informasi nasional. Tujuannya adalah terpenuhinya satu peta yang mengacu pada satu referensi geospasial, satu standar, satu basis data, dan satu geoportal. Oleh karena itu, penyediaan peta dasar yang akurat sangatlah penting.

Peta Lingkungan Pantai Indonesia dan Pantai Lingkungan Laut Nasional merupakan peta dasar yang ditujukan untuk menyajikan informasi di wilayah pesisir dan laut, khususnya informasi kedalaman. Informasi kedalaman tersebut diperoleh dari pengukuran kedalaman menggunakan *echosounder*. Metode ini diketahui menghasilkan pengukuran kedalaman yang akurat. Pada pengukuran kedalaman, khususnya untuk perairan dalam, penggunaan *echosounder* belum tergantikan. Namun untuk perairan dangkal, metode ini tidak dapat digunakan, serta terkendala oleh tingginya biaya operasional dan tidak efisien. Metode penentuan

kedalaman menggunakan citra satelit, baik non-imaging atau imaging, menawarkan kemampuan yang lebih fleksibel untuk digunakan di perairan dangkal (Gao, 2009).

Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit

Prinsip dasar penentuan kedalaman menggunakan citra satelit adalah adanya sejumlah spektrum gelombang elektromagnetik yang mampu menembus kolom air dengan kemampuan yang bervariasi. Kemampuan menembus air pada masing-masing band tergantung dari kondisi kejernihan perairan dan karakteristik band itu sendiri, terbatas hingga maksimal kedalaman 25 meter di perairan yang jernih (Green, et al., 2000). Pemanfaatan citra optik untuk penentuan kedalaman juga perlu mempertimbangkan kondisi penjalaran gelombang elektromagnetik yang kompleks. Hal ini disebabkan karena penjalaran gelombang elektromagnetik hingga mencapai dasar perairan harus melalui dua media berbeda, yaitu atmosfer dan air (Bierwirth, 1993).

Spektrum gelombang elektromagnetik yang mampu menembus air adalah spektrum tampak. Spektrum tampak memiliki kemampuan menembus air yang berbeda-beda pada masing-masing panjang gelombang. Setiap band akan mengalami kondisi pelemahan yang berbeda saat menembus air. Spektrum tampak dengan panjang gelombang yang pendek, yaitu band biru mempunyai kemampuan menembus air paling baik dengan kata lain memiliki koefisien pelemahan paling kecil (Jupp, 1988).

Penentuan kedalaman menggunakan citra dapat dilakukan secara empiris, analitik atau kombinasi dari keduanya. Penerapan metode analitik atau semi-analitik berdasarkan pada cara penjalaran gelombang elektromagnetik di air. Metode tersebut membutuhkan masukan sejumlah parameter terkait karakteristik atmosfer, kolom air, dan material bawah air. Sedangkan metode empiris lebih mudah diimplementasikan karena hanya membutuhkan sejumlah data kedalaman untuk membentuk hubungan antara kedalaman dengan *image properties* (Gao, 2009). Akurasi nilai kedalaman yang diperoleh dari citra satelit biasanya diekspresikan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) dari model regresi atau diekspresikan dalam bentuk RMSE (*root mean square error*).

Algoritma Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit

Beberapa algoritma/model yang digunakan untuk penentuan kedalaman menggunakan citra satelit, antara lain Lyzenga (1978), Benny and Dawson (1983), Jupp (1988), Stumpf, *Artificial Neural Network* (ANN), dan metode inversi model *adaptive look-up table* (ALUT). Green et al. (2000) membandingkan metode Lyzenga (1978), Benny and Dawson (1983), Jupp (1988) untuk penentuan kedalaman di Caicos Bank menggunakan citra Landsat TM. Metode Lyzenga (1978), Benny and Dawson (1983) dan Jupp (1988) mempunyai asumsi pelemahan gelombang cahaya adalah fungsi eksponensial dari kedalaman dan kualitas air dianggap sama sehingga koefisien pelemahan (k) pada keseluruhan cakupan citra tidak berubah. Namun pada metode Benny and Dawson (1983) dan Jupp (1988), terdapat asumsi lain yaitu warna material atau habitat dasar perairan diangap konstan. Penentuan kedalaman menggunakan metode Jupp dilakukan dalam dua tahapan yaitu menghitung zona *Depth of Penetration* (DOP) dan interpolasi dalam DOP (Green, et al., 2000). Dalam penelitian Green et al. (2000) diperoleh hasil nilai koefisien determinasi (R^2) dari metode Lyzenga (1978), Benny and Dawson (1983), Jupp (1988) secara berurutan adalah sebesar 0,53, 0,52, dan 0,91. Korelasi pada metode Lyzenga (1978) dan Benny and Dawson (1983) tersebut terlalu lemah untuk memprediksi kedalaman, oleh karena itu tidak direkomendasikan untuk pemetaan batimetri.

Penelitian lain tentang penentuan kedalaman dengan metode Jupp (1988) juga dilakukan, antara lain untuk penentuan kedalaman menggunakan citra Landsat 7 ETM+ (Nugroho, 2003; Siregar, 2013), citra Landsat 8 (Prasetya, 2016), dan citra Quickbird (Siregar dan Selamat, 2010). Nugroho (2003) menentukan kedalaman dari citra dengan memperhatikan faktor pasang surut. Analisa perbandingan hasil kedalaman dari citra dengan data kedalaman dari Peta LPI memberikan kesalahan rata-rata untuk keseluruhan wilayah 0,9479 m, dengan kesalahan pada DOP, dengan kesalahan minimal pada DOP 3 (1-5 m) dan DOP 4 (0-1 m), yaitu 0,662 m dan 0,355 m.

Penentuan kedalaman dengan metode Stumpf menggunakan rasio linear, pernah dilakukan oleh Hamylton et al. (2015) dan Nurkhayati (2013). Data input berupa nilai reflektansi citra hasil perhitungan dengan *math band* dan data kedalaman insitu. Pembuatan peta batimetri perairan dangkal menggunakan citra Quickbird di perairan Karimunjawa dengan metode Stumpf, memberikan nilai R^2 tertinggi sebesar 0,711, dengan perhitungan tingkat akurasi (RMS *errors*) sebesar 2,31 (Nurkhayati, 2013). Sementara, Hamylton et al. (2015) menggunakan citra Worlview-2 untuk penentuan kedalaman di Lizard Island dan Sykes Reef. Pada lokasi Lizard Island dan Sykes Reef diperoleh R^2 secara berurutan yaitu 0,74 dan 0,82. Setelah diterapkan model kesalahan spasial, nilai R^2 meningkat menjadi 0,89 dan 0,95.

Penentuan kedalaman menggunakan *Artificial Neural*

Network (ANN) dilakukan oleh Ceyhun, et al. (2010). Penggunaan ANN untuk penentuan kedalaman memungkinkan untuk menggunakan nilai reflektan citra satelit secara langsung dalam penentuan kedalaman tanpa menghilangkan masalah di citra optik terkait dengan faktor lingkungan seperti material dasar laut dan vegetasi. ANN merupakan struktur nonlinier, struktur yang berdasarkan sampel dan bebas model ini memungkinkan untuk mempertimbangkan hubungan multi parameter nonlinier antara reflektan dari spektral band yang berbeda dan kedalaman. Pada penelitian penentuan kedalaman menggunakan citra Quickbird di Foca Bay, Turki, penggunaan dua band telah memberikan nilai R^2 0,83 dengan RMSE 0,011. Sementara pada penggunaan empat band, diperoleh R^2 0,92 dengan RMSE 0,005 (Ceyhun, et al., 2010).

Hamylton et al. (2015) menggunakan citra Worlview-2 dengan menggunakan metode *adaptive look-up table* (ALUT) untuk penentuan kedalaman di Lizard Island dan Sykes Reef. Metode ALUT menggunakan struktur hirarki *look-up table* untuk menjalankan *spectral matching*. Hanya band merah, hijau, biru yang digunakan dalam *spectral matching*, karena band NIR digunakan telah digunakan untuk *glint correction* dan tidak memiliki informasi yang berguna lagi. Pada lokasi Lizard Island dan Sykes Reef diperoleh R^2 secara berurutan yaitu 0,89 dan 0,89. Setelah diterapkan model kesalahan spasial, nilai R^2 meningkat menjadi 0,91 dan 0,95.

Tabel 1. Perbandingan Metode Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit

Metode	Citra	Akurasi	Keterangan
Lyzenga (1978)	Landsat	R^2 = 0,53	(Green, et al., 2000)
Stumpf	Quickbird	R^2 = 0,711 RMSE = 2,31	(Nurkhayati, 2013)
	Worldview-2	R^2 = 0,89 (Lizard Island) R^2 = 0,95 (Sykes Reef)	(Hamylton, et al., 2015) Menerapkan model kesalahan spasial.
ANN	Quickbird	R^2 = 0,92 RMSE = 0,005	(Ceyhun, et al., 2010) Menggunakan empat band.
Benny and Dawson (1983)	Landsat	R^2 = 0,52	(Green, et al., 2000)
Jupp (1988)	Landsat	R^2 = 0,91	(Green, et al., 2000) Menggunakan DOP terkalibrasi
	Landsat 7	RMSE: Keseluruhan = 0,9479 m DOP 1 = 2,173 m DOP 2 = 1,828 m DOP 3 = 0,662 m DOP 4 = 0,355 m	(Nugroho, 2003) Memperhatikan faktor pasang surut, kondisi perairan tenang. DOP 1 (15-25m), DOP 2 (5-15m), DOP 3(1-5m), DOP 4 (0-1m).
	Landsat 8	RMSE: Keseluruhan = 10,337 m DOP 1 = 20,706 m DOP 2 = 16,340 m DOP 3 = 3,217 m DOP 4 = 1,456 m	(Prasetya, 2016) Memperhatikan faktor pasang surut, kondisi perairan dinamis. DOP 1 (15-25m), DOP 2 (5-15m), DOP 3(1-5m), DOP 4 (0-1m).
ALUT	Worldview-2	R^2 = 0,91 (Lizard Island) R^2 = 0,95 (Sykes Reef)	(Hamylton, et al., 2015) Menerapkan model kesalahan spasial.

Kebutuhan Akurasi untuk Pembuatan Peta LPI

Data kedalaman yang digunakan untuk pembuatan peta LPI harus memenuhi tingkat ketelitian yang telah ditetapkan. Ketelitian data kedalaman dalam KAK Survei Hidrografi dan Pembuatan Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) Skala 1:25.000 disyaratkan memenuhi standar orde 2.

Tabel 2. Perbandingan Metode Penentuan Kedalaman Menggunakan Citra Satelit

No	Deskripsi	Kelas			
		Orde Khusus	**Orde 1**	**Orde 2**	**Orde 3**
1	Akurasi horisontal	2 m	5 m + 5% dari kedalaman rata-rata	20 m + 5% dari kedalaman rata-rata	150 m + 5% dari kedalaman rata-rata
2	Alat bantu navigasi tetap dan kenampakan yang berhubungan dengan navigasi.	2 m	2 m	5 m	5 m
3	Garis pantai	10 m	20 m	20 m	20 m
4	Alat bantu navigasi terapung	10 m	10 m	20 m	20 m
5	Kenampakan topografi	10 m	10 m	20 m	20 m
6	Akurasi Kedalaman	a = 0,25 m b = 0,0075	a = 0,5 m b = 0,013	a = 1,0 m b = 0,023	a = 1,0 m b = 0,023

Sumber: KAK Survei Hidrografi dan Pembuatan Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) Skala 1:25.000 (2015)

Berdasarkan spesifikasi pada tabel 2, akurasi kedalaman dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\pm\sqrt{a^2 + (b \times d^2)}$$

dimana:

a = kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap)
b = faktor kesalahan kedalaman dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap)
d = kedalaman terukur

Agar memenuhi standar orde 2, maka data kedalaman harus mempunyai ketelitian ±1 m. Sementara data kedalaman dengan ketelitian ±0,5 m telah memenuhi standar orde 1, dan data kedalaman dengan ketelitian ±0,25 m telah memenuhi standar orde khusus.

Pembahasan

Pembuatan Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) memerlukan data kedalaman yang teliti terutama untuk wilayah pesisir. Selama ini data kedalaman diperoleh melalui survei batimetri menggunakan peralatan *echosounder*. *Echosounder* memberikan data yang teliti namun penggunaannya di perairan dangkal kurang dari 2-3 m memberikan masalah tersendiri terkait dengan kebutuhan penempatan *draught transducer* (Green, et al., 2000). Penentuan kedalaman menggunakan citra satelit dapat digunakan sebagai alternatif untuk melengkapi kebutuhan data kedalaman di perairan dangkal. Hal penting yang harus diperhatikan adalah data kedalaman yang dihasilkan dari citra satelit harus memenuhi standar ketelitian data kedalaman orde 2.

Dalam uraian sebelumnya, beberapa metode dapat digunakan untuk memperoleh data kedalaman dari citra. Metode yang memberikan ketelitian yang tinggi adalah ANN dan ALUT. Namun penggunaan ANN masih memerlukan data kedalaman insitu, sehingga penggunaan metode ALUT akan membebaskan dari kebutuhan survei lapangan. Metode Jupp (1988) juga dapat dipertimbangkan, khususnya untuk penentuan kedalaman pada rentang 0-5 m. Karena dari hasil penelitian-penelitian yang telah dilakukan, metode Jupp (1988) mempunyai ketelitian yang memenuhi standar orde 2 pada DOP 3 dan DOP 4 (Nugroho, 2003; Prasetya, 2016). Namun ketelitian metode Jupp (1988) tersebut belum memenuhi standar orde 2 jika diterapkan pada perairan yang dinamis (Prasetya, 2016). Selain pemilihan metode, penggunaan citra satelit dengan resolusi spasial tinggi juga mempunyai potensi yang besar untuk menurunkan data kedalaman yang akurat (Gao, 2009). Citra Worldview-2 memiliki resolusi spasial 1,84 m untuk citra multi spektralnya, dengan panjang gelombang band biru 400-450 nm, sehingga mampu digunakan untuk penentuan kedalaman dengan perbaikan dari sisi penetrasi dan akurasi (Jawak, et al., 2015).

Kesimpulan

Perkembangan metode penentuan kedalaman menggunakan citra satelit terus mengalami kemajuan, terutama dari segi ketelitian. Penggunaan metode ini memungkinkan untuk mencapai ketelitian hingga sub meter. Tingkat ketelitian ini dapat dimanfaatkan untuk pembuatan peta dasar, dalam hal ini Peta Lingkungan Pantai Indonesia skala 1:25000, walau masih terbatas pada perairan dangkal yang

jernih dan tenang. Hal penting yang harus diperhatikan adalah memilih algoritma/metode yang paling tepat dan citra satelit yang sesuai untuk penentuan kedalaman yang efektif (Jawak, 2015).

Daftar Pustaka

Badan Informasi Geospasial, 2015, *KAK Survei Hidrografi dan Pembuatan Peta Lingkungan Pantai Indonesia (LPI) Skala 1:25000*, Bogor.

Bierwirth, P. N., Lee, T. J., & Burne, R. V., 1993, "Shallow Sea-Floor Reflectance and Water Depth Derived by Unmixing Multispectral Imagery", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing* 59 , 331-338.

Ceyhun, Ö., & Yalçın, A., 2010, "Remote sensing of water depths in shallow waters via artificial neural networks", *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 89 , 89-96.

Gao, J., 2009, "Bathymetric Mapping by Means of Remote Sensing: Methods, Accuracy and Limitations", *Physical Geography*, 33 , 103-116.

Green, E. P., Mumby, P. J., & Edwards, A. J., 2000, "Mapping Bathymetry", In E. P. Green, P. J. Mumby, A. J. Edwards, & C. D. Clark, *Remote Sensing Handbook for Tropical Coastal Management*, (pp. 219-233). Paris: UNESCO.

Hamylton, S. M., Hedley, J. D., & Beaman, R. J., 2015, "Derivation of High-Resolution Bathymetry from Multispectral Satellite Imagery: A Comparison of Empirical and Optimisation Methods through Geographical Error Analysis". *Remote Sensing*, 16257-16273.

Jawak, S. D., Vadlamani, S., & Luis, A. J., 2015, "A Synoptic Review on Deriving Bathymetry Information Using Remote Sensing Technologies: Models, Methods and Comparisons", *Advance in Remote Sensing*, 4 , 147-162.

Jupp, D. L., 1988, "Background and Extensions to Depth of Penetration (DOP) Mapping in Shallow Coastal Waters", *Proceedings of the Symposium on Remote Sensing of the Coastal Zone*, IV.2.1-IV.2.19, in Green, et al., 2000.

Nugroho, K. T., 2003, "Pemetaan Batimetri secara Sederhana Perairan Kepulauan Seribu dengan Menggunakan Citra Landsat 7 ETM+ dan Memperhatikan Faktor Pasang Surut", Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Nurkhayati, R., 2013, "Pemetaan Batimetri Perairan Dangkal Menggunakan Citra Quickbird di Perairan Taman Nasional Karimunjawa, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah", *Jurnal Bumi Indonesia*, Vol. 2 (2)

Prasetya, R. Y., 2016, "Evaluasi Nilai Kedalaman Laut dari Citra LAndsat 8 dengan Memperhatikan Faktor Pasang Surut Wilayah Perairan Pantai Sadeng", Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Siregar, P. T., 2013, "Evaluasi Data Kedalaman Laur dari Citra Landsat 7 ETM+ (Studi Kasus Perairan Pantai Sadeng, Yogyakarta)", Skripsi, Fakultas Teknik Jurusan Geodesi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Siregar, V. P., & Selamat, M. B., 2010, "Evaluasi Citra Quickbird untuk Pemetaan Batimetri dengan Menggunakan Data Perum: Studi Kasus Gobah Karang Lebar dan Pulau Panggang", *Ilmu Kelautan* , 99-109.

Pengukuran Titik Kontrol Tanah dan Pemotretan Udara UAV Kawasan Titik Nol Kilometer Yogyakarta

Muhammad Iqbal Taftazani, Ruli Andaru, Untung Rahardjo

Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM
iqbaltaftazani@ugm.ac.id, ruliandaru@ugm.ac.id, untungrahardjo@ugm.ac.id

ABSTRAK

Pemotretan Udara menggunakan wahana Unmanned Aerial Vehicle (UAV) pada masa sekarang ini sudah semakin banyak dilakukan untuk berbagai macam keperluan. Antara lain untuk keperluan hiburan, pariwisata, dokumentasi dan pemetaan khususnya untuk pelestarian kawasan cagar budaya. Penelitian ini membahas tentang penggunaan UAV untuk pemotretan udara untuk pemetaan kawasan cagar budaya dan pengukuran titik kontrol tanah yang digunakan untuk *georeferencing* foto udara. Penelitian ini dilaksanakan di kawasan titik nol kilometer (KM 0) Yogyakarta dan dimaksudkan untuk membuat peta foto udara kawasan titik nol kilometer (KM 0) Yogyakarta sebagai salah satu kawasan cagar budaya yang harus dilestarikan. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah pemotretan udara dengan teknologi UAV dan teknologi GPS/GNSS untuk pengukuran titik kontrol tanah. Tahapan kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah: pertama, penentuan lokasi, kedua, pengukuran titik kontrol tanah dengan teknologi GPS/GNSS, ketiga, pemotretan udara, keempat, pengolahan data titik kontrol tanah dan pemrosesan foto udara, kelima, penyajian hasil. Hasil akhir dari penelitian ini adalah berupa peta foto udara yang tergeoreferensi yang nantinya dapat dimanfaatkan untuk keperluan pelestarian cagar budaya.

Kata kunci UAV, GPS/GNSS, foto udara, cagar budaya

ABSTRACT

Aerial Photography using the Unmanned Aerial Vehicle (UAV) at the present time is done for various purposes. Among others, is for entertainment, tourism, documentation and mapping in particular for the preservation of the heritage area. This study discusses the measurement of ground control points and aerial photography for mapping and preservation of cultural heritage area. This research was conducted in the Zero Kilometer (KM 0) Yogyakarta and is intended to create aerial photo maps Zero Kilometer (KM 0) area of Yogyakarta as one of the cultural heritage that must be preserved. The method used in this study is aerial photography with UAV technology and technology GPS / GNSS for the measurement of ground control points. Stages of the activities carried out in this study are: first, determining the location, second, the measurement of ground kontrol points with GPS / GNSS, third, aerial photography, fourth, ground control point data processing and processing of aerial photographs, the fifth, result. The study result is a georeferenced aerial photographs map that can be used for the purposes of preservation of cultural heritage.

Keywords UAV, GPS/GNSS, aerial photography, cultural heritage

Pendahuluan

Unmanned Aerial Vehicle (UAV), atau sering pula disebut *drone*, pada awalnya dibuat dan digunakan untuk keperluan militer. Penggunaan UAV dalam dunia militer menjadi salah stau strategi dalam keamanan nasional Amerika (Shaw, 2013). Pada perkembangannya, UAV menawarkan banyak kemudahan dan fleksibilitas dalam penggunannya. Antara lain mudah dalam pengoperasiannya, dapat terbang sesuai dengan rencana terbang dengan mode *autopilot*, dan dapat diberi beban berupa kamera untuk perekaman foto dan video. Oleh karena itu UAV banyak digunakan dalam berbagai bidang, antara lain jurnalistik, dokumentasi, hiburan, pemantauan bencana, pemantauan satwa liar (Sulaeman, 2013) dan juga untuk kebutuhan pemetaan.

Pemotretan udara untuk kegiatan pemetaan menggunakan wahana UAV pada dasarnya telah banyak dilakukan. Yang membedakan adalah obyek yang dipetakan dan metode yang dilakukan. Dalam makalah ini dibahas secara lebih mendalam tentang penggunaan UAV untuk pemotretan udara khususnya di kawasan KM 0, yang juga merupakan kawasan cagar budaya di Yogyakarta. Selain itu juga dibahas tentang pengukuran titik kontrol tanah yang digunakan dalam pengolahan hasil foto udara dari wahana UAV.

Tujuan dari penelitian ini adalah memetakan kawasan titik KM 0 Yogyakarta untuk mendukung pelestarian cagar budaya di kawasan tersebut. Seperti diketahui kawasan titik KM 0 merupakan kawasan pelestarian cagar budaya (Perda No 6/2012) dan kawasan strategis pelestarian sosial budaya propinsi DIY (Perda No 2/2010). Kegiatan pemetaan kawasan titik KM 0 dengan menggunakan teknologi yang tepat guna dan tepat sasaran akan membuat usaha menjaga keistimewaan Yogyakarta ini menjadi lebih mudah dan lebih efisien.

Metodologi

Penelitian ini secara umum terdiri dari dua kegiatan besar, yaitu penyiapan serta pengukuran titik kontrol tanah dan pemotretan udara menggunakan wahana UAV. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

i. *Receiver* GPS/GNSS tipe geodetik, untuk pengukuran titik kontrol,
j. Total Station, untuk pengukuran titik kontrol,
k. UAV Phantom DJI 3 Pro, untuk pemotretan udara,
l. Komputer, dengan dilengkapi perangkat lunak GeoGenius dan Agisoft untuk mengolah data pengukuran dari *receiver* GPS/GNSS, Total Station dan hasil pemotretan udara.

Jalannya Penelitian

Tahapan-tahapan yang dilaksanakan dalam penelitian ini adalah 1) Penentuan lokasi titik kontrol tanah, 2) pengukuran titik kontrol tanah dengan menggunakan teknologi GPS/GNSS dan Total Station, 3) Pemotretan udara menggunakan wahana UAV, 4) pengolahan data titik kontrol tanah dan foto udara, dan 5) pemrosesan foto udara.

10) Penentuan lokasi titik kontrol tanah

Sebaran lokasi titik kontrol tanah dibuat berdasarkan area of interest (AOI) dari pemotretan udara yang sudah ditentukan sebelumnya. Dalam hal ini AOI penelitian ini adalah kawasan titik KM 0, yang meliputi perempatan Kantor Pos Besar Yogyakarta, Museum Benteng Vredeburg dan Gedung Agung. Lokasi titik kontrol tanah dipilih berdasarkan sebaran AOI tersebut. Gambar sebaran lokasi titik kontrol tanah dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Sebaran titik kontrol tanah

Penentuan lokasi dan jumlah titik kontrol tanah bergantung pada bentuk dan luasan AOI serta harus memperhatikan *strength of figure* (kekuatan jaringan) dari sebaran titik kontrol tanah sesuai Standard Nasional Indonesia (SNI) bidang Kerangka Kontrol Horizontal (KKH). Adapun lokasi penentuan titik kontrol tanah mengacu pada kriteria berikut (Suradji, dkk, 2009):

- Mudah diakses dan diidentifikasi
- Tidak mengganggu fasilitas umum
- Obstruksi maksimum 15° ke semua arah
- Bebas dari efek multipath

11) Pengukuran titik kontrol tanah menggunakan teknologi GPS/GNSS dan Total Station

Pengukuran titik kontrol tanah dipilih menggunakan teknologi GPS/GNSS. Hal ini disebabkan karena metode GPS/GNSS hanya efektif untuk jarring pengamatan dengan baseline yang pendek. Jika semakin panjang jarak baselinenya, maka *residual error* yang dihasilkan akan semakin besar. (Satirapod and Kriengkraiwasin, 2006). Pada beberapa titik yang tidak memenuhi kriteria seperti disebutkan pada poin ke 1) di atas, pengukuran titik kontrol tanah dilakukan dengan menggunakan Total Station yang diikatkan pada titik kontrol tanah lain dari hasil pengukuran GPS/GNSS.

Dalam pengukuran titik kontrol karena keterbatasan alat yang digunakan, maka dibuat dalam beberapa sesi pengukuran. Dimana sesi pengukuran disajikan dalam Tabel 1.

Sesi 1	: BLV – KM01 – KM04
Sesi 2	: BLV – KM01 – KM03
Sesi 3	: BLV – KM07 – KM03
Sesi 4	: BLV – KM07 – KM02
Sesi 5	: BLV – KM06 – KM02
Sesi 6	: BLV – KM06 – KM05

Tabel 1. Pembagian sesi pengukuran titik control

Pengukuran titik kontrol dilaksanakan selama 1 jam dengan jeda waktu perekaman selama 15 detik.

Gambar 2 dan 3 berikut menunjukkan proses pengukuran menggunakan GPS/GNSS dan Total Station.



Gambar 2. Proses pengukuran titik kontrol tanah dengan GPS/GNSS



Gambar 3. Proses pengukuran titik kontrol tanah dengan Total Station

12) Pemotretan udara menggunakan wahana UAV

Terdapat beberapa jenis UAV yang biasa digunakan dalam kegiatan pemotretan udara untuk pemetaan, antara lain jenis *fixed wing* dan *multi-rotor*. Dalam penelitian ini digunakan UAV *multi rotor*. Pemilihan jenis UAV ini berdasarkan dari kebutuhan dan keunggulan dari UAV tersebut. Adapun keunggulan jenis *multi rotor* dibandingkan dengan jenis lainnya adalah penggunaannya mudah, kemampuan wahana *multi rotor* untuk *hover* (diam di tempat) dan manuver yang lebih lincah serta tidak membutuhkan area luas umtuk *take off* dan *landing*. (Chapman, 2016)



Gambar 4. UAV phantom-3-pro

Pada pelaksanan pemotretan udara ini ada beberapa tahapan yang harus dilakukan selain menentukan AOI dan titik kontrol, yaitu menentukan jalur terbang, merencanakan ketinggian terbang, dan merencanakan *overlap* foto. Ketiga langkah ini dapat dilakukan secara otomatis dan *autopilot*, ataupun dilaksanakan secara manual dengan menggunakan pengendali jarak jauh (*remote kontrol*). Dalam penelitian ini karena banyaknya gangguan sinyal pada area studi, maka penerbangan dan pemotretan dilaksanakan secara manual. Pemotretan dilakukan pada tinggi terbang 65m dan jarak antar eksposur adalah 10m.



Gambar 5. Pemotretan udara dengan UAV

13) Pengolahan data titik kontrol tanah

Data ukuran titik kontrol tanah yang diukur menggunakan GPS/GNSS selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak *GeoGenius*. Pemilihan perangkat lunak ini didasarkan pada penggunaan yang mudah dan dapat memberikan hasil yang relatif baik.

14) Pengolahan foto udara

Pengolahan data foto udara menggunakan perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak

fotogrametris yang digunakan untuk pembuatan *point cloud* dari foto bertampalan secara otomatis, sehingga dapat membentuk model tiga dimensi yang berkualitas. Terdapat empat tahap utama dalam pembentukan model tiga dimensi pada perangkat lunak *Agisoft PhotoScan*. Tahap pertama adalah tahapan untuk mentukan posisi kamera untuk setiap foto *(alignment photo*), sehingga tiap-tiap foto dapat ditentukan posisi relatifnya. Hasil dari tahap ini adalah *tie point cloud* dan konfigurasi posisi kamera. Tahap kedua adalah pembentukan *dense point cloud*, yaitu pembentukan titik-titik yang mewakili bentuk permukaan dari objek. Titik-titik tersebut terbentuk dari piksel yang memiliki derajat keabuan yang sama dari foto yang bertampalan.

Tahap ketiga adalah pembentukan *mesh.* Prinsip dasar pembentukan *mesh* adalah melakukan pembentukan poligon di permukaan obyek berdasarkan titik-titik *dense point cloud*. Poligon-poligon tersebut pada umumnya berbentuk segitiga dan segiempat yang kemudian digabungkan satu sama lain sehingga membentuk suatu permukaan obyek yang solid.

Tahap keempat adalah pembentukan tekstur dari objek yang dimodelkan. Pembuatan tekstur atau pemberian warna pada model tiga dimensi diperoleh dari foto-foto yang digunakan dalam pemodelan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengolahan data GPS/GNSS

Hasil keenam sesi pengukuran tersebut diolah menggunakan perangkat lunak Geogenius untuk mendapatkan koordinat dan ketelitian masing-masing titik kontrol. Hasil pengolahan dari keenam sesi pengukuran tersebut di hasilkan ketelitian horizontal 4,5 cm dan ketelitian vertikal 10,5 cm. Ketelitian tersebut masih kurang teliti untuk digunakan sebagai acuan pengukuran TLS ataupun foto udara.

Setelah dilakukan pengecekan ulang, ditemukan bahwa hasil pengukuran pada sesi 5 dan 6 kurang baik sehingga pengolahan data GPS/GNSS yang digunakan hanya sampai sesi 4. Hasil dari keempat sesi pengukuran tersebut dihasilkan ketelitian horizontal sebesar 1 cm dan ketelitian vertikal 2,7 cm.

Pengolahan terhadap empat sesi tersebut dihasilkan lima titik di daerah penelitian dan 1 titik fix. Lima titik yang dihasilkan masih kurang memadai apabila digunakan untuk proses *georeferencing* untuk foto udara, karena titik tersebut kurang merata di semua bagian di lokasi penelitian. Untuk menambah titik kontrol lainnya, maka pengukuran titik kontrol dilakukan menggunakan Total Station.

Adapun hasil dari penentuan titik kontrol dengan teknologi GPS/GNSS dan Total Station disajikan dalam Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Hasil pengukuran titik kontrol

Titik	E	N	Z
BM 1	429964.753 m E	9137753.904 m S	131.104
BM 2	430050.893 m E	9137611.454 M S	130.327
BM 3	430097.904 M E	9137569.385 M S	130.09
BM 4	429976.135 M E	9137591.817 M S	130.505
BM 5	429953.035 M E	9137627.298 M S	130.447
BM 6	429977.253 M E	9137642.641 M S	130.326
BM 7	429977.804 M E	9137611.454 M S	130.517
BM 8	429989.794 M E	9137617.333 M S	130.236
BM 9	430039.296 M E	9137742.362 M S	131.212
BM 10	430122.319 M E	9137627.701 M S	131.198

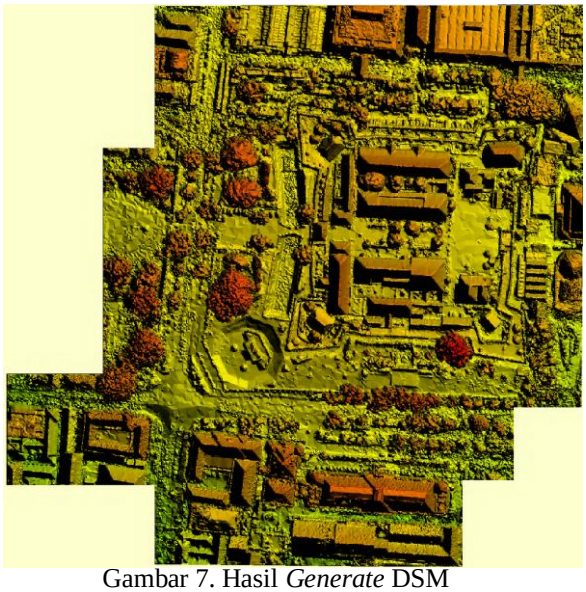
Kesepuluh titik tersebut selanjutnya digunakan untuk melakukan georeferncing terhadap hasil pemotretan udara di kawasan titik KM 0 Yogyakarta.

Hasil pemotretan udara

Pemotretan dengan Dji Phantom 3 pro pada ketinggian terbang 65 m, diperoleh nilai GSD sebesar 7.5cm. Kawasan titik nol kilometer yang dipotret adalah seluas 12 Hektar, dengan jumlah foto sebanyak 125 buah foto. Pengolahan foto udara menghasilkan beberapa luaran, yaitu mozaik orthophoto, *Digital Surface Model* (DSM) dan model 3D *pointclouds*. Koordinat titik kontrol tanah digunakan untuk proses georeferensi foto udara sehingga peta orthophoto sudah terikat pada koordinat yang sebenarnya. Gambar 6 merupakah hasil pengolahan data foto udara (*mozaik orthophoto*), sedangkan gambar 7 adalah hasil *generete* DSM foto udara UAV.



Gambar 6. Hasil Orthophoto



Gambar 7. Hasil *Generate* DSM

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

6. Hasil pengukuran titik kontrol dengan teknologi GPS/GNSS hanya digunakan pada empat sesi pengukuran, karena pada pengukuran dua sesi terakhir didapatkan ketelitian yang kurang baik, yakni sebesar 4,5 cm untuk ketelitian horizontal dan 10,5 cm untuk ketelitian vertikal. Nilai ketelitian tersebut tidak cukup memadai untuk proses *georeferncing*. Dengan melakukan pengolahan pada empat sesi pengukuran didapatkan hasil dengan ketelitian pengukuran sebesar 1 cm (horizontal) dan 2,7 cm (vertikal).
7. Karena terdapat dua sesi pengukuran yang hasilnya tidak dapat digunakan, maka untuk mencukupi jumlah titik kontrol untuk melakukan georeferencing, maka penambahan titik dilakukan dengan menggunakan total station.
8. Pemotretan udara dengan wahana UAV jenis *multi rotor* terbukti efisien digunakan untuk melakukan pemetaan *small area* daerah perkotaan.
9. Produk dari pemetaan UAV (mozaik orthophoto dan DSM) menggunakan jenis Dji Phantom 3 Pro mampu memberikan kenampakan yang realistik, detail dan foto yang dihasilkan memberikan tingkat radiometrik yang baik. Hasil mozaik foto yang detail dan jelas akan mempermudah dalam identifikasi dan dokumentasi khususnya untuk pelestarian kawasan cagar budaya.
5. Foto UAV Dji phantom 3 pro mampu meng-*generate* data DSM dengan resolusi < 10 cm untuk tiap piksel, sehingga data profil permukaan tanah bisa dimodelkan dengan baik.

Saran

Perlu dilakukan uji akurasi hasil produk Foto UAV agar memberikan gambaran tingkat akurasinya, baik dalam aspek horizontal maupun vertikal.

Ucapan terima kasih

Ucapan Terima Kasih penulis sampaikan kepada LPPM UGM atas hibah dana sehingga penelitian ini bisa terlaksana. Ucapan terimakasih penulis sampaikan juga kepada Kepala Museum Benteng Vredeburg atas ijin yang diberikan.

Daftar Pustaka

Chapman, A.., (2016), *Types of Drones: Multi-Rotor vs Fixed-Wing vs Single Rotor vs Hybrid VTOL*, Drone Magazine, issue 3, Juni 2016, Australia.

Pemerintah Provinsi DIY, (2010) *Perda DIY No. 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta 2009-2029*, Yogyakarta

Pemerintah Provinsi DIY, (2012) *Perda DIY No. 6 Tahun 2012 tentang Pelestarian Warisan Budaya dan Cagar Budaya*, Yogyakarta

Satirapod, C. dan Kriengkraiwasin, S. (2006), *Performance of Single-frequency GPS Precise Point Positioning*. avalaible from http://www.gisdevelopment.net/technology/gps/ma06_19pf.htm

Shaw, I., (2013), *Predator Empire: The Geopolitics of US Drone Warfare*, Geopolitics, 00:1-24.

Sulaeman, Ade., (2013), *WWF Lestarikan Gajah dengan 'Drone'*, Intisari, dimuat dalam laman http://www.intisari-online.com/read/wwf-lestarikan-gajah-dengan-drone diakses tanggal 6 Oktober 2016

Suradji, A., Anto, GH., Jaya, G., Pinem., E.L.Br., dan Wulansih, (2009), *Pengukuran Ground Kontrol Point Untuk Citra Satelit Citra Satelit Resolusi Tinggi Dengan Metode GPS PPP*, Prosiding Seminar Nasional: Revitalisasi Data dan Informasi Keruangan (Geospasial) untuk Meningkatkan Efisiensi Pengelolaan Potensi Sumber Daya Daerah, Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta

Kajian Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi *Multiple Image* untuk Pemetaan Skala Besar

Monica Maharani[a], Harintaka[b], Prijono Nugroho D[c]

a, Alumni S2 Teknik Geomatika, Pascasarjana FT UGM (monica.maharani@ugm.ac.id)
[b,c] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi, FT UGM

ABSTRACT

Orthorectification is a essential process for High Resolution Satellite Imagery (HRST) produces two-dimensional spatial data that has horizontal accuracy which comply the criteria of large-scale maps. Existing research found different related factors that affect the precision of orthorectified image and had not thoroughly examine the effect of all orthorectification components (materials and methods) to orthorectified results. The materials used in the process are Digital Elevation Model (DEM), Ground Control Point Land (GCP) and the HRST. The method used in the process is multiple image. This study evaluated the effect of orthorectified components to results orthomosaic result.

The location of this research is the Badung regency, Bali and its surroundings are covered in eight images. All the materials used was qualified before. Multiple images process conducted by several experiments with variations number of GCP. The results of this process is ortomosaic image. Orthomosaic images were geometric analyzed by Independet Check Point (ICP). DEM influence be observed by the effect of relief displacement correction were able to do. GCP influence be observed with comparison of number GCP used with precision geometry can be produced.

This study discovered that the materials used in the process has no effect on geometric accuration of ortomosaic image. DEM used has no correction to accommodate the relief displacement correction, increasing the number GCP did not give increase of geometric accuration of ortomosaic image results. Orthorectified imagery met the standards of large-scale maps.

Keywords *high resolution satellite imagery, multiple image, orthorectification, digital elevation model, ground control point*

Pendahuluan

Latar Belakang

Indonesia tengah menyusun Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) 2015-2019 sesuai dengan Peraturan Presiden RI nomor 2 Tahun 2015. RPJMN membutuhkan dukungan data spasial berupa peta skala besar untuk keperluan perencanaan dan berbagai isu strategis terkait RPJMN (Bappenas, 2014). Mengingat luas wilayah Indonesia yang begitu besar dan masih banyak kabupaten/kota yang belum memiliki peta skala besar, pengadaan peta skala besar dengan cara pemetaan konvensional tentu kurang efektif. Oleh karena itu, alternative yang dipilih untuk mendukung pengadaan peta skala besar adalah pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi (CSRT) untuk memperoleh data spasial 2 dimensi.

Dalam praktiknya pemanfaatan CSRT untuk pembuatan peta memerlukan pengolahan data yang lebih rumit dan terkontrol jika dibandingkan dengan penggunaan citra satelit resolusi sedang dan rendah. Dalam proses georeferensi pun, menurut *United States Geological Survey* (USGS) (2015) CSRT tidak cukup direktifikasi saja melainkan harus diortorektifikasi. Proses ortorektifikasi membuat citra nantinya tidak hanya terbebas dari kesalahan karena kemiringan sensor saja, melainkan juga terbebas dari distorsi akibat adanya pergeseran relief pada objek dalam citra (Welch dan Jordan, 1996).

Adanya beberapa temuan yang berbeda terkait faktor yang mempengaruhi kualitas ortorektifikasi CSRT mendukung perlu dilakukan penelitian secara lebih lanjut terkait hal tersebut. Selain itu, belum terdapat penelitian mengenai proses *multiple image* yang kini digunakan dalam ortorektifikasi sebagian besar wilayah di Indonesia. Mengingat proses ortorektifikasi merupakan proses yang penting dalam pengolahan CSRT, perlu dilakukan penelitian terkait pengaruh seluruh komponen ortorektifikasi mulai dari kualitas bahan, penggunaan bahan, hingga cara pemrosesan pada hasil ortorektifikasi CSRT yang mampu dihasilkan untuk keperluan pembuatan peta skala besar.

Tinjauan Pustaka

Proses ortorektifikasi sangat penting perannya

karena mampu menghilangkan efek distorsi sekaligus pergersaran relief pada citra, sehingga nantinya dapat diperoleh hasil berupa citra yang telah memiliki geometri sesuai dengan kondisi asli di lapangan (Paine dan Kiser, 2012). Dengan adanya proses ortorektifikasi CSRT (Ikonos dan QiuckBird) mampu menghasilkan peta skala 1:10.000 dan 1:5.000 (Amato, dkk., 2004). Octariady (2014) pun membuktikan bahwa citra QuickBird yang terortorektifikasi mampu menghasilkan peta mencapai skala 1:2.500 untuk area yang relatif datar.

Salah satu komponen yang ada dalam proses ortorektifikasi adalah CSRT itu sendiri. Ternyata, adanya perbedaan sensor penghasil CSRT dapat memberikan pengaruh pada hasil pengolahan citra yang dilakukan (Aguilar, dkk. 2012). Selain perbedaan sensor citra, penggunaan MED yang berkualitas menghasilkan skala peta yang semakin tinggi (Amato, dkk. 2004). Poli (2014) pun menemukan bahwa citra Worldview, Geoeye maupun Pleiades dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1:1.000 apabila digunakan data MED LiDAR dalam pemrosesannya.

Namun demikian, terdapat perbedaan pendapat mengenai faktor–faktor yang mempengaruhi hasil ortorektifikasi citra. Octariady (2014) dan Toutin dan Cheng (2002) yang menyatakan bahwa faktor yang mempengaruhi ketelitian CSRT teroktorektifikasi adalah jumlah dan distribusi TKT, bukan MED yang digunakan. Hal lain justru ditemukan oleh Leksono dan Susilowati (2008) yang menyatakan bahwa penambahan jumlah TKT dari 10 menjadi 22 ternyata tidak mengubah ketelitian citra yang telah terortorektifikasi secara signifikan, karena perubahan yang terjadi hanya sebesar 2 sampai 3 sentimeter saja. Amato (2004) juga menunjukkan hasil penelitian yang sama, yakni tidak terjadinya perubahan ketelitian hasil ortorektifikasi citra yang signifikan saat dilakukannya penambahan jumlah TKT pada proses ortorektifikasi.

Landasan Teori

Ortorektifikasi

Proses ortorektifikasi merupakan pekerjaan mendasar pada pengolahan CSRT (Gianonne, 2006). Proses ortorektifikasi akan menghasilkan citra yang terortorektifikasi (Baltsavias, dkk., 2006). Citra yang terortorektifikasi adalah citra yang telah terbebas dari kesalahan distorsi pada sensor perekaman maupun distorsi karena pergeseran relief (Welch dan Jordan, 1996). Ortorektifikasi memiliki maksud untuk mengurangkan kesalahan posisi sensor terhadap posisi aslinya di permukaan bumi (Merce, 2015).

Proses ortorektifikasi melibatkan MED dan TKT. MED dalam proses ortorektifikasi diperlukan karena keberadaan TKT untuk melakukan proses rektifikasi pada CSRT saja tidak cukup (Weng, 2011; Reddy, 2008; Lillesand, dkk., 2004; Janssen dan Huurneman, 2001). Distorsi yang dikoreksi oleh rektifikasi menggunakan TKT, sesungguhnya memunculkan distorsi baru pada daerah yang jauh dari posisi TKT (PCI, 2003). TKT juga tidak dapat melakukan koreksi terhadap pergeseran relief yang terjadi pada citra. Oleh karena itu, MED diperlukan untuk menghilangkan pergeseran relief (Baltsavias, dkk., 2006).

Ada dua kelompok model matematik yang digunakan dalam proses ortorektifikasi, yakni parametrik dan non−parametrik (Aguilar, dkk., 2012). Parametrik adalah suatu model matematik *rigorous* 3 dimensi atau model matematik fisik yang dapat menyajikan secara akurat gerakan sensor satelit di ruang angkasa dan hubungan antara ruang citra satelit dan ruang tanah. Penggunaan metode ini tergantung pada ketersediaan informasi mengenai sensor dan data efemeris satelit. Metode ini hanya dapat dilakukan apabila data mengenai sensor dan data efemeris satelit tersedia. Non−parametrik adalah suatu model empirik atau aproksimasi yang memberikan perkiraan hubungan antara ruang gambar dan ruang objek tanpa membutuhkan informasi mengenai pergerakan sensor di ruang angkasa, efemetis satelit ataupun kondisi satelit. Model matematik yang digunakan untuk proses transformasi sistem koordinat citra ke sistem koordinat tanah adalah *rational fuction* (Aguilar, dkk. 2012). Pada penelitian ini, ortorektifikasi dilakukan menggunakan model non−parametrik dengan *rational function*, sesuai dengan prosedur yang biasa dilakukan oleh BIG.

Rational Polynomial Coefficient (RPC)

Rational Polynomial Coefficient (RPC) menurut ASTRIUM (2012) adalah suatu model analitik yang menunjukkan hubungan antara koordinat citra, *altitude* dan koordinat tanah. RPC merupakan perbandingan dua polinomial kubik koordinat tanah dan menyediakan fungsional antara koordinat tanah dan koordinat citra (Frianzah, 2009). Dalam penelitian ini, proses ortorektifikasi dilakukan secara non−parametrik dengan melibatkan *rational function* berupa RPC.

Rational function disediakan untuk membawa koordinat tanah ke koordinat citra secara berurutan (Julzarika, 2010). Untuk memperbaiki ketelitian numerik, koordinat citra dan tanah dinormalisasikan ke *range* < -1 dan +1> menggunakan *offsets* dan faktor skala tertentu (Grodecki, dkk., 2004). Persamaan denormalisasi RPC kemudian dilinearisasi menggunakan Deret Taylor. Selanjutnya, turunan parsial dihitung sehingga dapat dibentuk persamaan observasinya. Koordinat tanah nantinya dapat diperoleh melalui proses iterasi. Pada setiap tahapan iterasi, digunakan dasar hitungan

hitung perataan kuadrat terkecil untuk menghasilkan koordinat tanah pendekatan.

Pergeseran Relief

Pergeseran relief atau pergeseran bayangan merupakan ketidak tepatan posisi objek pada citra yang disebabkan oleh perbedaan tinggi terhadap bidang referensi (Harintaka, 2003). Efek pergeseran bayangan objek pada citra selalu terjadi pada lokasi yang menjauhi pusat proyeksi. Pada CSRT, pusat proyeksi berada di sepanjang jalur perekaman data yaitu pada posisi vertikal citra, karena sensor yang digunakan untuk merekam objek di permukaan bumi merupakan sensor *pushbroom*.
Semakin besar nilai ketinggian objek dan semakin jauh jarak bayangan dari pusat proyeksi, maka nilai pergeseran relief akan jauh lebih besar. Pergeseran relief bernilai 0 apabila objek tersebut berada pada nilai r' = 0 atau objek tepat berada pada pusat proyeksi citra (Lillesand, dkk., 2004). Weng (2011) menjelaskan bahwa dalam proses ortorektifikasi, dilakukan koreksi pergeseran relief secara bagian per bagian atau piksel per piksel. Koreksi ini mengakibatkan objek yang tadinya memiliki ketinggian seolah−olah menjadi datar.

Metodologi

Data Penelitian

Data primer yang terdiri atas :

(a) 8 buah *bundle data* CSRT Kabupaten Badung dan sekitarnya.
(b) MED Kabupaten Badung dan sekitarnya yang diperoleh dari TerraSAR−X.
(c) Koordinat TKT dan *Independent Check Point* (ICP) Kabupaten Badung yang diperoleh dari pengukuran menggunakan GPS Geodetik.

Seluruh CSRT yang digunakan telah mengalami proses *resampling* sehingga memiliki resolusi spasial sebesar 0,5 meter untuk kanal pankromatik dan 2 meter untuk kanal multispektral

Peralatan Penelitian

Penelitian ini menggunakan perangkat keras berupa computer dan pernagkat lunak berupa :

(a) Pixel Factory yang digunakan untuk melakukan proses ortorektifikasi secara *multiple image*, beserta proses *pansharpening* hasil ortorektifikasi secara *multiple image*.
(b) Perangkat lunak pengolah citra yang digunakan untuk melakukan perhitungan jumlah luasan awan yang terdapat pada setiap *scene* citra yang digunakan sebagai salah satu data kontrol kualitas dan melakukan pengujian hasil ortorektifikasi.
(c) Perangkat lunak pengolah MED yang digunakan untuk membantu proses kontrol MED.
(d) Wordpad yang digunakan untuk manajemen data.

Hasil dan Pembahasan

Hasil Pemrosesan

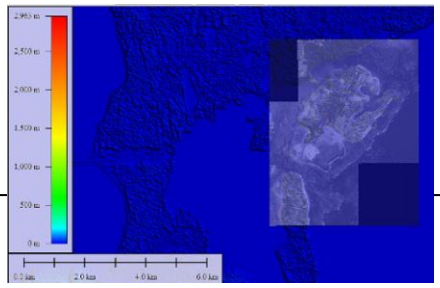
Hasil hitungan menunjukkan nilai RMSE yang dihasilkan pada seluruh pemrosesan *multiple image* dengan variasi beberapa variasi TKT mencapai kriteria peta skala besar menurut BIG. Pada pemrosesan secara *multiple image* ini, pendefinisian TKT tidak menyimpang cukup signifikan dengan pendekatan RPC karena RMSE yang dihasilkan kurang dari 2,5 meter.

Pengaruh Penggunaan Model Elevasi Digital dan Titik Kontrol Tanah secara Keseluruhan pada Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi

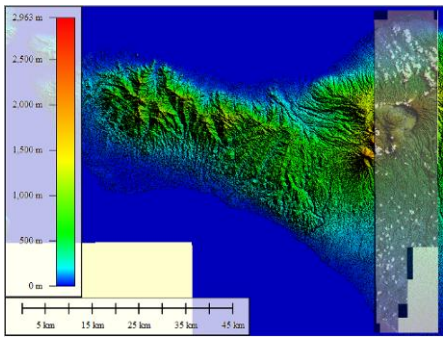
Pengaruh Model Elevasi Digital pada Keseluruhan Proses Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi.

Analisis pengaruh MED pada keseluruhan proses ortorektifikasi citra dilakukan dengan terlebih dahulu menghitung besar kisaran pergeseran relief yang terjadi pada setiap citra. Hasil perhitungan menunjukkan pergeseran relief terkecil yang terjadi pada citra adalah 0,08 dan 0,22 meter atau sekitar 0,2 piksel dan 0,4 piksel, sedangkan yang terbesar adalah 10,01 dan 10,41 meter atau sekitar 20 piksel dan 21 piksel. MED yang digunakan adalah MED TerraSAR−X yang memiliki resolusi sebesar 9 meter.

Nilai pergeseran relief yang terkecil ada pada citra WorldView 019 yang memiliki area relatif datar seperti pada Gambar 2. Dengan resolusi MED sebesar 9 meter, sedangkan nilai pergeseran relief bahkan kurang dari 1 piksel, sesungguhnya MED yang digunakan tidak terlalu berpengaruh pada citra tersebut. Berbeda dengan citra WorldView 016 memiliki nilai pergeseran relief yang dimiliki oleh citra adalah 10,41 meter atau 20,82 piksel. Citra WorldView 016 yang memiliki nilai pergeseran relief terbesar memang memiliki area yang memiliki variasi topografi cukup tajam dapat dilihat seperti pada Gambar 3. Diperlukan koreksi untuk setiap piksel citranya, yakni berselang setiap 0,5 meter agar kesalahan relief sebesar itu dapat dikoreksi. Hasil analisis dalam tahapan ini menunjukkan bahwa MED yang digunakan dalam penelitian ini, masih kurang efektif untuk digunakan.



Gambar 2. *Overlay* WorldView 019 dengan MED TerraSAR−X.



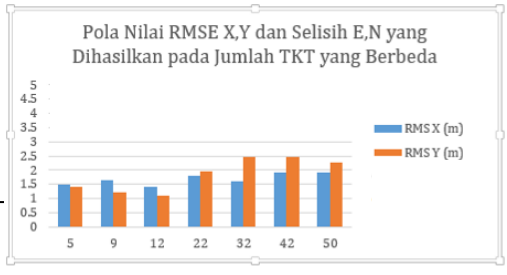
Gambar 3. *Overlay* WorldView 016 dengan MED TerraSAR−X.

Pengaruh Jumlah Titik Kontrol Tanah pada Hasil Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi

Pemrosesan secara *multiple image* menggunakan jumlah titik kontrol tanah (TKT) yang berbeda−beda mencapai 7 macam variasi. Ketujuh pemrosesan tersebut menghasilkan hasil ortorektifikasi yang berbeda dari segi geometri. Pola perbedaan tersebut dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil analisis menunjukkan penambahan jumlah TKT sebanyak 45 TKT dari 5 TKT menjadi 50 TKT ternyata tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap ketelitian hasil ortomosaik citra. Kenaikan ketelitian hasil ortomosaik citra yang diperoleh dari penambahan titik sejumlah 50 hanya sebesar 0,2 meter saja.

Kenampakan Hasil Ortorektifikasi dan Kesesuaian Kesatuan Citra yang Diperoleh

Hasil analisis pada citra tersebut untuk kenampakan adalah, citra yang dihasilkan memiliki radiometri yang merata. Seluruh citra memiliki kenampakan *true colour* dan tidak ada sedikitpun bagian citra yang memiliki kenampakan *false colour*. Kenampakan tampilan tersebut dapat dilihat pada Gambar 5. Hal ini diperoleh karena pada perangkat Pixel Factory sebelum dilakukan proses *pansharpening*, dilakukan terlebih dahulu proses pendefinisian *band* untuk setiap citranya sehingga nanti hasilnya seragam. Pada hasil pemrosesan ini tidak terdapat kerusakan hingga menyebabkan distorsi yang sangat jauh imbasnya.



Gambar 4. Pola nilai RMSE X,Y yang dihasilkan pada jumlah TKT yang berbeda.



Gambar 5. Area sambungan antar *scene* citra memiliki warna *true colour.*

Hasil Evaluasi Ortomosaik Citra Berdasarkan Standar Ortorektifikasi Berdasarkan Standar Ortorektifikasi Badan Informasi Geospasial

Analisis hasil ortomosaik citra dari kedua metode berdasarkan standar ortorektifikasi, dilakukan dengan melakukan menghitung ketelitian horizontal ortomosaik. Nilai yang harus dicari adalah akurasi horizontal yang dihasilkan dari proses ortorektifikasi menggunakan tingkat kepercayaan 90 persen. Nilai akurasi horizontal yang diperoleh dari pemrosesan memenuhi standar peta skala besar.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, maka terdapat beberapa kesimpulan yang dapat diperoleh. Kesimpulan tersebut adalah :

1. Bahan ortorektifikasi tidak berpengaruh pada ketelitian hasil ortomosaik citra. Hal ini disebabkan karena MED yang digunakan hanya memiliki resolusi sebesar 9 meter, sehingga tidak mampu mengakomodasi koreksi pergerseran relief yang terjadi setiap 1 piksel citra atau setara dengan 0,5 meter. Selain itu, penambahan jumlah TKT pada pemrosesan pun, tidak memberikan kenaikan nilai ketelitian yang signifikan pada hasil proses ortomosaik citra.
2. Metode *multiple image* menghasilkan ortomosaik citra dengan kualitas geometri dan radiometri yang baik. Kualitas geometri yang baik ditunjukkan dengan diperolehnya nilai RMSE hasil cek ICP yang kecil, sedangkan kualitas radiometri ditunjukkan dengan tampilan citra

yang menunjukkan *true colour* pada seluruh bagiannya.

Saran

Beberapa kasus dalam penelitian ini menghasilkan beberapa saran. Saran tersebut adalah :

1. Perlu dilakukan penelitian kembali apabila MED yang digunakan bukan TerraSAR-X melainkan MED yang lebih baik lagi resolusinya.
2. Standar ortorektifikasi yang ditetapkan oleh BIG perlu disempurnakan pada bagian standar proses pengolahan citra, hingga standar pengecekan kualitas geometri citra hasil proses ortorektifikasi untuk pembuatan peta skala besar. Standar yang ada saat ini, merupakan standar kualitas yang harus dimiliki peta skala sehingga nilai kesalahan digitasi saat pembuatan peta dianggap 0 (nol). Standar pengecekan hasil ortorektifikasi dapat dilihat contohnya dari USGS.

Ucapan Terimakasih

Terimakasih kepada seluruh staf Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponimi (PPRT) Badan Informasi Geospasial.

Daftar Pustaka

Aguilar, M. A., Saldana, M. d. M. dan Aguilar, F. J. 2012. Assessing Geometric Accuracy of the Orthorectification Process from GeoEye-1 and WorldView-2 Panchromatic Images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 21**,** 427–435.

Albertz, J. dan Wolf, B. 2004. Generating True Orthoimages Without A 3D Surface Model. *XXth ISPRS Congress Technical Commission III,* 35 Part B3**,** 693697.

Amato, R., Dardanelli, G., Emmolo, D., Franco, V., Lo, B. M., Midulla, P., Orlando, P. dan Villa, B. 2004. Digital Orthophotos at A Scale Of 1:5000 From High Resolution Satellite Images. *XXth ISPRS Congress Technical Commission IV,* 35 Part B4**,** 593-598.

Astrium, 2012, Pleiades User Guide, GEO-Information Services, Eads Company, Centre National D'Etudes Spatiales.

Ayhan, E., Erden, Ö., Atay, G. dan Tunc, E. 2006. Digital Orthophoto Generation with Aerial Photos and Satellite Images and Analyzing of Factors which Affect Accuracy. *FIG Congress Photogrammetry and Remote Sensing*, 23**,** 0552-0565.

Badan Perencanaan Pembangunan Nasional (BAPPENAS), 2014, Rancangan Teknokratik Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015-2019, Buku I Agenda Pembangunan Nasional, Republik Indonesia.

Baltsavias, E., Zhang, L., Holland, D., Srivastava, P. K., Krishna, B. G. dan Srinivasan, T. P. 2006. Extraction of Geospatial Information from High Spatial Resolution Optical Satellite Sensors. *ISPRS Technical Commission IV Symposium "Geospatial Databases for Sustainable Development",* 36 Part 4.

Barazzetti, Luigi, Brovelli, Antonia, M., Valentini dan Luana 2010. LiDAR Digital Building Models for True Orthophoto Generation. *Applied Geomatics*, 2**,** 187-196.

Cheng, P. dan Toutin, T. 2001. Orthorectification and DEM Generation from High Resolution Satellite Data. *Paper presented at the* 22*nd Asian Conference on Remote Sensing,* 5**,** 9.

Frianzah, A., 2009. *Pembuatan Orthoimage dari Citra ALOS Prism,* Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.

Giannone, F. 2006. *A Rigorous Model for High Resolution Satellite Imagery Orientation.* University of Rome.

Grodecki, J. and Dial, G., 2003. Block adjustment of highresolution satellite images described by rational functions. 69(1), pp. 59–70. jurnal. ASPRS,

Grodecki, J., Dial, G. and Lutes, J., 2004. Mathematical model for 3D feature extraction from multiple satellite images described by RPCs. In: ASPRS Annual Conf. Proc.

Harintaka, 2003. *Penggunaan Persamaan Kolinier untuk Rektifikasi Citra Satelit SPOT secara Parsial.* Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.

Janssen, L. L. F. dan Huurneman, G. C. 2001. *Principles of Remote Sensing,* Enschede, International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC).

Julzarika, A. 2010. Perbandingan Teknik Orthorektifikasi Citra Satelit SPOT-5 Wilayah Semarang dengan Metode DMP dan RPCs. jurnal. LAPAN.

Leksono, B. E. dan Susilowati, Y. 2008. The Accuracy Improvement of Spatial Data for Land Parcel and Buildings Taxation Objects by Using the Large Scale Ortho Image Data. *Integrating Generations FIG Working Week 2008*.

Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. dan Chipman, J. W. 2004. *Remote Sensing and Image Interpretation*, United States of America, John Wiley & Son, Inc.

Merce. JB., 2015, "Orthorectification of Satellite Images Using External DEMs from IfSAR, Intermap Technologies Corp.

Octariady, 2014, "Ortorektifikasi Citra Quick Bird Menggunakan Model Elevasi Digital dengan Berbagai Ketelitian dan Berbagai Jumlah Titik Kontrol Tanah", tesis, Pascasarjana Teknik Geomatika Universitas Gadjah Mada.

Paine, D. P. dan Kiser, J. D. 2012. *Aerial Photography and Image Interpretation*, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc.

PCI, G. 2003. Geomatica OrthoEngine - User Guide. *PCI Geomatics Enterprise Inc*.

Poli, D., 2014, "Radiometric and geometric evaluation of GeoEye-1, WorldView-2, and Pleiades-1A stereo images for 3D information extraction", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 100 (2015)* 35-47.

Reddy, M. A. 2008. *Remote Sensing and Geographical Information Systems* Hyderabad, BS Publications.

Toutin, T. dan Cheng, P. 2002. QuickBird – A Milestone for High Resolution Mapping. *Earth Observation Magazine,* 11 no 4**,** 14-18.

USGS, 2012, "Digital Orthoimagery Base Specification V1.0", *U.S.Geological Survey Standars*. Chapter 5 : Book 11, Collection and Delineation of Spatial Data.

Welch, R. dan Jordan, T. 1996. Using Scanned Aerial Photographs. *Raster Imagery in Geographic Information Systems***,** 1-36.

Weng, Q. 2011. *Advances in Environmental Remote Sensing - Sensors, Algorithms, and Applications*, New York, CRC Press Taylor & Francis Group

Pemanfaatan ESRI Geoportal untuk Pembuatan Geoportal Kabupaten Kulon Progo

Hamari Sikyarto[a*], Heri Sutanta[b]

[a] Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (hamari.sikyarto@mail.ugm.ac.id)
[b,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (herisutanta@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Geospatial data are indispensable in supporting any development activities. To provide legal umbrella, the government has issued Presidential Decree No.27 of 2014 on National Geospatial Information Network. This regulation is expected to accelerate the dissemination of online geospatial information especially for local government and ministries through spatial data infrastructure (SDI). One of the important element in technical aspect of SDI is geoportal. Geoportal acts as a gateway to geospatial data repository. In it, not only geospatial data that is being stored, but also metadata. Development of a geoportal, thus, is an essential element of a SDI. This paper describes a process of development a geoportal for local government.

The location of the geoportal developmenjt was Kabupaten Kulon Progo. ESRI geoportal, an open source software package from ESRI, was used to develop the geoportal. In additiongeoserver, apache directory studio was also use. Web Map Services (WMS) and Web Feature Service (WFS) protocol were used. Metadata was also created to enable search and discovery of data. The draf of Indonesian country profile metadata, which is a summary of ISO 19115, was used.

Geoportal of Kabupaten Kulon Progo has been developed. There were three key features in the geoportal: the search and discovery of data, map viewer, and download. WFS protocol was used to facilitate download data in this geoportal. In addition, in order to WMS protocols can run it requires WMS protocols version 1.3.0 to show data in the geoportal. Based on usability test, the geoportal has been rated as easy to use, informative and equipped with necessary functionalities to operate.

Keywords: *IDS, geoserver, geoportal, ESRI Geoportal, metadata*

Pendahuluan

Data geospasial dan informasi geospasial menjadi salah satu kebutuhan yang penting untuk mendukung pembangunan di Indonesia. DG dapat memudahkan pemangku kebijakan untuk mengambil kebijakan mengenai pembangunan di daerah dengan tepat. Pengertian formal data dan informasi geospasial menurut UU No. 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial pasal 1 sampai dengan 4 adalah, Data Geospasial (DG) adalah "data tentang lokasi geografis, dimensi atau ukuran, dan/atau karakteristik objek alam dan/atau buatan manusia yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi". Informasi Geospasial (IG) adalah "DG yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan/atau pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumian". Supaya DG dan IG dapat dimanfaatkan secara optimal oleh semua pihak terkait, dibutuhkan pengelolaan yang baik. Dalam hal penyebarluasan DG dan IG, pengelolaan bertujuan supaya DG dan IG tersedia (*available*), keberadaannya diketahui (*visible*), dan dapat diakses (*accessible*).

Pengorganisasian DG yang baik akan mendukung penggunaan data geospasial melalui mekanisme berbagi-pakai DG/IG antar penyedia data dan memfasilitasi hubungan antara penyedia dengan pengguna (Rajabifard dan Williamson, 2001). Konsep berbagi-pakai data dan informasi geospasial dikenal dengan nama Infrastruktur Data Spasial (IDS). Salah satu bagian komponen teknologi IDS adalah geoportal. Geoportal merupakan pintu gerbang yang memfasilitasi pencarian dan akses terhadap sumber data geospasial dalam IDS secara berkelanjutan (Maguire&Longley, 2005). Sebagai pintu gerbang informasi geospasial maka geoportal harus didukung oleh data dan metadata yang baik. Metadata yang baik menjadi kunci untuk mengakses data yang tersimpan dalam geoportal. Metadata merupakan jantung bagi sebuah geoportal.

Terdapat banyak perangkat lunak yang dapat digunakan untuk membangun sebuah geoportal baik

yang sifatnya berbayar seperti ArcGIS Portal yang dikembangkan oleh ESRI ataupun yang sifatnya *open source* seperti ESRI Geoportal, Geonode, Degree, CartoView. Tulisan ini membahas pemanfaatan ESRI Geoportal untuk penyusunan geoportal Kabupaten Kulon Progo. Penggunaan perangkat lunak *open source* diharapkan mampu menekan biaya investasi yang harus dikeluarkan pemerintah untuk mewujudkan impementasi IDS di tingkat daerah dan simpul jaringan ditingkat daerah tanpa mengurangi kualitas dari layanan berbagi pakai data geospasial tersebut.

Metode

Data yang digunakan kegiatan ini adalah Data IGD (Informasi Geospasial Dasar) dan IGT (Informasi Geospasial Tematik) Kabupaten Kulon Progo yang berasal dari Bappeda Kabupaten Kulon Progo. Pembuatan geopotal ini dilakukan melalui beberapa tahap kegiatan sebagai berikut: pengumpulan data, pembuatan *user level access*, penyimpanan data pada geoserver, publikasi data menggunakan ESRI Geoportal, penyajian data dan pengujian kepada pengguna.

Pengumpulan Data

Data diperoleh dari Bappeda Kulon Progo. Pada tahap pertama diperoleh data IGD Kabupaten Kulon Progo kemudian pada tahap kedua diperoleh data IGT Kabupaten Kulon Progo. Data tersebut kemudian diklasifikasikan untuk menentukan data yang akan diunggah ke sistem.

Pembuatan user level access

User Level Access dibuat di dalam geoportal karena berkaitan dengan masalah keamanan dari sistem tersebut. Pembatasan peran pengguna membuat tidak semua pengguna dapat melakukan pengunggahan data. Hal ini diperlukan supaya data yang ada dalam geoportal dapat terjamin kualitasnya dan otorisasinya. Pembuatan *user access level* ini dilakukan menggunakan perangkat lunak Apache Directory Studio.

Tahap penyimpanan data pada geoserver

Geoserver merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai *server* penyimpan data geospasial. Untuk menyimpan data pada geoserver ada beberapa tahapan penyimpanan yang perlu dilakukan. Tahapan penyimpanan data meliputi:

1. Pembuatan *workspace*. *Workspace* merupakan lembar kerja untuk mengumpulkan data yang memiliki tema yang sama.

2. *Store* berfungsi sebagai tempat penyimpanan data pada server. Pada menu *store* inilah data geospasial akan disimpan ke dalam geoserver.

3. Proses unggah dan publish data *shapefile* ke dalam Geoserver. Proses ini dapat dikerjakan melalui dua cara, yaitu

   a. Cara konvensional,

   Apabila menggunakan cara ini maka setelah proses 1 dan 2 selesai dilakukan pada menu Layers klik *Add New Resources* kemudian pilih publish pada data yang baru saja ditambahkan.

   b. Menggunakan *OpenGeo Explorer plugin* pada aplikasi QGIS.

   Apabila menggunakan cara ini ada beberapa tahapan yang perlu diperhatikan yaitu:

   i. Membuka data pada QGIS yang akan dipublikasikan ke dalam geoserver.

   ii. Melakukan koneksi antara QGIS dengan geoserver.

   iii. Melakukan pengaturan simbol pada QGIS agar tampilan data lebih menarik (apabila diperlukan).

   iv. Mengunggah ke geoserver menggunakan plugin OpenGeo Explorer.

4. Penentuan sistem referensi koordinat

   Penentuan sistem referensi koordinat ini dilakukan untuk menentukan batas wilayah cakupan data geospasial yang ditambahkan. Proses ini juga mendefinisikan sistem referensi yang digunakan pada data tersebut.

5. Pengecekan pada *layer pratinjau*

   Layer pratinjau berfungsi untuk memvisualisasikan data dalam perangkat lunak geoserver. Data yang tersimpan pada geoserver dapat ditambahkan pada geoportal dengan cara mengunakan *request getcapabilities* pada servis WMS dari *layer* yang tersimpan pada geoserver.

Tahap publikasi data pada ESRI Geoportal

ESRI Geoportal merupakan perangkat lunak yang berfungsi sebagai katalog data. Data yang dapat diunggah adalah data geospasial dan metadata data tersebut. Untuk menampilkan data dari geoserver digunakan protocol WMS. Tahapan publikasi data meliputi:

1. Menambahkan *URL* dari geoserver ke ESRI Geoportal menggunakan protokol WMS dari geoserver. Pada tahapan ini dilakukan juga *harvest* metadata dari geoserver.
2. Melakukan *approval resources.* Tujuan dari *approval resources* agar data yang diunggah ke sistem geoportal dapat tampil di dalam mesin pencari yang ada di geoportal. *Approval resources* hanya dapat dilakukan oleh admin geoportal.

3. Mengecek dengan pratinjau. Pratinjau digunakan untuk memvisualisasikan data yang telah dimasukkan ke dalam sistem geoportal. Dalam pratinjau akan diperlihatkan keterangan data tersebut. Selain itu, juga dapat dilakukan proses menambahkan data ke dalam *Map Viewer* maupun melihat metadata atau informasi detail mengenai data tersebut.
4. Menampilkan dalam *Map Viewer. Map Viewer* sendiri fungsinya menyerupai pratinjau akan tetapi memiliki keunggulan untuk menambahkan data lain ke dalam basemap yang digunakan. *Map Viewer* juga dapat mengaktifkan dan menonaktifkan kumpulan layer yang ada. Dalam Map Viewer ini dapat dipilih tampilan peta dasar yang digunakan seperti *aerial*, *street* dan *topographic* dari *openstreet map* maupun servis WMS lain yang memungkinkan.

Tahap penyajian data

Pada tahapan ini dilakukan pembuatan antarmuka yang menarik dan dinamis, kemudian dilanjutkan dengan proses pengujian aplikasi geoportal.

Pembuatan *Map Viewer* geoportal

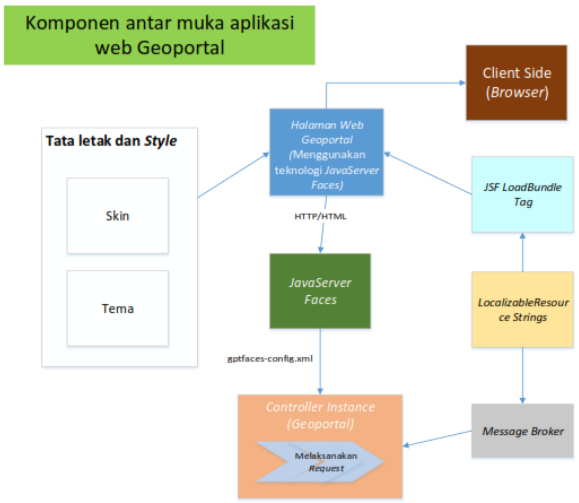
Pembuatan *map viewer* menggunakan aplikasi *ArcGIS Viewer for Flex* yang dapat diunduh secara gratis dari ESRI. *ArcGIS Viewer for Flex* ini membutuhkan Adoble flash *plugin* agar dapat berjalan pada browser Mozilla Firefox, Opera. Ada beberapa tahapan yang perlu diperhatikan dalam pembuatan *map viewer* ini:

1. Membuat aplikasi pada ArcGIS Viewer for Flex.
2. Menambahkan *basemap* dan mengatur *map initial extent*.
3. Menambahkan *widget*. *Widget* ini berfungsi agar *map viewer* dapat melakukan pencarian data, menampilkan *list* dari layer yang telah ditambahkan pada geoportal.
4. Mengatur tata letak peta.
5. Mengatur desain dari *map viewer*.

Penyesuaian script ESRI Geoportal

Penyesuaian script ini bertujuan untuk membedakan geoportal yang akan dibangun dengan geoportal lain yang memanfaatkan ESRI Geoportal. ESRI Geoportal merupakan perangkat lunak berbasis *Java web servlet* sehingga teknologi antarmuka yang digunakan menggunakan *JavaServer Faces*. Tampilan antarmuka dalam ESRI Geoportal diatur menggunakan CSS serta *Java Server Pages* (JSP). CSS berfungsi untuk mengatur tata letak dan tampilan halaman pada geoportal. Apabila ingin mengubah tampilan geoportal, file CSS ini yang diatur. JSP berfungsi untuk menampilkan halaman geoportal seperti bahasa HTML. Skema antarmuka ESRI Geoportal disajikan pada Gambar 19.

Gambar 19. Skema antarmuka ESRI Geoportal (diadaptasi dari Github ESRI Geoportal)



Purwarupa geoportal ini menggunakan draf *country profile* metadata yang merupakan ringkasan dari ISO 19115 yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial. Dasar untuk penyesuaian adalah ISO 19115 yang telah diimplementasikan pada ESRI Geoportal.

Pembuatan file panduan geoportal.

Panduan geoportal dibuat menggunakan CSS dan HTML. Isi file panduan ini disimpan menggunakan file pdf. Dipilihnya file pdf memanfaatkan kemampuan dari browser versi terbaru yang mampu menampilkan file pdf secara langsung.

Pembuatan file halaman unduh data.

Halaman unduh data ini dibuat mengingat secara baku ESRI Geoportal memanfaatkan servis *geoprocessing* dari *ArcGIS Server* sehingga data yang tersimpan pada geoserver tidak dapat dipilih untuk diunduh. Untuk dapat memanfaatkan fasilitas unduh data digunakan protokol WFS dengan menggunakan *request getFeature*.

Pengujian pada Pengguna

Pengujian kepada pengguna bertujuan untuk menguji sejauh mana geoportal Kabupaten Kulon Progo mampu berjalan secara optimal pada pengguna. Pengujian dilakukan dengan metode kuesioner kepada responden. Kuesioner diberikan kepada responden menggunakan dua cara yaitu secara langsung tatap muka dengan responden dan memanfaatkan *google form* untuk responden yang mengakses secara daring. Kuesioner tersebut meliputi kemudahan pencarian data, tampilan antarmuka geoportal, tampilan peta, kelengkapan data, dan fitur unduh data.

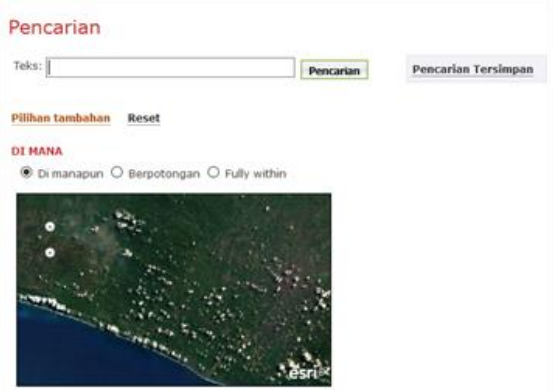
Hasil dan Pembahasan

Geoportal yang dibuat beralamat di http://sikin.kulonprogokab.go.id/. Geoportal ini dikelola oleh Bappeda dan Bagian Humas dan TI Kabupaten Kulon Progo. Tampilan awal geoportal berisi informasi umum isi geoportal.

Halaman Pencarian

Pengguna akan melihat tampilan kolom dan tombol pencarian. Selain itu, terdapat peta dasar yang diakses dari *ESRI base map*.

Untuk menampilkan data apa saja yang telah tersedia pada geoportal dapat dilakukan dengan memasukkan nama data yang akan ditampilkan atau apabila belum mengetahui nama datanya cukup klik tombol pencarian seperti dapat dilihat



pada
Gambar 20.

Gambar 20. Halaman Menu Pencarian

Halaman Kelola

Halaman menu kelola ini muncul ketika pengguna masuk sebagai *publisher* dan *administrator* sistem geoportal. Menu administrator digunakan untuk melakukan penambahan data, manajemen data dan manajemen pengguna.

Pada halaman kelola *publisher* dapat mencari data yang telah ditambahkan serta mengelola data tersebut. Secara *default* data yang baru saja ditambahkan tidak akan langsung muncul ke dalam mesin pencari geoportal, melalui menu inilah data yang baru ditambahkan dapat diatur agar tampil pada mesin pencari geoportal. Hanya administrator yang mampu melakukan tindakan mengatur data yang baru saja ditambahkan sebagai disetujui.

Pada halaman tambahkan ini *publisher* dapat menambahkan data melalui tiga cara, yaitu:

a. Masukkan dari sumber lain

Ada berbagai metode untuk menambahkan data apabila memilih cara ini, yaitu menambahkan data dari website lain dengan memilih URL. Data yang ditambahkan didapat dari server penyimpanan data geospasial misalnya melalui geoserver dengan menggunakan *request getCapabilities*. Dengan menggunakan *request* ini akan dilakukan *harvesting* metadata yang berasal dari geoserver.

Selain itu, dapat juga data yang tersimpan di *ArcGIS Server* ditambahkan ke geoportal. Sumber lain yang dapat ditambahkan yaitu CSW, CSW merupakan standar protokol yang memungkinkan untuk mempublikasikan dan mencari metadata untuk data, layanan dan informasi terkait dengan data geospasial. Sumber lain yang dapat ditambahkan adalah ESRI MS, DCAT, ATOM, OAI, WAF, dan THREDDS.

b. Unggah metadata dari komputer

Apabila dipilih metode ini maka *publisher* dapat menambahkan metadata berdasarkan skema yang didukung oleh ESRI Geoportal. Skema yang didukung oleh ESRI Geoportal meliputi ISO, FGDC, DUBLIN, CORE. Ekstensi file untuk mengunggah metadata adalah xml. Pada purwarupa geoportal yang dibuat ditambahkan metadata SNI yang berbasis ISO 19115. Apabila terdapat data yang metadatanya dibuat menggunakan SNI *country profile* maka standar data yang ditampilkan adalah SNI ISO CP. Apabila sebelum diunggah *publisher* merasa tidak yakin metadata dapat diunggah *publisher* dapat melakukan validasi metadata terlebih dulu baru mengunggah metadata.

c. Gunakan editor yang disediakan untuk membuat metadata secara mandiri.

Apabila dipilih metode ini maka *publisher* dan admin dapat membuat metadata menggunakan editor yang telah disediakan oleh ESRI Geoportal. Fitur ini cukup membantu pengguna apabila telah mengunggah data namun belum memiliki metadata yang melekat pada data tersebut.

Halaman Daftar dan Masuk

Halaman menu daftar ini berfungsi untuk melakukan registrasi pengguna. Akan tetapi pengguna tidak dapat memilih perannya. Sementara menu masuk ini berfungsi untuk masuk ke sistem geoportal baik sebagai pengguna terdaftar, *publisher* maupun sebagai administrator dari geoportal. Menu masuk mengimplementasikan skema LDAP yang sebelumnya dibuat. Kelebihan dari skema LDAP adalah informasi yang terpusat dapat disimpan secara efektif dan efisien.

Halaman Unduh Data

Pada kegiatan ini proses unduh data menggunakan protokol WFS dengan memanfaatkan *request getFeature* pada geoserver. Apabila data yang tersimpan pada geoportal masih sedikit hal ini tidak akan menjadi masalah. Akan tetapi, apabila data yang

tersimpan banyak maka masalah akan muncul karena tidak adanya proses *geoprocessing* sehingga tidak bisa secara otomatis memilih format dan data yang akan diunduh. Tampilan halaman unduh data dapat dilihat pada Gambar 38.



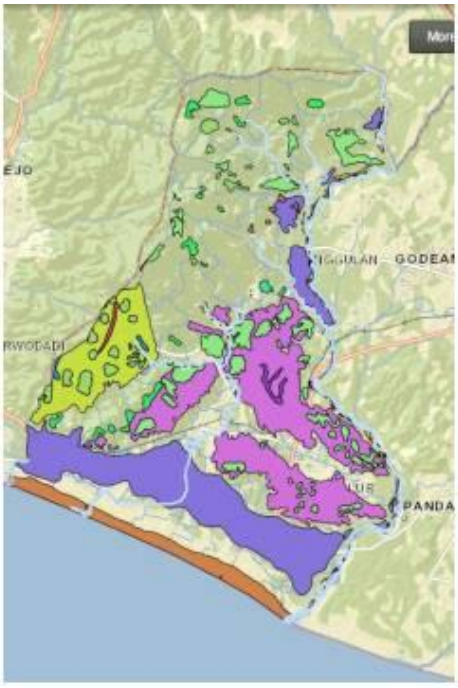
Gambar 38. Halaman Unduh Data

Halaman Pratinjau

Pada halaman *pratinjau* ini semua data yang ada secara otomatis ditambahkan ke dalam base map yang digunakan. Secara tampilan akan menyebabkan kebingungan pada pengguna karena belum tentu data yang ditampilkan merupakan data yang dicari. *Summary* dari metadata hanya berasal dari metadata geoserver.

Halaman Map Viewer

Halaman *Launch Map Viewer* ini berfungsi untuk menampilkan peta serta dapat melakukan *overlay* dengan sumber-sumber lain. Dalam *map viewer* yang dibangun apabila data berasal dari *ArcGIS Server* maka data akan dapat diaktifkan/dinon-aktifkan sehingga mempercantik tampilan. Apabila berasal dari sumber lain *geoserver* misalnya penulis merasa kesulitan untuk menonaktifkan/mengaktifkan. Agar dapat diaktifkan/non-aktif ketika dilakukan penambahan data dilakukan perubahan script untuk tiap lapis data. Tampilan data pada halaman *map viewer* dapat dilihat pada **Error! Reference source not found.**.



Gambar 4. Tampilan data pada halaman *Map Viewer*

Tanggapan Pengguna

Berdasarkan hasil dari tanggapan yang telah diberikan oleh responden terkait geoportal Kabupaten Kulon Progo penulis mendapatkan beberapa poin yang dapat digunakan penulis untuk memperbaiki purwarupa geoportal:

1. Geoportal Kabupaten Kulon Progo memiliki tampilan antarmuka yang informatif dan mudah dipahami meskipun belum menunjukkan kekhasan daerah Kulon Progo.
2. Akses menuju setiap fitur tergolong cepat meskipun hal ini tergantung dengan kecepatan koneksi dari pengguna.
3. Fitur unduh data merupakan salah satu fitur yang dianggap perlu oleh responden karena sangat dibutuhkan untuk berbagi pakai data.
4. Tampilan *map viewer* sudah cukup menarik dan responden mudah memahami ikon-ikon yang ada dalam *map viewer*.
5. Kelengkapan data sudah cukup lengkap dan perlu ditambahkan indeks data apa saja yang telah ada dan baru ditambahkan sehingga pengguna lebih mudah dalam mencari data.
6. Perlu ditambahkan panduan penggunaan geoportal secara runtut agar pengguna lebih mudah memahami dan mengakses fitur-fitur dalam geoportal.
7. Metadata telah merepresentasikan data yang ada. Dalam data yang ditambahkan di dalam

geoportal sebenarnya belum ada metadata yang benar mengenai data yang ditambahkan. Hal ini dikarenakan dari pihak Bappeda Kabupaten Kulon Progo memang belum membuat metadata yang melekat pada data yang diberikan kepada penulis. Metadata yang dapat dilihat merupakan metadata yang ada pada geoserver.

Kesimpulan dan Saran

Kegiatan ini menghasilkan produk berupa geoportal Kabupaten Kulon Progo yang dibuat menggunakan perangkat lunak ESRI Geoportal sebagai portal web dan geoserver sebagai penyimpan data geospasial. Tampilan dari geoportal cukup informatif dan mudah dipahami pengguna. ESRI Geoportal mendukung standar protokol WMS versi 1.3.0.

Beberapa hal yang perlu diperbaiki untuk penelitian selanjutnya adalah perlunya pembuatan metadata yang melekat pada data. Selanjutnya, perlu dilakukan proses *geoprocessing* yang terintegrasi antara geoservver dan ESRI Geoportal sehingga data dapat diunduh secara otomatis.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penelitian ini, terutama kepada Bappeda Kabupaten Kulon Progo. Saran dan masukan dari Dr. Trias Aditya dan Dr. Purnama Budi Santosa sangat bermanfaat dalam memperbaiki hasil penelitian ini.

Daftar Referensi

Anonim, "*Apache Directory Studio*", diakses pada 1 Desember 2015, https://directory.apache.org/studio/.

Anonim, ESRI, "*ArcGIS Viewer for Flex*", http://resources.arcgis.com/en/communities/flex-viewer/. Diakses pada 26 Maret 2016,

Anonim, "*ESRI/Geoportal Server*", Diakses pada 8 Agustus 2015 s.d. 21 Maret 2016. https://github.com/Esri/geoportalserver/wiki .

Badan Informasi Geospasial, 2003, "*Pedoman Clearinghouse*".

Badan Informasi Geospasial, 2013, "*Panduan Umum Pembangunan Simpul Jaringan*".

Badan Informasi Geospasial, 2014, "*Petunjuk Teknis Pembangunan Simpul Jaringan*".

Coward, D.,Yoshida, Y., 2003, "*Java Servlet Spesification Version 2.4*"., http://bugs.sakaiproject.org/secure/attachment/16135/servlet-2_4-fr-spec.pdf. Sun Microsystem. Diakses pada 20 Februari 2016

ESRI, 2009, "*ESRI Geoportal Technology*", ESRI.

ESRI, 2015, "*ESRI Support for Geospatial Standards:OGC and ISO/TC211*", Diakses pada 8 Februari2016,http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/supported-ogc-iso-standards.pdf

International Standard Organization, 2003, *ISO 19115:2003:Metadata.*

Maguire, D. J., & Longley, P. A., 2005. "*The Emergence of Geoportals and Their Role in Spatial Data Infrastructures*". Computers, Environment, and Urban Systems, Vol.29, hal 3 - 14.

Nebert, D. N. , 2004. "*Geospatial Data Catalogue: Making Data Discoverable. In D.N.Nebert (Ed.), Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook (2.0. ed.)*", The Global Spatial Data Infrastructure Association.

Open Geospatial Consortium, 2010, "*OpenGIS Web Feature Service 2.0 Interface Standard*". http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=39967. Diakses pada 21 Maret 2016.

Open Geospatial Consortium, 2006, "*OpenGIS® Web Map Server Implementation Specification*". http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=14416. Diakses pada 21 Maret 2016.

Pemerintah Republik Indonesia, 2011, "*Undang-Undang No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial*".

Presiden Republik Indonesia, 2014, "*Peraturan Presiden No. 27 Tahun 2014 tentang Jaringan Informasi Geospasial Nasional*".

Rajabifard, A., Escobar, F. dan Williamson, I.P., 2000, "*Hierarchical Reasoning Applied to Spatial Data Infrastructures*", Cartography Journal, Vol.29, No.2.

Rajabifard, A. dan Williamson, I.P., 2001, "*Spatial Data Infrastructures: Concept, SDI Hierarchy And Future Directions*", Prosiding Geomatics'80 Conference, Tehran, Iran.

Tait, M.G., 2004, "*Implementing Geoportals: Applications of Distributed GIS*", Computers, Environment and Urban Systems, Vol.29, hal 33-47.

Tellez-Arenas, A., 2009, "*Best Practice Report on Geoportals*", OneGeology-Europe

One Map Policy Sebagai Instrumen Pemersatu

Helik Susilo[a], Kariyono[b]

[a,] Mahasiswa Magister Teknik Geomatika UGM (susilohelik@gmail.com)

[b,] Mahasiswa Magister Teknik Geomatika UGM dan sebagai Analis Kendali Mutu Pengukuran dan Pemetaan Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Sulawesi Tenggara (kariyono.atrbpn@gmail.com)

ABSTRACT

The Indonesian archipelago consisting of ± 17,500 islands where each island separately by sea, there is important for each island to be integrated into one system Geospatial Information (IG) framework nationwide. IG is the basic data and support for strategic decisions related to national development plans. Geospatial Information Agency (BIG), in accordance with UU 4/2011 on IG mandated as the authorized institutions conducting basic IG which geodetic control nets and basic map is the reference to guarantee the national cohesion of IG. On October 17th, 2013, BIG has officially released the Indonesian Geospatial Reference System (SRGI 2013). SRGI 2013 is a national coordinate system that is consistent and compatible with the global coordinate system, this means that SRGI 2013 will be the only reference and referral of GI in Indonesia. In line with it, the government has issued an "One Map Policy" in a Policy Package Vol. VIII which is also the mandate of UU 4/2011 and Presidential Decree 9/2016 about the accelerated implementation of the one map policy on a scale accuracy of 1 : 50.000. One map policy becoming a policy instrument to reduce the potential conflict between government agencies because of difference geodetic reference maps are used, and encourage the acceleration of national development.

Keywords : *One Map Policy, Map Integration, Geodetic Reference, National Development*.

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan (*archipelagic state*) terdiri dari ± 17.500 pulau dimana setiap pulau terpisah lautan, maka terdapat sebuah tantangan dalam mengelola Informasi Geospasial (IG) nasional. Pekerjaan untuk mengintegrasikan setiap pulau agar terintegrasi ke dalam satu sistem kerangka IG nasional merupakan pekerjaan penting. Mengingat bahwa IG adalah data dasar dan pendukung untuk mengambil keputusan strategis terkait dengan rencana pembangunan nasional. Badan Informasi Geospasial (BIG), sesuai Undang-undang nomor 4 tahun 2011 (UUIG No.4 2011) tentang IG diamanatkan sebagai lembaga yang berwenang menyelenggarakan IG dasar yaitu jaring kontrol geodesi dan peta dasar yang menjadi acuan untuk menjamin keintegrasian dan keterpaduan IG nasional.

Pada tanggal 17 Oktober 2013, BIG secara resmi telah merilis Sistem Referensi Geospasial Indonesia (SRGI 2013). SRGI 2013 adalah suatu sistem koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global (*srgi.big.go.id*), ini artinya SRGI 2013 akan menjadi satu-satunya referensi dan rujukan (*geodetic reference*) IG di Indonesia, SRGI 2013 juga terkoneksi dengan IG global/internasional. Sejalan dengan itu pemerintah telah mengeluarkan "*One Map Policy*" atau kebijakan satu peta dalam paket kebijakan jilid VIII yang sekaligus menjadi amanat UUIG No.4 2011 dan Peraturan presiden Nomor 9 Tahun 2016 (Perpres No.9 2016) tentang percepatan pelaksanaan kebijakan satu peta pada skala ketelitian 1:50000. Sehingga situasi ini menjadi momentum penting untuk menyatukan referensi IG nasional.

Metodologi

Metode yang dipakai dalam kajian gagasan tertulis ini adalah dengan menggunakan metode kualitatif deskriptif. Studi dokumen, literatur, dan peraturan perundangan yang telah dikaji guna meningkatkan harmonisasi dan. Peraturan perundangan yang digunakan dalam kajian ini adalah UUIG No.4 2011 dan Perpres No.9 2016.

Pembahasan

Konstruksi *One Map Policy*

Berangkat dari berbagai kasus tumpang tindih serta keruwetan peta rencana pembangunan antar kementerian ataupun lembaga pemerintah non kementerian yang ditimbulkan oleh perbedaan referensi geodetik peta yang dipakai, maka sebagai akibat dari situasi tersebut terdapat potensi konflik sosial yang mungkin bisa terjadi. Untuk meredam dan mencegah kemungkinan terjadinya konflik tersebut harus menjadi perhatian penting bagi pemerintah dan semua komponen terkait untuk segera menyelesaikan persoalan tersebut. UUIG No.4 2011 menjadi tonggak

penting dan jawaban atas respon keruwetan dan simpang siurnya data IG nasional. Didalam dalam UUIG No.4 2011 pasal 2, disebutkan bahwa informasi geospasial diselenggarakan berdasarkan asas kepastian hukum, keterpaduan, keterbukaan, kemutakhiran, keakuratan, kemanfaatan, dan demokratis serta pada pasal 3 peraturan ini bertujuan untuk menjamin ketersediaan dan akses terhadap Informasi Geospasial yang bisa dipertanggung jawabkan; mewujudkan penyelenggaraan Informasi Geospasial yang berdaya guna dan berhasil guna melalui kerja sama, koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi; dan mewujudkan penyelenggaraan IG yang berdaya guna dan berhasil guna melalui kerja sama, koordinasi, integrasi, dan sinkronisasi. Sehingga peraturan ini diharapkan bisa mengurai satu-persatu keruwetan data IG nasional.

Untuk mengatur sistem integrasi atau penyatuan IG nasional dalam satu referensi geodetik, UUIG No.4 2011 mengakomodir dalam bab IV penyelenggaraan informasi geospasial pasal 22 – 24. Dari pasal-pasal itu bahwa BIG menjadi badan yang berwenang dan berkapasitas untuk menyelenggarakan IG yang berjenis IG dasar, dan kementerian ataupun lembaga pemerintah non kementerian dan lainnya hanya diperbolehkan membuat IG tematik. Ini artinya semua instansi harus menggunakan IG dasar apabila ingin membuat IG tematik. Sehingga semua IG tematik setiap instansi bersumber pada satu referensi geodetik yang telah dibuat oleh BIG..

Untuk mempercepat proses penyatuan peta antar kementerian dan lembaga pemerintah non kemeterian, pemerintah telah menerbitkan Perpres No 9 2016 tentang percepatan pelaksanaan kebijakan satu peta pada tingkat ketelitian peta skala 1 : 50000. Peraturan ini menjadi stimulus untuk segera mempercepat terwujudnya kebijakan satu peta guna memperlancar perencanaan pembangunan nasional.

Dalam tataran pelaksanaan teknis *one map policy* membutuhkan kerangka dasar yang menjadi acuan dasar atau yang disebut dengan sistem refensi geodetik (*geodetic reference*). BIG secara resmi meluncurkan sistem referensi geodetik nasional pada tanggal 17 Oktober 2013 yang selanjutnya disebut sebgai SRGI’2013. SRGI’2013 ialah sistem referensi koordinat nasional yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global, yang secara spesifik menentukan lintang, bujur, tinggi, skala, gayaberat, dan orientasinya mencakup seluruh wilayah NKRI, termasuk bagaimana nilai-nilai koordinat tersebut berubah terhadap waktu *(www.srgi.big.co.id).* ini artinya SRGI’2013 akan menjadi satu-satunya referensi dan rujukan IG di Indonesia, SRGI’2013 juga terkoneksi dengan IG global/internasional.

SRGI’2013 mempunyai komponen yang meliputi sebagai berikut,

1. Datum horizontal
   a) System Referensi Koordinat
   b) Kerangka Referensi Koordinat
   c) Datum Geodetik
   d) Perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu sebagai akibat dari pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi

2. Datum vertikal

Dalam implementasinya SRGI’2013 dituangkan dalam bentuk Jaring Kontrol Geodesi Nasional (jaring kontrol horizontal nasional, jaring kontrol vertikal nasional dan jaring kontrol gaya berat nasional), setiap titik kontrol geodesi memiliki nilai koordinat yang teliti baik nilai koordinat horizontal, vertikal maupun gayaberat. Sedangkan peta dasar menjadi acuan dalam IG Tematik. BIG menyediakan web kusus (*srgi.big.go.id*) yang melayani terkait dengan sistem referensi ini.

Kementerian dan Lembaga Pemerintah terkait Pelaksanaan *One Map Policy*

Berdasarkan pasal 4, Perpres N0.4 2016 menyatakan bahwa dalam rangka terwujudnya hal tersebut di buat tim percepatan Kebijakan Satu Peta (KSP) yang terdiri dari:

Ketua: Menteri Koordinator Bidang Perekonomian.

Anggota:
a. Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/ Kepala Badan Perencanaan Pembangunan Nasional,
b. Menteri Dalam Negeri,
c. Menteri Keuangan,
d. Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan,
e. Menteri Agraria dan Tata Ruang/ Kepala Badan Pertanahan Nasional,
f. Sekretaris Kabinet.

Berdasarkan pasal 5 ayat (5) tim percepatan KSP dalam pelaksanaan tugasnya dibantu oleh Tim Pelaksana yang terdiri dari:

Ketua:	Kepala Badan Informasi Geospasial.
Wakil	Deputi Bidang Pengembangan
Ketua 1:	Regional dan Otonomi Daerah, Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Badan Perencanaan Pembangunan Nasional.
Wakil	Direktur Jenderal Bina
Ketua 2:	Pembangunan Daerah Kementerian Dalam Negeri.
Anggota:	Direktur Jenderal Anggaran

Kementerian Keuangan,
Deputi Bidang Perekonomian
Sekretariat Kabinet.

Dalam kerangka pelaksanaan *One Map Policy* ini, diperlukan kesamaan persepsi mengenai kompilasi, integrasi, dan sinkronisasi IG antar Kementerian/Lembaga. Kementerian/Lembaga yang terlibat dapat di lihat pada tabel berikut,

Tabel 1. Kementerian/Lembaga terkait IG

No	Nama Kementerian/Lembaga
1	Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian
2	Kementerian Agraria dan Tata Ruang Indonesia / BPN
3	Kementerian Desa, Pembangunan Daerah Tertinggal, dan Transmigrasi Indonesia
4	Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Indonesia
5	Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia
6	Kementerian Perhubungan Indonesia
7	Kementerian Perindustrian Indonesia
8	Kementerian Pertanian Indonesia
9	Kementerian Pertahanan Indonesia
10	Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Indonesia
11	Kementerian PPN/Bappenas
12	Kementerian Dalam Negeri
13	Kementerian Luar Negeri Indonesia
14	Kementerian Kelautan dan Perikanan
15	Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan
16	Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG)
17	Badan Pusat Statistik (BPS)
18	Badan Informasi Geospasial (BIG) Badan Informasi Geospasial (BIG)
19	Badan Nasional Pengelola Perbatasan (BNPP)

Sumber: Badan Informasi Gospasial (2016)

Persoalan Perbedaan Referensi Geodetik

Menurut UUIG No.4 2011, informasi geopasial adalah data geospasial yang sudah diolah sehingga dapat digunakan sebagai alat bantu dalam perumusan kebijakan, pengambilan keputusan, dan/atau pelaksanaan kegiatan yang berhubungan dengan ruang kebumian. UUIG No.4 2011 mengamanatkan agar IG harus dapat terselenggara dengan tertib, terpadu, berhasil guna, dan berdaya guna sehingga terjamin keakuratan, kemutakhiran, dan kepastian hukum. Salah satu cara untuk menciptakan hal tersebut adalah dengan menyatu sistemkan referensi geodetik yang digunakan oleh seluruh penyedia IG di Indonesia.

Sebagi gambaran umum, sistem koordinat nasional dan datum geodesi merupakan referensi paling mendasar dalam kegiatan pemetaan atau penyelenggaraan IG. Dengan menggunakan datum geodesi yang sama, penentuan koordinat dan berbagai pengukuran seperti pengukuran luas, dapat secara konsisten dilaksanakan untuk seluruh Indonesia, sehingga permasalahan seperti perbedaan perhitungan luas wilayah dapat dihindari.

Sebelumnya, Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) yang kemudian bertransformasi menjadi BIG, sudah mengeluarkan sistem referensi koordinat seperti Indonesian Datum 1974 (ID74) dan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN95). Dengan ID74 yang kemudian diperbaharui menjadi DGN95, semua kegiatan pemetaan diharapkan mengacu pada satu sistem referensi nasional yang sama (*www.bakosurtanal.go.id*). Namun pada praktiknya masih terdapat data atau peta lama yang dibuat dengan mengacu pada sistem referensi lama sehingga sebagian pihak tetap membuat peta dengan menggunakan sistem referensi tersebut sampai sekarang. Alhasil, IG dengan sistem referensi yang beragam menyebabkan sulitnya integrasi data serta tidak menyambungnya (tidak seamless) satu data dengan data yang lain.

Bertolak dari hal itu, BIG meluncurkan SRGI'2013 sebagai sistem koordinat yang konsisten dan kompatibel dengan sistem koordinat global. Berbeda dengan datum geodesi pendahulunya, SRGI'2013 memperhitungkan aspek pergerakan lempeng tektonik dan deformasi kerak bumi. Keberadaan wilayah Indonesia pada zona deformasi kerak bumi akibat interaksi pergerakan lempeng tektonik dan aktivitas seismik mengakibatkan posisi suatu titik akan berubah sebagai fungsi waktu. Dengan menyertakan laju kecepatan pergerakan lempeng tektonik, deformasi kerak bumi dan informasi tunggal referensi astronomi dan epok, setiap perubahan posisi dapat direkonstruksi dengan teliti.

Namun pada implementasi SRGI'2013, masih ada kementerian ataupun lembaga non kementerian belum terintegrasi dengan SRGI'2013 ini. Salah satu contohnya adalah Kementerian Agraria dan Tata Ruang / Badan Pertanahan Nasional (Kementerian ATR/BPN) yang masih mengacu kepada Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95).

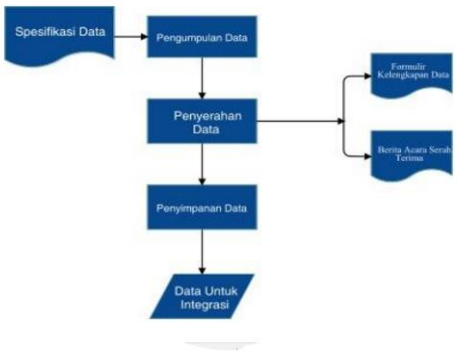
Keberagaman sistem penentuan posisi ini dapat menghambat cita-cita *One Map Policy* sebab

dimungkinkan terdapat perbedaan antar hasil penentuan posisi yang ada. Padahal penyelenggaraan informasi geospasial nasional memerlukan suatu sistem referensi tunggal, baik horizontal maupun vertikal, untuk menjamin integritas informasi geospasial yang dihasilkan.

Kompilasi, Integrasi dan Sinkronisasi Data

Kompilasi Data

Kompilasi IGT merupakan kegiatan pengumpulan, penyerahan dan penyimpanan Informasi Geospasial Tematik yang berasal dari berbagai walidata (Kementerian/Lembaga/Pem erintah Daerah)

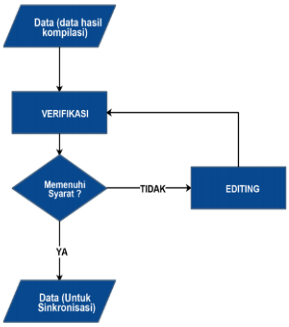


Gambar 1.Kompilasi Data IG

Sumber:Badan Informasi Geospasial (2016)

Integrasi Data

Integrasi Informasi Geospasial Tematik merupakan kegiatan koreksi geometric dan verifikasi Informasi Geospasial Tematik yang berasal dari berbagai walidata (Kementerian/Lembaga/Pemerintah Daerah) terhadap Informasi Geospasial Dasar (IGD). Proses integrasi data dapat dilihat pada gambar berikut:



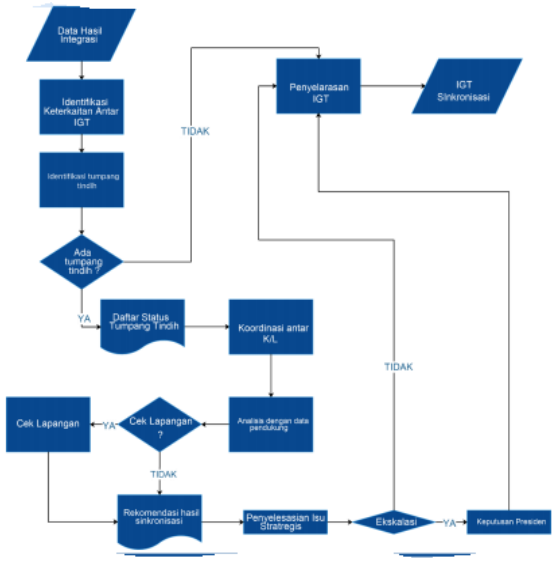
Gambar 2. Integrasi Data

Sumber: Badan Informasi Geospasial (2016)

Integrasi data geospasial umumnya dilakukan untuk menghasilkan suatu produk atau keluaran baru.Proses integrasi untuk menghasilkan data baru, peta baru, informasi baru, dan solusi baru tersebut, pada aktualisasi yang sesungguhnya, mensyaratkan adanya sistem koordinat yang sama (Kurniawan,2014). Untuk mendukung hal ini, idealnya setiap data, informasi dan layanan yang diintegrasikan berada dalam sistem koordinat yang sama dan mengacu pada SRGI yang sudah diterbitkan. Meskipun pada prinsipnya semua data dan informasi geospasial dapat diintegrasikan namun sebenarnya yang membatasi layaknya integrasi data dan peta, selain sistem koordinat tunggal yang digunakan, adalah tingkat kedetilan peta.

Sinkroniasi Data

Sinkronisasi IGT merupakan kegiatan penyelerasan IGT antar K/L yang tumpang tindih sehingga diperoleh IGT yang clean & clear. IGT yang clean&clear dimanfaatkan bersama melalui Jaringan Informasi Geospasial Nasional (JIGN). Proses sinkroniasi data dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3. Sinkronisasi Data

Sumber: Badan Informasi Geospasial (2016)

Hambatan dan Tantangan

Ketersediaan data geo-spasial yang keberadaanya tersebar di berbagai instansi yang berbeda sesuai tugas pokok dan fungsi masing-masing instansi masih tidak lengkap, dan kalaupun ada susah diakses dan di integrasikan karena belum memenuhi aturan yang sesuai dengan standart. Dalam berbagai kesempatan karena tidak adanya komunikasi atau karena masih adanya ego sektoral masing-masing instansi penyedia data geo-spasial, sering terjadi set data dasar yang sama untuk berbagai daerah dan di petakan berkali-kali sehingga terjadi inefisiensi.

Menurut Mungkasa (2015) menyebutkan bahwa hambatan pelaksanaan *One Map Policy* adalah sebagai berikut:

1. Institusional
   a) Kementerian/Lembaga menggunakan peta masing-masing.
   b) Beban biaya tinggi bagi masing-masing Kementerian/Lembaga dan bagi nasional.
2. Teknis
   a) Masing-masing Kementerian/Lembaga

mempunyai format,struktur data dan skala peta yang berbeda.
b) Tidak menerapkan standart nasional

3. Koordinasi
   a) Pemecahan masalah dilakukan oleh *ad-hoc* sesuai kebutuhan mendesak.
   b) Tidak ada upaya terstruktur untuk membenahi keragaman peta.
   c) Sulit mengambil keputusan bersama.

Sesuai dengan UUIG No.4 2011, BIG adalah penyelenggara Informasi Geospasial Dasar yaitu Jaring Kontrol Geodesi dan Peta Dasar yang menjadi acuan untuk menjamin keterpaduan informasi nasional. Atas dasar amanat UU itu, menurut BIG mengintegrasikan berbagai peta yang dimiliki sejumlah instansi pemerintah ke dalam satu peta dasar (*One Map*), yang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif alat bantu pemecahan berbagai masalah tersebut.

Diharapkan dengan adanya *One Map Policy* segala sesuatu yang terkait dengan data geospasial menjadi lebih mudah. Komunikasi dan akses data lebih mudah karena komunikasi dan berbagi pakai antar instansi bisa terwujud, semua set data dasar yang ada dikumpulkan, dibangun, dan dikelola instansi berbeda-beda sudah berada dan memenuhi standart yang disepakati bersama sehingga integrasi dapat dilakukan dengan mudah dan baik. Pada akhirnya, diperlukan komitmen dari semua pihak terkait untuk selalu peduli pada pengembangan sistem ini secara terintegrasi.

Kesimpulan dan Saran

One Map Policy menjadi instrument kebijakan untuk mendorong percepatan pembangunan nasional. Tidak terintegrasi dan keterpaduan peta antara kementrian, lembaga pemerintah non kementerian dan pemerintah daerah dapat menyebabkan potensi konflik sosial, persoalan ini telah menghambat sejumlah rencana pembangunan nasional, seperti rencana pembangunan infrastruktur, rencana penggunaan lahan, dan rencana penyelesaian batas daerah. Oleh karena itu kebijakan ini diharapkan dapat mengikis ego sektoral dan menghasilkan satu peta yang menjadi standar penggunaan IG nasional yang mempunyai basis kerangka referensi dan rujukan yang sama serta meningkatkan aksesbilitas terhadap IG nasional, sehingga dapat mereduksi potensi konflik antar kementrian, lembaga pemerintah dan pemerintah daerah dalam mengambil keputusan atau kebijakan untuk kepentingan pembangunan nasional. Lebih jauh lagi, *One Map Policy* dapat menjadi instrument pemersatu bangsa dalam satu frame pembangunan nasional.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Jurusan Magister Teknik Geomatika yang telah memberikan kesempatan menimba ilmu. Akhirnya kami ucapkan terima kasih juga kepada panitia FIT-ISI dan CGISE 2016 yang telah memberikan kesempatan kepada kami untuk menyebarluaskan kajian kami kedalam proseding.

Daftar Pustaka

Badan Informasi Geospasial. 2016, "Kebijakan Satu Peta", *Rakornas Informasi Geospasial, Jakarta 27 April 2016.*

Kurniawan, Trias A.2014, " Peluang dan Tantangan Integrasi Peta dan Aplikasi Geospasial Melalui Pemetaan Kolaboratif Berbasis SRGI 2013", *FIT ISI dan Seminar Nasional 2014, Riau, 21-22 Mei 2014.*

Mungkasa, Oswar.2015 "Aplikasi *One Map Policy* dalam Perencanaan, Pemanfaatan dan Pengendalian Pemanfaatan Ruang", *Rapat Koordinasi One Data One Map Kabupaten/Kota se-Kalimantan Timur, Derawan, 8 September, 2015.*

www.srgi.big.id

www.bakorsutanal.go.id

Undang-Undang No 4 Tahun 2011 tentang *Informasi Geospasial.*

Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2016 tentang *Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta Pada Tingkat Ketelitian Peta Skala1:50.000.*

Biografi Singkat Penulis

Helik Susilo, Menyelesaikan studi S1 Teknik Geodesi dan Geoinformatika, Institut Teknologi Nasional Malang pada tahun 2014. Setelah lulus sempat bekerja pada perusahaan pertambangan Batubara dan Pertambangan Emas sebagai Geodetic Engineer sebelum akhirnya memutuskan untuk resign dan bekerja sebagai konsultan survei pemetaan. Saat ini sedang menempuh studi Magister Teknik Geomatika Universitas Gadjah Mada angkatan 2016.

Kariyono, Menyelesaikan studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral STPN tahun 2007 dan Diploma IV Pertanahan STPN tahun 2014. Bekerja sebagai Analis Kendali Mutu Pengukuran dan Pemetaan pada Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN Provinsi Sulawesi Tenggara. Saat ini sedang menempuh studi Magister Teknik Geomatika Univesitas Gadjah Mada angkatan 2016 dengan Beasiswa Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP).

Analisis Tingkat Kerawanan Tsunami di Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo

Hesti Nur Septa Anggraini[a], Harintaka[b], Abdul Basith[c]

[a,] Mahasiswa S2 Teknik Geomatika FT UGM (hesti.nur.s@ugm.ac.id)
[b,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT UGM (harintaka@ugm.ac.id)
[c,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT UGM (abd_basith@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Desa Karangsewu merupakan desa pesisir yang memiliki potensi kelautan dan perikanan cukup besar namun rawan terhadap bencana tsunami Dalam penanganan situasi kebencanaan, data geospasial seperti citra satelit dan data ketinggian memegang peranan penting untuk analisis spasal dan mendukung pengambilan keputusan. Citra satelit menghasilkan informasi tematik untuk area luas. Untuk mendukung citra satelit, digunakan Model Permukaan Digital dari Terrasar-X untuk memberikan informasi topografi. Dua set data tersebut menentukan tingkat kerawanan tsunami di Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo. Citra satelit resolusi tinggi diproses penajaman dan ortorektifikasi citra. Selanjutnya dilakukan proses mosaik citra dari tiap-tiap *scene*. Data citra satelit resolusi tinggi memberikan informasi tutupan lahan. Data MPD dapat diturunkan menjadi data kelerengan. Kedua dataset tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode skoring/pembobotan sehingga menghasilkan peta tingkat kerawanan tsunami. Citra satelit resolusi tinggi diolah untuk mengevaluasi penggunaan lahan terbaru dan kawasan yang rentan terhadap ancaman bahaya seperti tsunami. Hasil orthomosaik citra satelit kemudian diuji menggunakan PERKA Kepala BIG No 15 Tahun 2014 dan cocok digunakan untuk skala 1:2500 kelas 3. Hasil analisis tingkat kerawanan tsunami diperoleh luas area 51 ha untuk daerah sangat rawan, 210 ha untuk area agak rawan, 517 ha untuk daerah rawan, 118 ha untuk daerah aman dan 63 ha sangat aman.

Kata kunci : model elevasi digital, tutupan lahan, citra satelit resolusi tinggi, peta tingkat kerawanan tsunami.

1. Pendahuluan

Latar Belakang

Desa Karangsewu merupakan salah satu desa yang ada di Kecamatan Galur. Desa Karangsewu mempunyai luas 927 Ha, maka dengan jumlah penduduk 8,233 jiwa didapatkan ratio kepadatan penduduk 889 jiwa/Km²(Kusuma 2016).
Secara administrasi Desa Karangsewu memiliki batas wilayah yaitu sebelah barat berbatasan dengan Desa Bugel, sebelah utara berbatasan dengan Desa Tirtorahayu, sebelah timur berbatasan dengan Desa Nomporejo dan sebelah selatan berbatasan dengan Samudera Hindia.
Kusuma (2016) juga menjelaskan bahwa Desa Karangsewu terletak di kawasan tepi pantai dengan kondisi topografi yang landai dan datar. Ketinggian rata-rata Desa Karangsewu adalah 2-7 meter diatas permukaan laut dengan Sungai Progo sebagai muara serta sungai-sungai lain yang dimanfaatkan sebagai saluran irigasi dan drainase. Karena hal tesebut, lahan di pinggir pantai banyak dimanfaatkan untuk membuat kolam budidaya tambak udang di daerah tersebut, hal ini dikarenakan untuk memudahkan pengisian air kolam yang diambil dari air laut.

Desa Karangsewu merupakan desa pesisir yang memiliki potensi kelautan dan perikanan cukup besar, yaitu dari perikanan tangkap dan perikanan budidaya. Desa memiliki beberapa unit pengolahan hasil perikanan. Desa tersebut juga memiliki potensi diluar sektor kelautan dan perikanan seperti potensi pertanian dan pariwisata. Namun demikian potensi-potensi tersebut belum dikembangkan secara optimal sehingga belum mampu mensejahterakan masyarakat desa tersebut. Selain itu Desa Karangsewu juga rawan terhadap bencana gempa, tsunami, banjir dan erosi (PDPT 2013). Hal ini selaras dengan pendapat pakar Kegempaan Prof. Ir. Sarwidi yang menerangkan, "Kulon Progo memang rawan terhadap gempa bumi dan tsunami. Tingkat kerawanannya sejajar dengan Pacitan, Sukabumi, dan Banyuwangi" (Ridho 2015).

Teknologi SIG dan INDERAJA dapat digunakan untuk memperoleh data spasial dengan cepat dan akurat, sehingga dapat menjawab kebutuhan informasi untuk pemangku kebijakan. Teknologi INDERAJA mampu memberikan informasi spasial dan multi informasi lain, yaitu multi spektral, multi sensor, multi spasial, multi waktu, multi polarisasi dan multi tahap (Shofiyanti 2011). Penyediaan informasi tsunami dan pemetaan kawasan rawan bencana tsunami tidak terlepas dari peran data geospasial. Beberapa dataset geospasial yang berbeda dapat dikombinasikan untuk memproduksi suatu analisis geospasial dalam penanganan kebencanaan.

Penggunaan teknik penginderaan jauh digunakan untuk memperoleh informasi penutup lahan yang penting digunakan dalam analisis dampak bencana. Informasi tentang penutup lahan/penggunaan lahan merupakan salah satu informasi yang bisa diturunkan dari data penginderaan jauh dengan cara yang cepat, efisien dan murah dari survei lapangan (Lillesand et al, 2004 dalam Sutrisno, 2012).

Hal ini menyebabkan perlunya pemetaan kerawanan tsunami di daerah tersebut sesuai dengan PERMEN ESDM No 15 Tahun 2011 yaitu pemetaan kawasan rawan tsunami merupakan kegiatan survei untuk pembuatan peta yang memuat informasi tingkatan potensi bahaya tsunami suatu wilayah. Pemetaan kerawanan tsunami dilaksanakan pada satu daerah sebagai *sample* yaitu Desa Karangsewu, Kecamatan Galur.

Rumusan Masalah

Desa Karangsewu merupakan daerah yang tengah berkembang dan memiliki potensi ekonomi tinggi. Daerah ini terletak di pesisir selatan Pulau Jawa yang merupakan tempat pertemuan lempeng Indo-Australia, lempeng Benua Eurasia dan lempeng Samudera Pasifik sehingga daerah ini rawan terhadap tsunami. Oleh karena itu, diperlukan mitigasi dalam hal ini kegiatan pra bencana. Kegiatan pra bencana berupa pembuatan peta kerawanan tsunami.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk memetakan tingkat kerawanan tsunami di Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo. Citra yang digunakan merupakan citra satelit resolusi tinggi Pleiades, dengan resolusi 0,5 meter. Selain data citra, dibutuhkan juga data pendukung berupa data ketinggian yaitu DSM dari TerraSAR-X dan data foto udara untuk pembaruan penggunaan lahan.

2. Metodologi

Data Penelitian

Adapun data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah :

1. Citra satelit Pleiades tahun perekaman 2015, resolusi spasial : 0,5 m untuk ekstraksi data penggunaan lahan.
2. DSM TerraSAR-X Desa Karangsewu tahun perekaman 2013, resolusi spasial : 9 meter.
3. Titik kontrol tanah dari survei GPS.
4. Data foto udara tahun 2016, resolusi spasial : 11,3 cm untuk pembaruan informasi penutup lahan.

Adapun bobot yang digunakan untuk pembuatan peta tingkat kerawanan tsunami yaitu jarak dari sungai, jarak dari garis pantai, jarak dari sumber gempa, ketinggian daratan dan kelerengan daratan.

Tahapan Penelitian

Tahapan dari penelitian ini terdiri atas :

1. Melakukan pemrosesan citra satelit berupa *pansharpening* terhadap data citra multispektral resolusi 2 m dan citra pankromatik resolusi 0,5 m.
2. Kemudian melakukan pemrosesan ortorektifikasi citra satelit dengan menggunakan data TKT lokasi yang sama.
3. Melakukan pemrosesan ortorektifikasi foto udara resolusi 11,3 cm dan melakukan pembaruan terhadap fitur sungai dan garis pantai yang berbeda dari kenampakannya di citra satelit.
4. Selanjutnya melakukan pembuatan peta kemiringan lereng : kemiringan lereng dibuat dengan menggunakan data utama Model Elevasi Digital. MED diproses menjadi *slope* kemudian direklasifikasi menggunakan *software* ArcMap secara manual terdiri dari 6 kelas. Setelah proses reklasifikasi selanjutnya adalah melakukan pembentukan poligon dari data raster terklasifikasi dengan menggunakan menu *raster to polygon* pada *software* ArcMap. Setelah poligon terbentuk maka setiap poligon diberikan skor, bobot dan total skor.
5. Selanjutnya yaitu pemberian bobot pada jarak tertentu dari pantai dengan menggunakan fungsi *buffer* dengan fitur utama garis pantai Desa Karangsewu. Kemudian diberikan skor, bobot dan total skor.

6. Melakukan pembentukan area menggunakan fungsi *buffer* dari sumber gempa.
7. Informasi mengenai ketinggian daratan diperoleh dari data MED yang telah disimpan dalam format raster. Terlebih dahulu, *layer* kemiringan lereng, jarak dari garis pantai, jarak dari sungai dan jarak dari sumber gempa dilakukan *union*. Hasil *union* berupa poligon yang menyatukan fitur spasial beserta atributnya.
8. Poligon yang terbentuk dilakukan proses *feature to point* sehingga setiap poligon terwakili dalam satu *point*. Adapun data ketinggian dalam format raster dilakukan proses *sample* yang menghasilkan tabel. Tabel tersebut memuat informasi mengenai ketinggian dalam setiap piksel. Selanjutnya, atribut tabel dilakukan proses *join* dengan atribut poligon hasil *union*. Kemudian dilakukan pemberian bobot terhadap data ketinggian daratan Apabila seluruh data spasial sudah menjadi satu dalam satu fitur dan memiliki atribut, kemudian dilakukan klasifikasi terhadap jumlah skor dari keseluruhan *layer*. Jumlah skor minimal dari masing-masing *layer* 65 dan jumlah skor maksimal dari masing-masing *layer* adalah 305. Jumlah kelas kerawanan yaitu 5 kelas sehingga diperoleh rentang antar kelas sebesar 48.

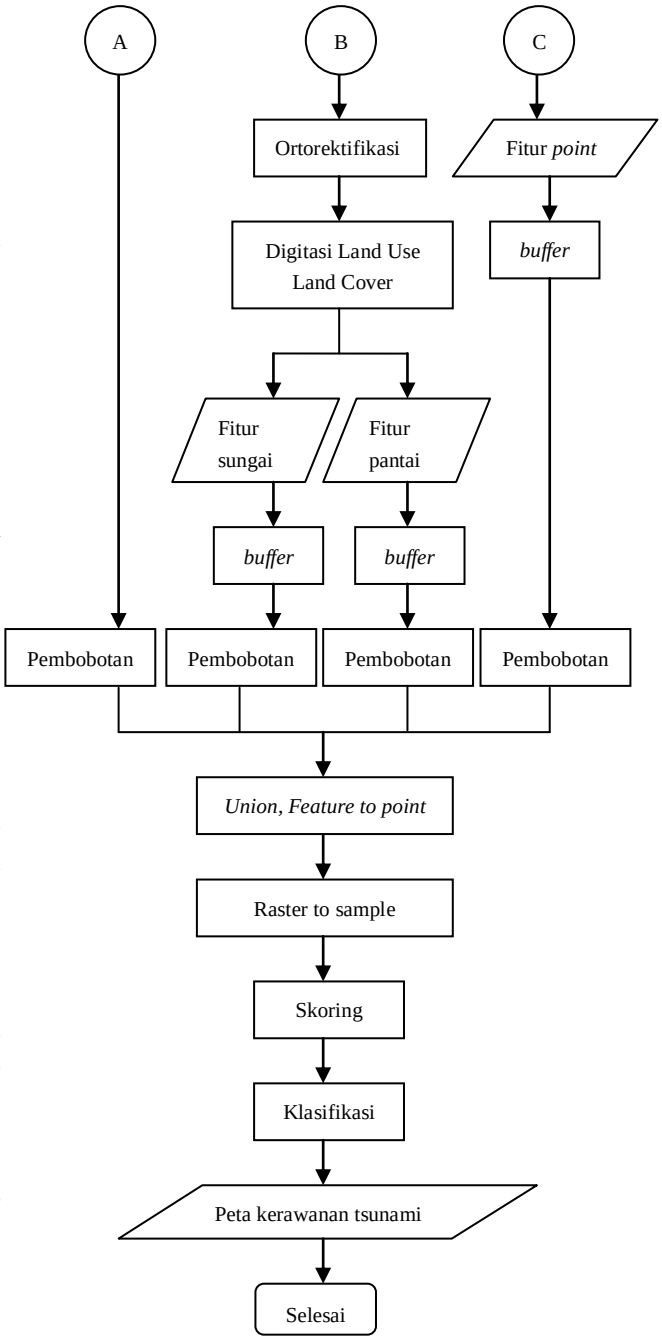
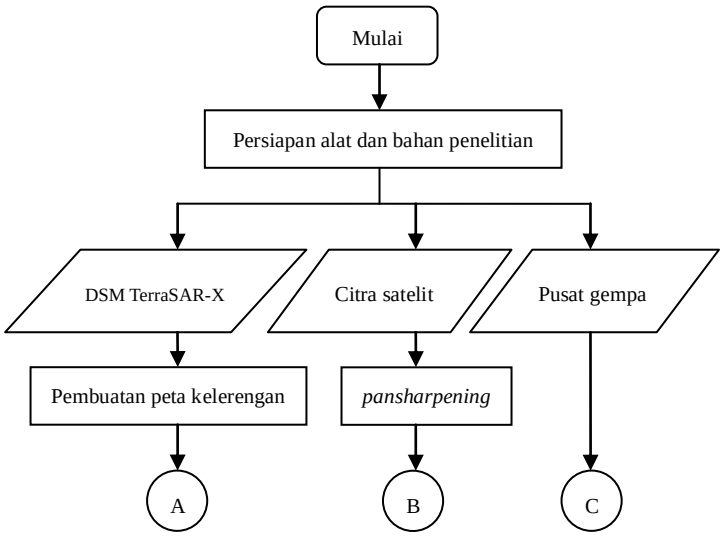


Diagram Alir Penelitian

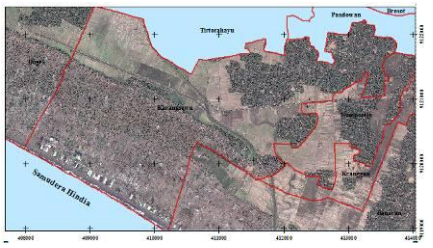
Diagram alir penelitian sebagai berikut



5. Hasil dan Pembahasan

Ortorektifikasi citra satelit

Adapun hasil ortorektifikasi citra satelit untuk Desa Karangsewu digambarkan pada **Gambar 1** berikut



Gambar 1. Citra terortorektifikasi Desa Karangsewu

Untuk menguji kualitas hasil ortorektifikasi citra satelit, maka diperlukan uji nilai *Independent Chcek Point* (ICP). Perhitungan selisih nilai ICP di citra terortorektifikasi dengan nilai ICP di koordinat lapangan dilaksanakan sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No 15 Tahun 2014. Apabila ditinjau dengan batasan nilai CE90 untuk masing-masing skala dan kelasnya menurut **Tabel 1** sebagai berikut

Tabel 1 Ketelitian peta

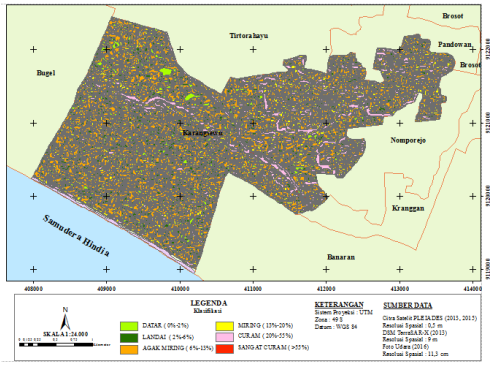
Ketelitian	Hasil Uji CE 90	Ketelitian Peta								
		Skala 1 : 1000			Skala 1 : 2500			Skala 1 : 5000		
		Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horisontal	1,12268	0,2	0,3	0,5	0,5	0,75	1,25	1	1,5	2,5

Citra satelit cocok untuk peta RBI skala 1:2500 kelas 3.

Peta Tingkat Kerawanan Tsunami

Salah satu keluaran dari penelitian ini adalah peta tingkat kerawanan tsunami. Peta tingkat kerawanan tsunami dibuat dengan metode pembobotan dan *overlay*. Adapun parameter yang dipertimbangkan yaitu jarak dari garis pantai, ketinggian daratan, jarak dari sungai, jarak dari sumber gempa dan kelerengan daratan.

Adapun untuk pembuatan peta kelerengan memiliki 6 klasifikasi yaitu datar, landai, miring, agak miring, agak curam, curam dan sangat curam. **Gambar 2** berikut merupakan peta kelerengan yang dihasilkan dari data MPD TerraSAR-X, yaitu



Gambar 2. Peta kelerengan Desa Karangsewu

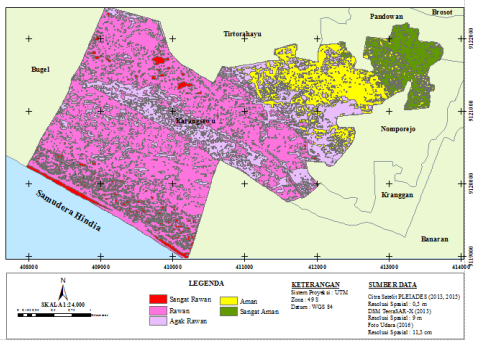
Setelah setiap bahan penelitian diberi skor dan bobot, maka dari total skor tersebut dapat ditentukan klasifikasi tingkat kerawanan tsunami. Daerah penelitian yaitu Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo. Desa ini memiliki luas 959 ha dan berbatasan langsung dengan Samudera Hindia. Terdapat 5 kelas kerawanan tsunami yang dijabarkan pada **Tabel 4** berikut

Tabel 4. Klasifikasi tingkat kerawanan tsunami

No	Tingkat Kerawanan	Rentang Nilai
1	Sangat rawan	<109
2	Rawan	110 - 158
3	Agak rawan	159 - 207
4	Aman	208 - 256
5	Sangat aman	257 - 305

Fitur yang memiliki rentang skor 257 sampai 305 masuk dalam kategori sangat aman. Untuk fitur bernilai antara 208 hingga 256 masuk kategori aman, fitur bernilai 159 sampai 207 masuk kategori agak rawan, fitur bernilai 110 hingga 158 masuk dalam kategori rawan dan fitur yang bernilai kurang dari 109 masuk dalam kategori sangat rawan.

Berdasarkan total skor pembobotan dan hasil *overlay* 5 parameter diperoleh hasil 51 ha dari total luas desa masuk kategori sangat rawan, yaitu pada daerah pesisir selatan yang sebagian besar digunakan untuk pengadaan kolam/tambak; 517 ha masuk kategori rawan yaitu pada area yang memiliki vegetasi rendah, 210 ha masuk kategori agak rawan pada daerah pemukiman dan vegetasi rendah tersebar, 118 ha masuk kategori aman yaitu pada daerah vegetasi rendah tersebar dan 63 ha sangat aman pada area dengan vegetasi tinggi dan padat. Adapun peta tingkat kerawanan tsunami digambarkan pada **Gambar 3** berikut



Gambar 3. Peta Tingkat Kerawanan Tsunami Desa Karangsewu

Peta tingkat kerawanan tsunami yang dihasilkan hanya mempertimbangkan 5 buah parameter, yaitu ketinggian daratan, kelerengan, jarak dari pantai, jarak dari sungai dan jarak dari sumber gempa. Karena disesuaikan dengan kondisi geografis daerah penelitian maka pembuatan peta ini belum mempertimbangkan parameter lain seperti keterlindungan daratan, keberadaan pulau penghalang dan morfologi garis pantai.

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian ini, yaitu

Pertama, analisis spasial untuk kerawanan tsunami di Desa Karangsewu, Kecamatan Galur, Kabupaten Kulon Progo memperoleh hasil 51 ha untuk area sangat rawan, 517 ha untuk area rawan, 210 ha untuk area agak rawan, 118 ha untuk area aman dan 63 ha untuk area sangat aman.

Kedua, orthomosaik citra satelit diuji menggunakan PERKA Kepala BIG No 15 Tahun 2014 dan cocok digunakan untuk skala 1:2500 kelas 3.

Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya yaitu

Penelitian dilakukan pada daerah yang memiliki parameter lebih lengkap, seperti keterlindungan daratan misal keberadaan hutan mangrove atau bentuk garis pantai misal berteluk dan tidak berteluk.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada

1. Badan Penanggulangan Bencana Daerah Kulon Progo.
2. BAPPEDA Kabupaten Kulon Progo
3. Semua pihak yang telah membantu dalam penulisan makalah ini

Daftar Pustaka

Anonim, 2013, ,*Pengembangan Desa Pesisir Tangguh*, , diakses pada 10 Oktober 2016, http://pdpt-kkp.org/tangguh/index.php/profil-lokasi-pdpt/kab-kulon-progo/39-profil-pdpt-kabupaten-kulon-progo,

Kusuma, 2016, *Profil Desa Karangsewu*, diaksespada 10 Oktober 2016, http://repository.umy.ac.id/bitstream/handle/12 456789/3282/Bab%204.pdf?sequence=8&isAllowed=y

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 15 Tahun 2014, Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar, diakses pada : 12 Januari 2016, http://jdih.big.go.id/resources/files/law/tUF25Yj2xW_Perka_Ketelitian_Peta_Dasar_-_Salinan.pdf

PERMEN ESDM RI No 15 Tahun 2011, Pedoman Mitigasi Bencana Gunung Api, Gerakan Tanah, Gempa Bumi dan Tsunami, diakses pada : 26 Juli 2016, http://prokum.esdm.go.id/permen/2011/Permen%20ESDM%2015%202011.pdf

Ridho dkk, 2015, "NYIA Simpan Gempa-Tsunami Besar", KORAN SINDO, diakses pada : 29 Oktober 2015, http://www.koran-sindo.com/news.php?r=5&n=49&date=2015-10-29.

Shofiyanti, R., 2011, "Teknologi Pesawat Tanpa Awak Untuk Pemetaan dan Pemantauan Tanaman dan Lahan Pertanian", *Informartika Pertanian*, Vol. 20 No.2 Desember 2011, hal.58-64, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, diakses pada 7 Agustus 2016, www.litbang.pertanian.go.id/warta-ip/pdf-file/vol.../RizatusVol20No2Th2011.pdf

Sutrisno P.T, Hanifah M dan Zukhrufiyati A., 2012, "Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Penentuan Rute Optimum Jalur Evakuasi Bencana Gunung Api Merapi (Studi Kasus Daerah Sekitar Aliran Sungai Gendol)", Muhammadiyah University Press, Surakarta.

Aplikasi *Android* untuk Penilaian Tanah

Muhamad Irfan Yudistira[a],Kariyono[b] ,Slamet Muryono[c], Sudibyanung[c]

[a,] Pranata Komputer Puskominfo STPN Yogyakarta (ivan_yudhi@yahoo.co.id)
[b,] Mahasiswa Magister Teknik Geomatika UGM dan sebagai Analis Kendali Mutu Pengukuran dan Pemetaan Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Sulawesi Tenggara (kariyono.atrbpn@gmail.com)
c. Dosen STPN Yogyakarta

ABSTRACT

The development of mobile technology at present, whether in software or hardware can be utilized for many jobs, includes the inventory of land data. One of land data inventory activities is land potential survey in context of land value zone mapping and data updating. The operation system installed which currently emerging is Android which has various advantages such as simplicity in its use, it is open source, it can manage multitasking, recording (audio, audio visual, textual, and images data), data storage, and data updating. In line with those terms above then the land data inventory should be easier, more effective and efficient to perform. Based on those grounds, the researcher conducted a research in developing an Android application to land appraisal. This research produces Android application to land appraisal. Based on effectiveness and user satisfaction level of the Android user, this application is able to use to land appraisal. The issues in this Android application utilization include it still has a client in nature thus causing the application performance is slacking, the GPS function that less accurate in determining the position as well as unable to perform vector editing on spatial data.

Key Words: *Application, Android, Appraisal*

Pendahuluan

Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN sesuai dengan tugas dan fungsinya dituntut peranannya dalam mengembangkan dan mengelola informasi pertanahan. Untuk mewujudkan hal tersebut, Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN berkewajiban mengumpulkan, mengolah serta mengelola data pertanahan, data pertanahan tersebut berkaitan dengan pengaturan penguasaan, pemilikan, penggunaan, pemanfaatan serta nilai tanah dan kemudian menyajikannya dalam bentuk sistem informasi pertanahan.

Seiring dengan perkembangan teknologi informasi dan untuk mempercepat serta memudahkan dengan tetap memperhatikan akurasi data, maka kegiatan inventarisasi data pertanahan semestinya didukung oleh teknologi komputer dengan metode digital. Disamping itu yang tidak kalah pentingnya adalah penggunaan metode digital dapat mengurangi penggunaan kertas (paperless). Selanjutnya data tersebut dapat dikemas dan diintegrasikan dalam suatu model sistem informasi yang mampu memperbaharui, menganalisis dan menyajikan secara cepat dan akurat. Dengan tersedianya data yang lengkap diharapkan di dalam merencanakan dan menganalisis suatu wilayah dapat lebih terarah dan mendalam. Berdasarkan hal di atas, maka Direktorat Survei Potensi Tanah – Kementerian Agraria dan Tata Ruang/BPN, melaksanakan kegiatan pembuatan peta zona nilai tanah di beberapa wilayah. Kegiatan ini pada prinsipnya adalah melakukan zonasi nilai tanah suatu wilayah melalui survei lapangan untuk dapat diperoleh informasi mengenai nilai pasar harga tanah.

Berkembangnya teknologi saat ini di bidang perangkat bergerak (*mobile*), baik pada perangkat lunak (*software*) maupun perangkat lunak (*hardware*) berdampak positif terhadap suatu pekerjaan, salah satu sistem operasi yang dapat dipasang pada perangkat bergerak (*mobile*) yang baru marak sekarang ini adalah Android.

Banyak keunggulan yang didapat dari sistem operasi ini, selain tampilannya yang menarik, kemudahan dalam penggunaannya, bersifat open source, dapat melakukan tugas ganda (*multitasking*), dapat melakukan pengambilan data (audio, audio visual, tekstual, spasial dan data gambar), penyimpanan data, pemutakhiran data, dan juga sampai saat ini berbagai merk pabrikan ponsel pintar (*smartphone*) sudah menggunakan sistem operasi Android. Sejalan dengan hal tersebut maka pekerjaan BPN dalam inventarisasi data pertanahan seharusnya menjadi lebih mudah, efektif dan efisien (Aang Mondayana, 2013:2). Atas dasar itu maka peneliti melakukan penelitian dalam mengembangkan aplikasi Android untuk penilaian tanah. Aplikasi ini diharapkan dapat digunakan oleh para petugas survei potensi tanah di lingkungan BPN melalui ponsel pintar

(*smartphone*) yang mempunyai sistem operasi Android.

Metodologi

Jenis Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian dan pengembangan atau Research and Development dengan pendekatan kualitatif.

Lokasi Pengujian Aplikasi

Penelitian dilakukan di Desa Nogotirto, Kecamatan Gamping, Kabupaten Sleman**.**

Peralatan yang digunakan dalam kegiatan penelitian ini adalah :

1) Perangkat Keras (*hardware*) :
   a) Satu unit laptop Lenovo dengan spesifikasi Processor Intel Core i7 2,00 GHz, dengan kapasitas RAM sebesar 8 GB.
   b) Satu unit *Android Device* Sony Xperia Z dengan spesifikasi Android Version 4.3, dengan kapasitas RAM sebesar 2 GB.
2) Perangkat Lunak (*Software*) :
   a) Windows 8 sebagai sistem operasi laptop.
   b) AutoCAD Map 3D 2012 untuk melakukan *drawing clean up* dan membuat *topology.*
   c) ArcMap 10.1 untuk melakukan entri data pada *attribute table*.
   d) WinRAR sebagai alat untuk mengkompres format *shape file* ke satu *folder* .zip yang selanjutnya dilakukan konversi ke format kml *(keyhole markup language),* yaitu format data yang digunakan untuk menampilkan data spasial pada *Google Earth, Google Maps*, dan *Google Maps for mobile.*
   e) Notepad++ untuk menuliskan bahasa pemrograman HTML

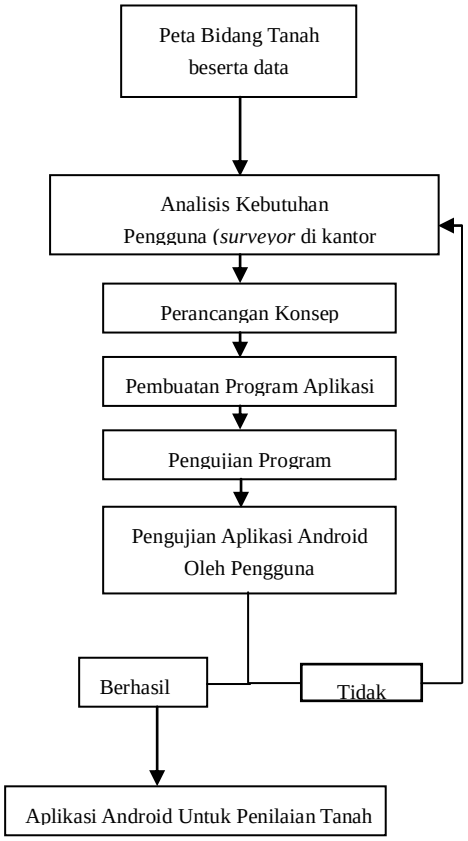
Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data pada penelitian ini adalah Studi Dokumen(Survei Potensi Tanah 111, SPT 112 (Survei Potensi Tanah 112) dalam pelaksanaan penilaian tanah dan Observasi Lapangan (pengambilan, penghitungan serta pemutakhiran data nilai tanah)

Teknik Analisis Data

Menganalisis data yang dikumpulkan dari hasil Praktik Kerja Lapang (PKL) pengukuran bidang berupa peta bidang tanah beserta data atribut-nya sehingga diperoleh data yang terkait dengan perancangan aplikasi Android untuk penilaian tanah dan menganalisis kebutuhan pengguna yaitu *surveyor* di kantor pertanahan, agar aplikasi yang dikembangkan bisa dimanfaatkan untuk melakukan pengambilan data dan penghitungan nilai tanah di lapangan.

Bagan Alir Pelaksanaan Penelitian



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

Hasil dan Pembahasan

Pembuatan Aplikasi Andoid Untuk Penilaian Tanah

Tahapan Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan berupa:

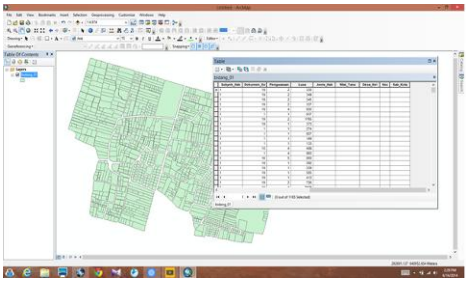
a. Data Tekstual: Berisi atribut dari data spasial yang di entri bersamaan dengan dilakukannya pengukuran bidang tanah.
b. Data Data spasial : berupa peta bidang tanah hasil pengukuran Praktik Kerja Lapang (PKL) pengukuran bidang tahun 2013. Peta berformat *drawing* (.dwg) tersebut, kemudian dikonversi ke format *shape file* (.shp) dengan menggunakan *software* AutoCAD Map 3D 2012.

Tahapan Pembuatan Basis Data Pertanahan

Sebelum memulai pembuatan basis data, seluruh data yang telah dikumpulkan diseragamkan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan pembuatan aplikasi, hal yang dilakukan peneliti adalah :

a. Data tekstual berisi atribut dari data spasial yang di entri bersamaan dengan dilakukannya pengukuran bidang tanah. Data tersebut berupa : Nama pemilik/penguasa tanah, letak bidang tanah, nomor bidang tanah (nomor urut di dalam pengukuran), luas tanah, jenis hak atas tanah, dan nilai tanah. Data tersebut di entri ke *attribute table* dengan menggunakan *software*

Arc Map 10.1. Berikut gambar entri data ke *attribute table* :



Gambar 2. Entri Data Pada *Attribute Table*

(Penelitian 2014)

b. Peta bidang tanah dengan format *shape file* (.shp) dikonversi ke format kml.

Analisis Kebutuhan Pengguna

Analisis kebutuhan pengguna (*user*) merupakan tahapan yang penting dalam membangun sebuah aplikasi. Dalam tahap ini, dilakukan spesifikasi mengenai semua kebutuhan pengguna mengenai aplikasi Android untuk penilaian tanah yang akan dibangun. Hasil dari analisis kebutuhan pengguna ini digunakan sebagai kerangka informasi untuk membangun sebuah aplikasi Android untuk penilaian tanah yang akan dibangun yang sesuai dengan harapan pengguna.

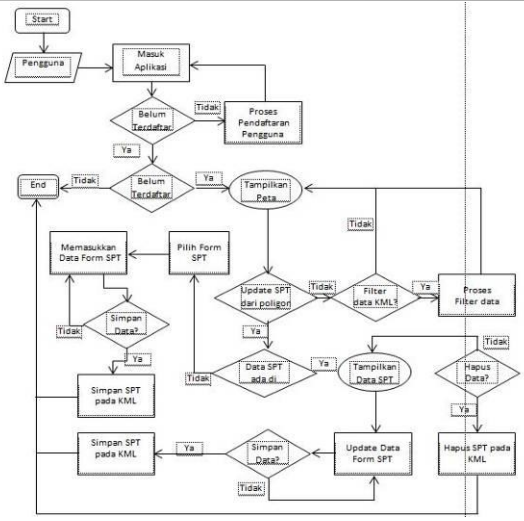
Adapun spesifikasi kebutuhan yang ingin diterapkan pada aplikasi ini meliputi tersedianya peta dasar yang menampilkan bidang-bidang tanah yang akan disurvei nilai tanahnya, kemudian setelah ditentukan bidang tanah yang akan disurvei maka dilanjutkan dengan mengisi data pada formulir. Data tersebut berkaitan dengan nilai tanah sesuai dengan formulir SPT 111 untuk bidang tanah non pertanian dan SPT 112 untuk bidang tanah pertanian.

Rancangan Konsep Program Aplikasi

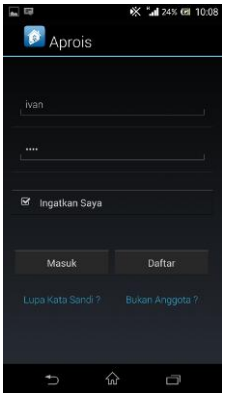
Terdapat 3 (tiga) langkah yang diambil peneliti, yaitu membuat alur aplikasi android dan kerangka halaman

a. Membuat alur Aplikasi Android

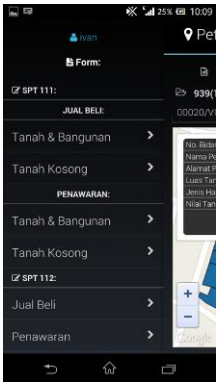
Dalam tahapan ini alur applikasi android mendesain agar surveyor bisa melakukan log in, melakukan entri data baik SPT 211 maupun SPT 212, pengambilan foto bidang tanah dan melakukan analisis penghitungan nilai tanah pada aplikasi android tersebut.Alurnya dapat dilihat pada gambar berikut:



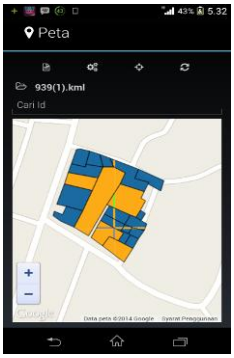
Gambar 3. Alur Aplikasi Android

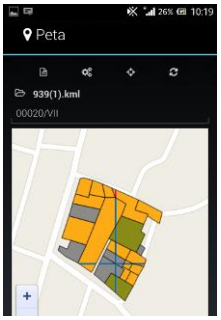


Gambar 4 Tampilan Masuk



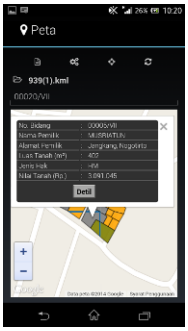
Gambar 5. Tampilan Entri Data





Gambar 6. Tampilan Peta Berdasar Hak



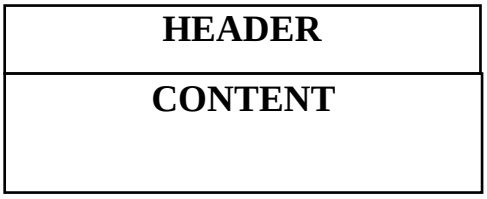


b. Kerangka Halaman

Kerangka halaman adalah konsep yang di buat peneliti untuk menentukan tata letak dari *header* dan isi (*content*) pada tiap halaman.

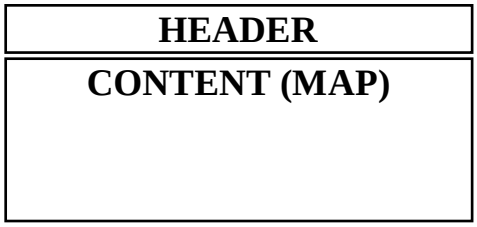
Kerangka Halaman Aplikasi Android.

- Kerangka Halaman Masuk



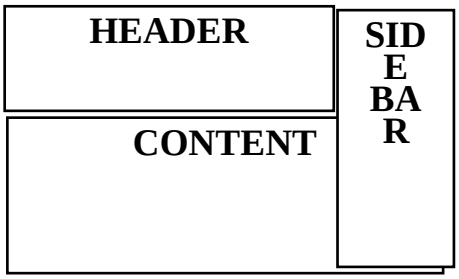
Gambar 10. Kerangka Halaman Masuk

- Kerangka Halaman Peta Utama.



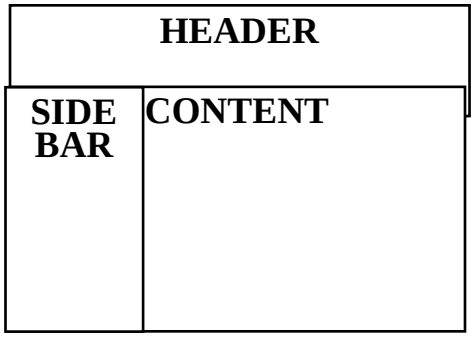
Gambar 11. Kerangka Halaman Peta Utama

- Kerangka Halaman Menu Peta



Gambar 12. Kerangka Halaman Menu Peta

- Kerangka Halaman Menu Entri Data



Gambar 13. Kerangka Halaman Entri Data

Pembuatan Program Aplikasi Android

Untuk membuat aplikasi Android diperlukan langkah-langkah sebagai berikut:

a. Membuat kode pemrograman menggunakan notepad ++**.** Pada tahap ini dilakukan implementasi hasil rancangan ke dalam baris-baris bahasa pemrograman HTML. Bahasa pemrograman ini akan menentukan dan mengontrol jalannya suatu *object* dalam program aplikasi. Berikut tampilan HTML pada teks editor notepad++ :

b. Membuat Aplikasi Android. Setelah proses instalasi, kemudian mulai menjalankan Eclipse-ADT untuk membuat *new application android* serta menentukan target minimum SDK yaitu versi terendah sistem operasi Android yang dapat diinstal program aplikasi Android dan target SDK yang akan diinstal program aplikasi Android tersebut.

c. Meng-*copy file* HTML yang telah dibuat ke dalam *folder* assets/www. *Folder* tersebut terdapat di dalam satu *folder* yang otomatis akan terbentuk dalam pembuatan sebuah aplikasi Android dengan menggunakan *software* Eclipse.

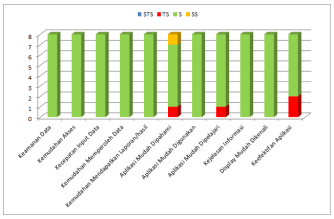
d. Membuat *file* .apk, yaitu *executable file* yang akan diinstal di dalam *gadget* Android. Berikut tampilan pembuatan *file* .

Pengujian Program Aplikasi Android

Pengujian dan sosialisasi program aplikasi merupakan bagian penting dalam siklus pengembangan aplikasi. Tujuannya adalah untuk mengetahui kegunaan dan untuk mendapatkan bahan masukan bagi pengembangan program aplikasi. Pengujian dan sosialisasi program aplikasi yang dilakukan di Kantor Pertanahan Kabupaten Sleman ini dilakukan dengan melakukan pembagian kuesioner kepada 8 (delapan) responden. Responden disini meliputi :

1. Kepala Seksi Survei Pengukuran dan Pemetaan,
2. Kepala Sub Seksi Tematik dan Potensi Tanah,
3. Staf Seksi Survei Pengukuran dan Pemetaan (dua orang), dan
4. Surveyor berlisensi (empat orang).

Pengujian efektifitas aplikasi Android untuk pemutakhiran data nilai tanah didasarkan pada 11 penilaian dan grafik hasil kuesioner dapat dilihat pada gambar 14 berikut :



Gambar 14. Grafik Hasil Kuesioner

Berdasarkan persentase penilaian responden mengenai efektifitas dan kepuasaan penggunaan aplikasi Android untuk pemutakhiran data nilai tanah, maka diperoleh rerata persentase sebagai berikut :

1) Tingkat keefektifan penggunaan aplikasi Android sebesar 94,32%;

2) Tingkat kepuasaan pengguna sebesar 96,87%.

Masukan Untuk Pengembangan Program Aplikasi

Masukan dari responden sangat berguna bagi pengembangan program aplikasi Android untuk penilaian data nilai tanah ini kedepannya. Beberapa masukan dari responden adalah sebagai agar program aplikasi Android untuk penilaian tanah yang bersifat *client* dapat dikembangkan menjadi *client-server*, agar lebih disederhanakan prosedurnya supaya lebih familiar untuk digunakan oleh *surveyor*, fungsi GPS supaya diperbaiki agar dalam menentukan posisi lebih akurat, agar ditambahkan fungsi untuk menambah bidang tanah baru dan agar ditambahkan fungsi untuk mengkonversi koordinat ke TM3 dan UTM.

Kesimpulan dan Saran

Aplikasi Android dapat digunakan untuk penilaian tanah dilihat dari tingkat keefektifan dan kepuasan penggunaan aplikasi Android. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian dan sosialisasi program aplikasi. Berdasarkan penilaian responden mengenai efektifitas dan kepuasan penggunaan aplikasi Android tersebut diperoleh nilai tingkat keefektifan penggunaan aplikasi sebesar 94,32 % dan tingkat kepuasan pengguna sebesar 96,87 %. Saran untuk pengembangan aplikais ini adalah Perlu penelitian dan pengkajian lebih lanjut agar program aplikasi Android untuk penilaian tanah yang bersifat *client* dapat dikembangkan menjadi *client-server*, sehingga semua *surveyor* di lapangan yang menggunakan aplikasi ini dapat meminta/me-*request* data dari *server* serta melakukan penyimpanan data nilai tanah ke *server*. Hal tersebut dapat mempercepat kinerja aplikasi di sisi *client*, dikarenakan proses penyimpanan serta penghitungan dilakukan di sisi *server.*

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional yang sudah memberikan kesempatan untuk menimba ilmu, segenap jajaran Kantor Pertanahan Kota Sleman yang menyediakan waktu nya untuk menjadi responden serta aparat Desa dan masyarakat Desa Nogotirto. Tidak lupa kami ucapkan terima kasih juga kepada panitia FIT ISI dan CGISE 2016 yang memberikan kesempatan kepada kami untuk menyebarluaskan kajian kami kedalam proseding.

Daftar Pustaka

Badan Pertanahan Nasional RI. 2007. *Politik dan Kebijakan Penilaian Tanah dan Aset Pertanahan*, *Workshop* Nasional, Jakarta.

Badan Pertanahan Nasional RI. 2010. *Pedoman Internal Kegiatan Survey Potensi Tanah*. Direktorat Survey Potensi Tanah, Jakarta.

Kementerian Keuangan RI. 2007. Standar Penilaian *Indonesia*. Pusat Pembinaan Akuntan Jasa Penilai, Jakarta

Huda, Arif Akbarul. 2012. *24 Jam!! Pintar Pemrograman Android*. Andi, Yogyakarta

Prawoto, Agus. 2003. *Teori dan Praktek Penilaian Properti*. BPFE,Yogyakarta.

Prahasta, Eddy.2011. *Tutorial ArcGIS Desktop Untuk Bidang Geodesi & Geomatika*. Informatika, Bandung.

Suyudi, Bambang. "Penentuan Data Model Nilai Tanah Untuk Penetapan Harga Dasar Tanah Di Kabupaten Klaten Propinsi Jawa Tengah". *Bhumi Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Nomor 5 Tahun 3, September 2011 h.1-13*, Yogyakarta.

Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional. (2010). *Pedoman Penulisan Proposal Penelitian dan Skripsi Pada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional*, Yogyakarta (tidak di publikasikan)

Safaat, Nazruddin H. (2012). *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC Berbasis Android*. Edisi Revisi, Informatika, Bandung.

Susanto, Stephanus Hermawan.2011. *Mudah Membuat Aplikasi Android*. Andi, Yogyakarta.

Sugiyono. 2012. *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Cetakan ke-17, Alfabeta, Bandung.

Tim EMS. 2013. *Pemrograman Mobile Dengan PhoneGap*. PT. Elex Media Komputindo, Jakarta.

Utomo, Eko Priyono.2013. *Mobile Web Programming*. Andi, Yogyakarta.

Peraturan Perundang-Undangan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2008 Tentang Informasi dan Transaksi Elektronik.

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2010 Tentang Jenis Dan Tarif Atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak Yang Berlaku Pada Badan Pertanahan Nasional.

Peraturan Presiden Nomor 63 Tahun 2013 tentang *Badan Pertanahan Nasional*;

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 2006 tentang *Organisasi Dan Tata Kerja Badan Pertanahan Nasional*.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 4 Tahun 2006 tentang *Organisasi Dan Tata Kerja Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional dan Kantor Pertanahan*.

Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2010 Tentang *Standar Pelayanan Dan Pengaturan Pertanahan Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia*.

Analisis Perubahan Penggunaan Lahan dan Penutup Lahan di Daerah Istimewa Yogyakarta dari Tahun 2002 hingga 2015

Retno Agus Pratiwi[a], Harintaka [b]

[a,] Alumni S1 Teknik Geodesi UGM dan mahasiswa S2 Teknik Geomatika FT-UGM (retno.agus.p@mail.ugm.ac.id)
[b,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (harintaka@ugm.ac.id)

ABSTRACT

Development activity in a city could lead many changes in human live and environment around them, such as land-use and land-cover changing in an area. It often occur in a big city, such as Daerah Istimewa Yogyakarta, therefore the effort is needed to analyze land-use and land-cover spatial changing in Daerah Istimewa Yogyakarta to make sure that development of the province has been proper to government planning. This research aim to know the land-use and land-cover spatial changing in Daerah Istimewa Yogyakarta from 2002 to 2015 using Landsat 7 ETM+ and Landsat 8 imagery. This research used digital classification method with maximum likelihood algorithm. The results are analyzed to detect the land-use and land-cover that changes over 13 years. This research showed that changes are happen to the land-use and land-cover in Daerah Istimewa Yogyakarta. Vegetation decreased 16,55 %, agriculture increased 13,90 %, built up area increased 3,43 %, vacant land increase 0,09 %, and water bodies decreased 0,87 %. Analysis of this research prove that there are spatial changing of land-use and land-cover from 2002 to 2015 in research area. The spatial changing is spreading and increasing for built up area, vacant land, and agriculture, but decreasing of vegetation and water bodies. Changes of built up area is appropriate toward government spatial planning, but changes of vegetation and agriculture is not appropriate toward government spatial planning.

Keywords: Land-use, Land-cover, Changing, Yogyakarta, Landsat

Pendahuluan

Daerah Istimewa Yogyakarta (DI Yogyakarta) merupakan salah satu provinsi yang mengalami pembangunan pesat dan peningkatan penduduk dari tahun ke tahun (Badan Pusat Statistik, 2012). Hal tersebut dipicu oleh potensi pariwisata dan pendidikan yang dimiliki DI Yogyakarta. Pertambahan jumlah penduduk berdampak pada tingginya kebutuhan hidup penduduk, utamanya kebutuhan akan tempat tinggal dan gaya hidup.

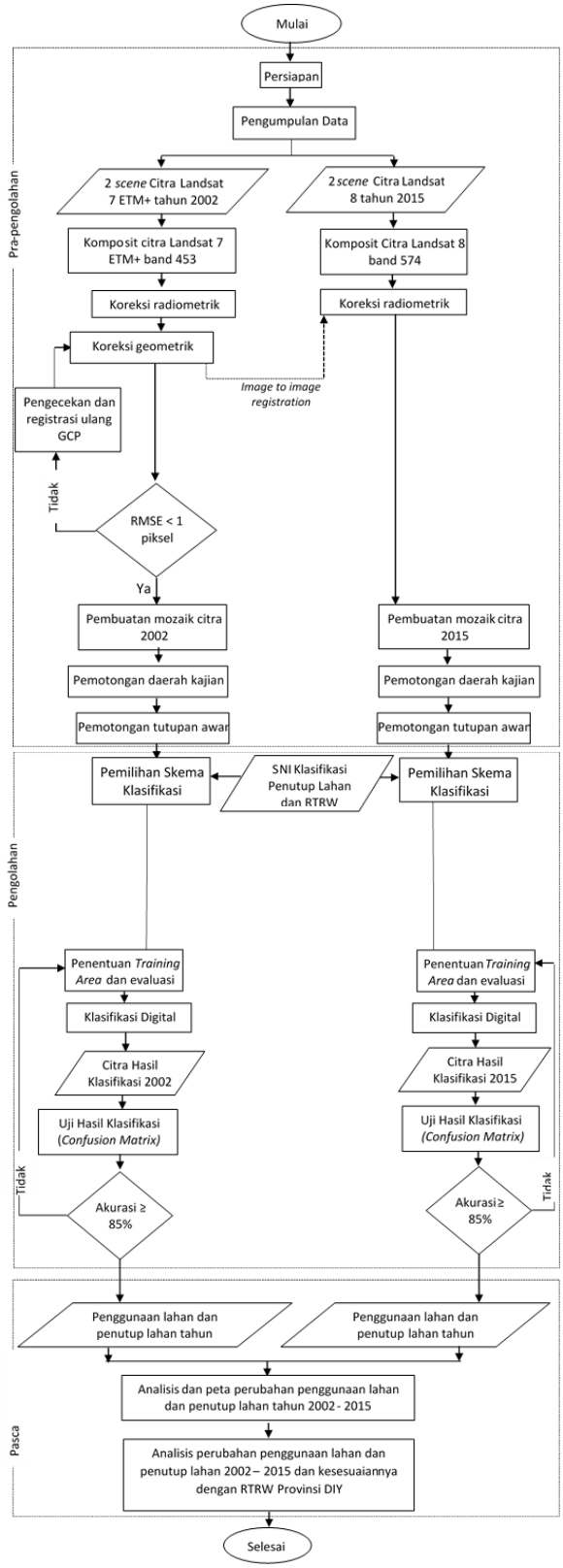
Pembangunan pesat di DI Yogyakarta mengakibatkan terjadinya perubahan penutup lahan di kota ini. Perubahan penutup lahan yang terjadi di DI Yogyakarta perlu diekstraksi dan dianalisis untuk mengetahui arah pembangunan yang dilaksanakan oleh Pemerintah. Hal tersebut berguna untuk mengawasi apakah pembangunan yang diselenggarakan telah sesuai dengan perencanaan tata ruang yang disusun oleh Pemerintah setempat.

Proyeksi penataan ruang di DI Yogyakarta telah diatur dalam Peraturan Daerah Provinsi DI Yogyakarta No. 2 Tahun 2010 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Provinsi DI Yogyakarta Tahun 2009-2029. Kegiatan ekstraksi informasi perubahan penutup lahan di DI Yogyakarta dapat dilakukan sebagai evaluasi sederhana untuk memastikan apakah rencana tata ruang tersebut sudah terlaksana dengan sebaik-baiknya. Salah satu cara untuk melakukan ekstraksi informasi perubahan penutup lahan adalah dengan teknologi penginderaan jauh. Teknologi penginderaan jauh dapat digunakan untuk membandingkan hasil klasifikasi penutup lahan citra satelit multitemporal suatu wilayah, sehingga diketahui nilai kuantitatif luasan yang berubah dan bentuk perubahan spasial yang terjadi dalam kurun waktu tertentu (Zubair, 2006).

Penelitian perubahan penutup lahan atau penggunaan lahan untuk evaluasi RTRW telah dilakukan di Kota Yogyakarta (Rasyidin, 2015), namun kajian wilayahnya belum mencakup Provinsi DI Yogyakarta. Berdasarkan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian tentang analisis perubahan spasial penutup lahan dan penggunaan lahan di DI Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan spasial penutup lahan di DI Yogyakarta dari tahun 2002 sampai 2015. Periode waktu tersebut dipilih karena mengakomodasi waktu sebelum dan sesudah keberadaan RTRW Provinsi DI Yogyakarta. Data yang digunakan adalah Citra Landsat 7 ETM+ dan Citra Landsat 8. Analisis yang dicapai meliputi nilai prosentase perubahan masing-masing kelas dan

perubahan spasial dari kelas penutup lahan dan pengggunaan lahan di DI Yogyakarta.

Metodologi



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian disajikan dalam diagram alir pada Gambar 1.

Lokasi penelitian ini adalah Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yang terletak pada 109˚58’17,84” BT ; 7˚30’14,63” LS hingga 110˚43’33,40”BT ;8˚12’42,54” LS.

Perubahan penggunaan lahan dan penutup lahan yang diteliti berada dalam jangka waktu 13 tahun dan dilakukan dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002 serta citra Landsat 8 tahun 2015. Perangkat lunak yang digunakan adalah *software* pengolah citra digital. Metode yang digunakan untuk melakukan klasifikasi digital adalah klasifikasi terkontrol dengan algoritma *maximum likelihood* (Tso dan Mather, 2009).

Hasil dan Pembahasan

a. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan pada citra Landsat 7 ETM+ 2002 dengan acuan citra Landsat 8 2015 dengan metode rektifikasi *image to image* (Khorram dkk, 2012). Proses ini melibatkan penentuan 15 titik kontrol yang digunakan untuk melakukan transformasi citra ke citra.

Rektifikasi citra ke citra ini menghasilkan nilai total RMSE adalah 0,009613 piksel. Pada kondisi di lapangan 0,009613 x 30 meter = 0,3 meter.

b. Uji Ketelitian Klasifikasi

Tabel 1 menunjukkan bahwa *Overall Accuracy* untuk hasil klasifikasi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002 adalah sebesar 92%, setelah dihitung dengan melibatkan Persamaan 1 sebagai berikut (Lillesand dan Kiefer, 2004):

Overall accuracy = (42+13+16+13+8)/100= 92% (1)

Tabel 1. Matriks konfusi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002

Kelas		Citra					Total
		V	VP	P	LK	PR	
Data Acuan	V	42	0	3	1	0	46
	VP	0	13	0	0	0	13
	P	0	0	16	0	0	16
	LK	2	0	0	13	0	15
	PR	0	0	2	0	8	10
Total		44	13	21	14	8	100

Keterangan gambar :
V : Vegetasi
VP : Vegetasi pertanian
P : Permukiman
LK : Lahan kosong
PR : Perairan

Tabel 2 menunjukkan bahwa *Overall Accuracy* untuk hasil klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2015 adalah sebesar 89%, setelah dihitung dengan melibatkan Persamaan 2 sebagai berikut (Lillesand dan Kiefer,

2004):

Overall accuracy = (20+15+20+17+17)/100 = 89% (2)

Tabel 2. Matriks konfusi citra Landsat 8 Tahun 2015

Kelas		Citra					Total
		V	VP	P	LK	PR	
Data Acuan	V	20	0	0	0	0	20
	VP	1	15	2	2	0	20
	P	0	0	20	0	0	20
	LK	1	1	1	17	0	20
	PR	1	2	0	0	17	20
Total		23	19	23	19	17	100

Secara umum, ketelitian terendah dimiliki oleh kelas perairan. Hal tersebut dikarenakan beberapa wilayah perairan memiliki dimensi kurang dari resolusi spasial citra Landsat (30m x 30m) sehingga pada citra ditemukan banyak percampuran nilai spektral pada beberapa area perairan, yang berujung pada kesalahan klasifikasi citra.

Berdasarkan hasil perhitungan matrik konfusi, diketahui bahwa hasil klasifikasi ketiga citra memenuhi toleransi yang diperbolehkan, yaitu ≥ 85% dan rata-rata kesalahan komisi besarnya ≤ 20%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa keseluruhan hasil interpretasi dapat diterima karena memenuhi persyaratan batas minimal ketelitian interpretasi data penginderaan jauh dengan citra Landsat (Short dan Nicholas, 1982).

c. Analisis Perubahan Spasial Penutup Lahan

Klasifikasi digital menghasilkan informasi luas setiap kelas penggunaan lahan dan penutup lahan di masing-masing citra dalam satuan meter, sebab 1 piksel dari citra Landsat mewakili area seluas 30 meter x 30 meter. Tabel 3 menunjukkan bahwa hasil klasifikasi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002 didominasi oleh kelas vegetasi, dengan prosentase sebesar 69,56%.

Tabel 3. Hasil klasifikasi citra Landsat 7 ETM+ tahun 2002

No	Kelas	Luas (m^2)	Prosentase
1.	Vegetasi	2.099.768.400	70.70%
2.	Vegetasi pertanian	353.195.100	11.89%
3.	Permukiman	313.389.000	10.55%
4.	Lahan kosong	171.867.600	5.79%
5.	Perairan	31.832.100	1.07%

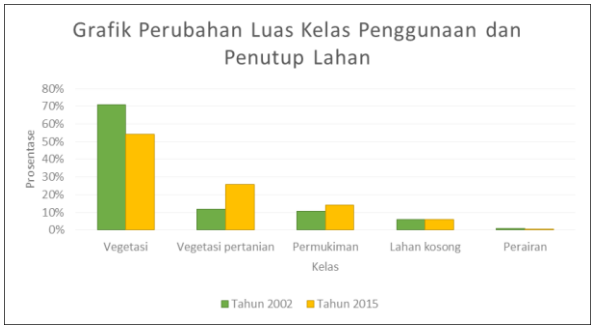
Tabel 4 menunjukkan bahwa hasil klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2015 didominasi oleh kelas vegetasi, dengan prosentase sebesar 50,16%. Urutan proporsi luasan tiap kelas pada hasil klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2015, paling tinggi ditutupi oleh vegetasi dan paling rendah perairan.

Tabel 4. Hasil klasifikasi citra Landsat 8 tahun 2015

No	Kelas	Luas (m)	Prosentase (%)
1.	Vegetasi	1,608,256,800.00	54,15%
2.	Vegetasi pertanian	766,071,900.00	25,79%
3.	Permukiman	415,125,000.00	13,98%
4.	Lahan kosong	174,465,000.00	5,87%
5.	Perairan	6,133,500.00	0,21%

d. Luas daerah yang mengalami perubahan

Hasil analisis perubahan penggunaan lahan dan penutup lahan di daerah kajian menunjukkan bahwa pada periode 2002 sampai 2015 telah terjadi perubahan berupa penurunan luas kelas vegetasi dan perairan, peningkatan kelas vegetasi pertanian, permukiman, dan lahan kosong. Rincian prosentase perubahan tiap kelas penutup lahan disajikan pada Gambar 2.

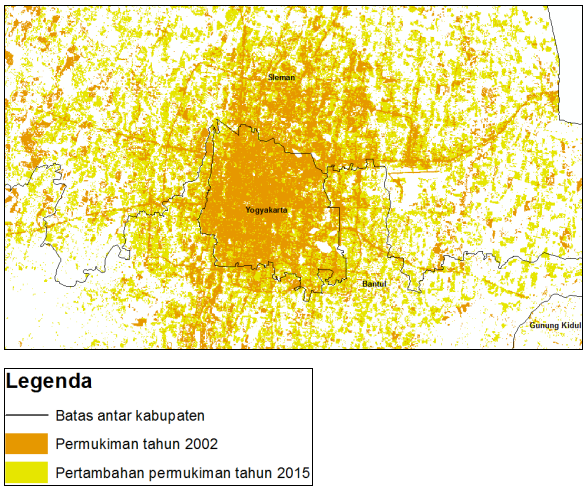


Tahun	V	VP	P	LK	PR
2002	70 %	12 %	11 %	5,9 %	1 %
2015	54 %	26 %	14 %	6 %	0,5 %
Perubahan	-16%	14 %	3 %	0,1 %	-0,5 %

Gambar 2. Prosentase perubahan penutup dan penggunaan lahan

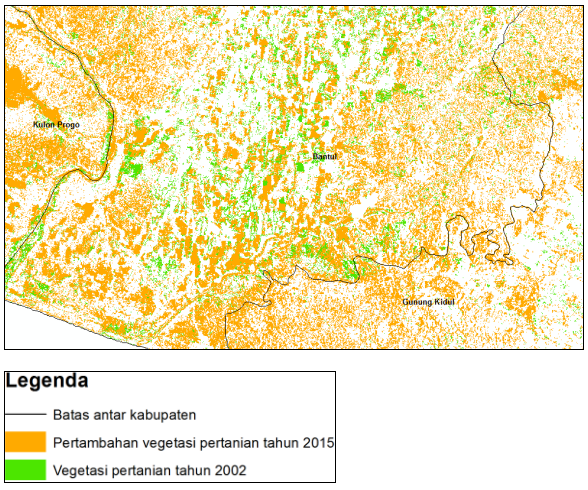
e. Sifat Perubahan yang Terjadi

Perubahan spasial untuk kelas permukiman ditunjukkan pada Gambar 3. Pada gambar tersebut ditemukan sifat perubahan spasial yang menyebar sejak tahun 2002 hingga ke 2015, utamanya di daerah Kota Yogyakarta. Sifat perubahan tersebut disertai dengan pertambahan luas, seperti yang disajikan cuplikannya pada Gambar 2. Perubahan terjadi di perbatasan Kota Yogyakarta dengan dua kabupaten, yaitu Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman. Hal tersebut diindikasi akibat perkembangan bangunan-bangunan baru di wilayah Kota Yogyakarta.



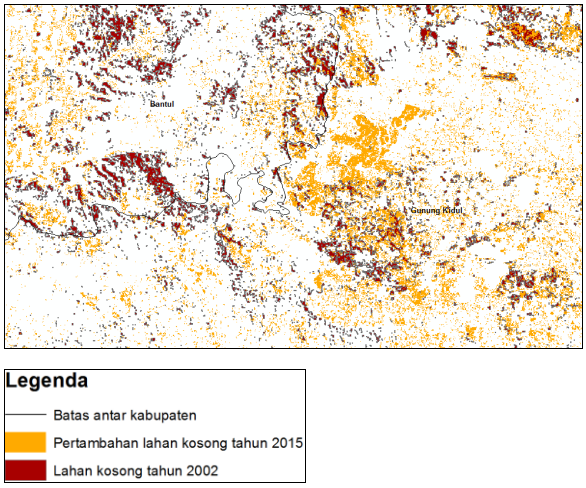
Gambar 3. Perubahan spasial kelas permukiman

Perubahan spasial untuk kelas vegetasi pertanian ditunjukkan pada Gambar 4. Pada gambar tersebut ditemukan sifat perubahan spasial yang menyebar sejak tahun 2002 hingga ke 2015, salah satunya di Kabupaten Bantul. Sifat perubahan tersebut disertai dengan pertambahan luas, seperti yang disajikan cuplikannya pada Gambar 2. Wilayah-wilayah di Kabupaten Bantul banyak dialihkan menjadi lahan-lahan pertanian atau sawah untuk menunjang pertanian wilayah tersebut. Fakta kondisi tersebut mendukung asumsi adanya dinamika campuran antara pertanian dengan perkotaan. Di sisi lain, data citra satelit yang digunakan pada penelitian ini diakuisisi pada bulan-bulan musim penghujan, sehingga area sawah teridentifikasi secara massal pada citra.



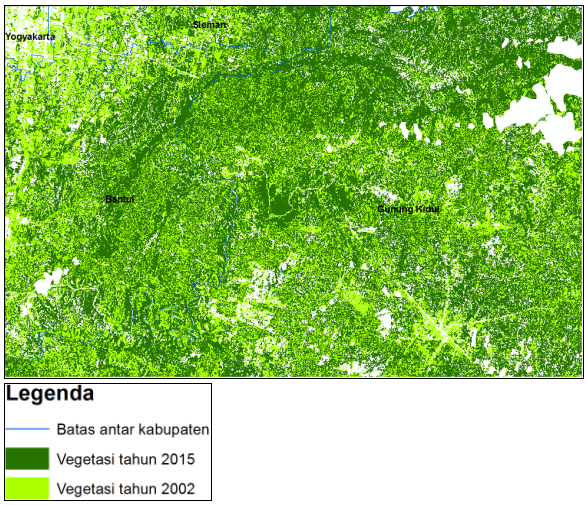
Gambar 4. Perubahan spasial kelas vegetasi pertanian

Perubahan spasial untuk kelas lahan kosong secara akumulatif mengalami pertambahan luas kurang dari 1 % dalam kurun waktu 2002 hingga 2015. Perubahan terjadi di beberapa kabupaten, yaitu Kabupaten Gunung Kidul, Bantul, dan Sleman, seperti yang ditunjukkan cuplikannya pada Gambar 5. Secara spasial bentuk perubahannya sulit diidentifikasi karena peningkatannya dalam prosentase kecil jika dibandingkan dengan perubahan kelas penutup lahan yang lain.



Gambar 5. Perubahan spasial kelas lahan kosong

Perubahan spasial untuk kelas vegetasi mengalami penurunan dalam kurun waktu 2002 hingga 2015. Perubahan terjadi di Kabupaten Gunung Kidul dan Bantul, seperti yang ditunjukkan cuplikannya pada Gambar 6. Pada Gambar 6 ditunjukkan bahwa wilayah vegetasi menyusut sehingga membentuk wilayah vegetasi yang lebih kecil.

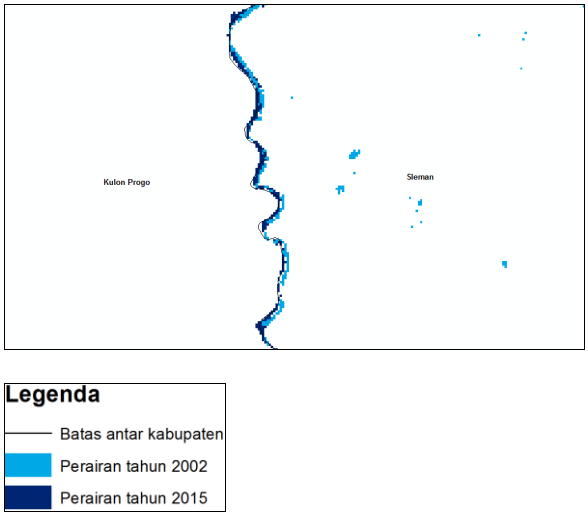


Gambar 6. Perubahan spasial kelas vegetasi

Penyusutan dan penurunan kelas vegetasi ini dikarenakan perkembangan Provinsi DI Yogyakarta yang semakin mengunggulkan aspek pariwisatanya. Objek pariwisata di Provinsi DI Yogyakarta umumnya merupakan wisata alam yang berada jauh dari perkotaan dan keramaian. Dibutuhkan ruang untuk mengaktifkan objek-objek wisata tersebut melalui pembangunan sarana dan prasarana yang menuntut dialihkannya beberapa vegetasi di sekitar objek wisata. Kabupaten Bantul memiliki beberapa maskot objek wisata yang dikembangkan seperti Kedai Wedangan dan Bukit Panguk.

Perubahan kelas perairan dari tahun 2002 sampai 2015 secara numeris menurun, namun secara bentuk

spasial tidak ditemukan perubahan yang cukup signifikan untuk dinyatakan secara spasial. Pada Gambar 7 ditunjukkan cuplikan perubahan perairan atau sungai di wilayah perbatasan Kabupaten Kulon Progo dan Sleman. Area perairan yang terindentifikasi dari citra memiliki prosentase yang kecil karena terjadi percampuran nilai piksel pada area ini yang membuat area perairan teridentifikasi menjadi kelas-kelas lain, di sisi lain terdapat beberapa sungai yang lebarnya kurang dari resolusi spasial citra Landsat (30 meter) dan akhirnya semakin memperkecil kemungkinan area ini untuk diklasifikasikan menjadi kelas perairan karena didominasi oleh kelas-kelas lain. Sedimentasi yang terjadi di tepi-tepi sungai juga menyebabkan sebagian perairan terklasifikasi menjadi kelas lahan kosong dan semakin memperkecil nilai keberadaan perairan dari citra tersebut.



Gambar 7. Perubahan spasial kelas perairan

f. Perbandingan Hasil Klasifikasi dengan skema RTRW

Prosentase ketercapaian dalam Tabel 5 sendiri diperoleh dari perbandingan antara kondisi luas kelas pada tahun 2015 dengan luas skema kelas tersebut dalam RTRW. Apabila luas diantara keduanya semakin dekat nilainya maka prosentasenya juga semakin tinggi, artinya perkembangan kelas tersebut semakin mendekati target RTRW. Kelas

Prosentase perubahan terbesar dimiliki oleh kelas vegetasi dengan penurunan sebesar 16,55 %. Hal tersebut dapat diakibatkan oleh pertambahan kelas-kelas lain seperti permukiman dan vegetasi pertanian yang hadir menggantikan vegetasi. Berdasarkan Gambar 2 diidentifikasi bahwa sifat perkembangan kelas vegetasi menurun dari tahun 2002 ke tahun 2015. Perkembangan kelas vegetasi pertanian dan permukiman terus bertambah sejak belum adanya RTRW sampai periode RTRW diterapkan. Kelas perairan sulit diidentifikasi perkembangannya seperti apa, karena ekstraksi area perairan pada penelitian ini mengalami banyak gangguan seperti percampuran piksel pada area perairan yang menyebabkan ekstraksi informasi area perairan terganggu.

Perkembangan area permukiman perlu dikendalikan bahkan ditekan untuk mencegah pertambahan berlebih area permukiman di masa mendatang, sebab sifat perubahan area permukiman selama kurun waktu 2002 hingga 2015 bersifat meluas dan bertambah dari waktu ke waktu. Perkembangan area vegetasi cenderung menurun selama kurun waktu 2002 hingga 2015. Sejauh ini masih prosentase area vegetasi belum kritis atau melewati ambang batas luas yang ditargetkan sesuai RTRW area vegetasi. Tindakan pencegahan untuk menahan alih fungsi kelas vegetasi menjadi kelas lain perlu dilakukan. Perkembangan area vegetasi pertanian bersifat meluas dan bertambah dari tahun ke tahun selama kurun waktu 2002 hingga 2015. Prosentase luasan yang dimiliki area vegetasi pertanian di tahun 2015 juga belum melewati ambang batas skema RTRW area vegetasi pertanian.

Tabel 5. Tabulasi perbandingan RTRW dengan penutup lahan 2015

Keterangan	Permukiman	Vegetasi	Vegetasi Pertanian
Luas di hasil klasifikasi 2015	415,1 km^2	1608,2 km^2	766 km^2
Luas di peta RTRW	76,9 km^2	1110,6 km^2	1290,3 km^2
Prosentase tercapai	18 %	55 %	59 %
Sifat perubahan dari tahun ke tahun	Meningkat	Menurun	Meningkat
Kondisi penutup lahan 2015 terhadap peta RTRW	Meningkat Melebihi target	Menurun mendekati target	Meningkat mendekati target

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan uraian analisa hasil dan pembahasan, maka dari penelitian ini dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Perubahan penggunaan lahan dan penutup lahan yang terjadi dari tahun 2002 sampai dengan tahun 2015 adalah penyebaran dan pertambahan luas untuk kelas penutup lahan permukiman, lahan kosong, dan vegetasi pertanian, serta penurunan dan penyusutan wilayah vegetasi dan perairan.
2. Perubahan bentuk spasial penggunaan lahan dan penutup lahan yang terjadi adalah penyebaran dan pertambahan luas untuk kelas penutup lahan permukiman, lahan kosong, dan vegetasi pertanian, lalu penurunan dan penyusutan wilayah vegetasi

dan perairan. Perkembangan kelas permukiman sesuai dengan RTRW Provinsi DI Yogyakarta, sedangkan perkembangan vegetasi pertanian dan vegetasi tidak sesuai dengan RTRW yang diterapkan.

Saran dalam penelitian ini:

1. Kajian perbandingan citra multitemporal perlu mempertimbangkan musim pada saat perekaman data, hal tersebut perlu dilakukan sebagai upaya normalisasi agar citra yang dibandingkan benar-benar memiliki karakter pantulan yang normal.
2. Faktor awan dan musim mempengaruhi ektraksi informasi citra, dibutuhkan tambahan proses untuk mengeliminir faktor awan yang menutupi citra tanpa harus mengurangi substansi informasi yang diekstrak dari citra tersebut.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada mahasiswa Teknik Geodesi FT-UGM yang membantu penelitian ini dan Departemen Teknik Geodesi FT-UGM atas bantuan fasilitas penelitian yang telah diberikan.

Daftar Pustaka

Badan Pusat Statistik, 2012, Kependudukan. Jumlah Penduduk menurut Kabupaten/Kota di DI Yogyakarta: http://yogyakarta.bps.go.id/linkTabelStatis/view/id/7

Badan Standardisasi Nasional, 2010, SNI Klasifikasi Penutup Lahan, Jakarta.

Khorram, S., Koch, F., van der Wiele, C., & Nelson, S. A., 2012, *Remote Sensing*, New York: Springer-Verlag.

Lillesand, T. M., dan Kiefer R. W, 2004, *Remote Sensing and Image Interpretation*, New Jersey: John Wiley & Sons Inc.

Rasyidin, M. U., 2016, "Evaluasi RTRW (Rencana Tata Ruang Wilayah) Kota Yogyakarta Menggunakan Citra Worldview-2", Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.

Short, M., & Nicholas, 1982, *The Landsat Tutorial Workbook*, Washington: Scientific and Technical Information Branch.

Tso, B., & Mather, P. M., 2009, *Classification Methods for Remotely Sensed Data*, Boca Raton: CRC Press.

Zubair, A. , 2006, Change Detection In Land Use and Land Cover Using Remote Sensing Data and GIS. Ibadan: University of Ibadan.

Rencana Bisnis Pembuatan Web Sosial dan Retailer "Bangkit Bangsaku" Berbasis Sistem Informasi Geografis

Farouki Dinda Rassarandi, S.T.[a], Fulgentius Gary Christianto, S.T.[b]

[a,] Program Megister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada (farouki.dr@gmail.com)
[b,] Teknik Industri, Universitas Gadjah Mada (garychristianto@gmail.com)

ABSTRACT

Indonesia has a lot of social problems, among others, the effects of natural disasters, poverty, moral degradation and neglected children. Then "Bangkit Bangsaku" *present and hammering these problems. The system of* "Bangkit Bangsaku" *provides information on the location of the posts of social and natural disasters in the form of digital map, where the locations of these posts will be given coverage area in the range of vulnerability by using buffering. This information can be accessed by anyone who visits this website. On this website also provided a diverse menu featuring facilities for visitors, if we want to make social action as would be disastrous donors, volunteers, till to know the social organizations which provide accommodation for the disaster.*

In building the business of "Bangkit Bangsaku" *on the internet is required four major components, namely: product, website, traffic (visitors) and conversion (added value). Each of the components need to be considered before analyzing the feasibility of the business.*

The Business of "Bangkit Bangsaku" *assumed to be in a small scale, because it does not require a special place and a lot of workers. But in the long term still expected to be able to develop its further so as to include the outposts of archipelago.* "Bangkit Bangsaku" *get revenue from commissions recommended products for donations and does not produce a product, so that it does not have a variable cost. From the calculations in financial analysis shows that the business is able to provide a good BEP value, that is 11.5 months.*

Keywords *Disasters, Social, Business, Web, Locations, Digital Map.*

1. Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak permasalahan sosial, antara lain adalah efek yang ditimbulkan dari adanya bencana alam, kemiskinan, degradasi moral, dan anak terlantar. Maka "Bangkit Bangsaku" hadir dan menjadi pemecah masalah-masalah tersebut. Dengan adanya produk jasa dari "Bangkit Bangsaku", setiap orang yang memiliki kerinduan bersosial untuk membantu sesamanya akan menjadi lebih mudah.

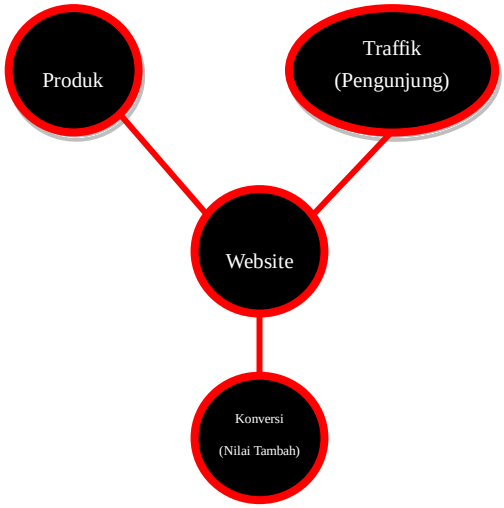
"Bangkit Bangsaku" merupakan suatu produk layanan informasi berbasis *web* yang menyediakan keterangan-keterangan lengkap mengenai bagaimana prosedur menjadi donator, sukarelawan dan informasi-informasi lainnya mengenai *web-web* sosial pendukung serta lokasi bencana dan alamat-alamat yayasan/posko bencana alam, selain itu juga *web* ini berfungsi sebagai *web retailer* yang memberikan informasi ke para donatur yang ingin menyumbang agar tidak mengalami kesulitan dalam pemenuhan barang donasi sehingga tidak perlu lagi harus mencari atau membeli sumbangan. Selain itu "Bangkit Bangsaku" juga menjalin kerjasama dengan lembaga-lembaga sosial masyarakat, yayasan-yayasan yang *concern* terhadap masalah sosial, serta pemerintah sendiri.

Sistem ini menyediakan informasi mengenai lokasi posko-posko sosial dan bencana alam dalam bentuk peta digital. Peta digital adalah peta yang berupa gambaran permukaan bumi yang diolah dengan bantuan media komputer. Biasanya peta digital ini dibuat dengan menggunakan *software GIS (Geography Information System)* (Riyanto, 2010), dimana lokasi-lokasi posko tersebut akan diberi cakupan wilayah menurut rentang kerawanannya dengan menggunakan *buffering*. Informasi tersebut dapat diakses oleh siapapun yang mengunjungi *website* ini. Pengunjung dapat secara manual mengubah posisi tampilan peta baik dengan memperbesar ataupun menggeser posisi peta. Selain itu, sistem ini juga memberikan kemudahan bagi pengunjung yang ingin secara langsung melihat posko dimana kondisi daerah bencana yang ia inginkan, pengunjung dapat dengan mudah memilih kota, lalu kecamatan yang diinginkan. Setelah semua data terpilih, peta akan secara otomatis terpindah menuju lokasi yang telah ditentukan oleh pengunjung. Pada *website* ini juga disediakan beragam menu

yang menampilkan kemudahan-kemudahan untuk pengunjung laman *web* jika ingin melakukan aksi sosial seperti ingin menjadi donatur bencana, sukarelawan, sampai dengan mengetahui badan atau organisasi sosial mana yang menyediakan akomodasi untuk penanggulangan bencana alam.

2. Metodologi

Dalam membangun bisnis "Bangkit Bangsaku" di internet diperlukan 4 komponen utama (Sidharta, 1995), yaitu:



Gambar 2.1. Komponen Utama dalam Pembangunan Bisnis di Internet (Sumber diadaptasi dari Sidharta, 1995)

a Produk

Apapun yang ingin dipasarkan baik di bisnis internet maupun bisnis konvensional, membutuhkan produk untuk dijual. Begitupula mengenai macam produk, dapat berupa produk fisik maupun nonfisik. Produk fisik dapat berupa komputer, *handphone*, laptop dan sebagainya. Sedangkan produk yang populer di jual di internet adalah nonfisik (digital) seperti *software*, *script*, *domain*, *hosting*, *ebook* dan lain-lain (Lupiyoadi, dkk, 2009). Dalam hal ini "Bangkit Bangsaku" menampilkan produk nonfisik sebuah jaringan informasi berbasis *web* yang berisi mengenai penyediaan jasa yang menampilkan informasi tentang situs bencana alam beserta posko-posko atau organisasi sosial yang menyediakan wadah bagi investor dan para donator atau sukarelawan.

b Website

Komponen *sistem bisnis* kedua adalah *website*. Setelah mempunyai produk, dibutuhkan tempat untuk memajang produk dan jasa. Sebagai contoh di bisnis *offline* di ibaratkan dengan Toko, *Showroom* dan sejenisnya. Sedangkan dalam *bisnis internet (online)* tempat-tempat pemajang produk tersebut adalah *website* maupun *blog* (Priyatno, 2009). "Bangkit Bangsaku" juga merupakan sebuah *web* sehingga untuk komponen kedua ini sangat berhubungan terhadap kelangsungan bisnis ini.

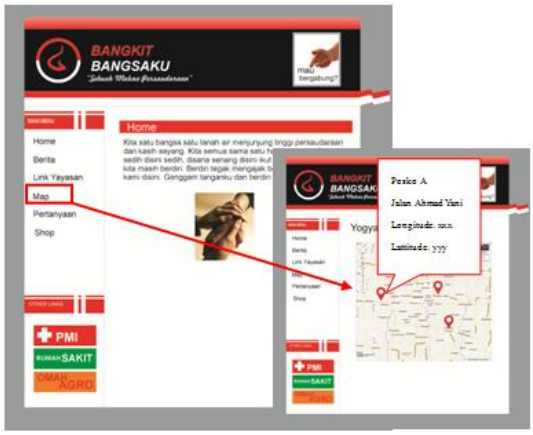
c Traffik (Pengunjung)

Sebaik apapun produk bisnis dan (*website*) jika tidak ada yang mengetahui keberadaannya, maka akan menjadi sia-sia. Untuk itu dibutuhkan pengunjung agar produk yang disampaikan dapat diketahui publik. Ada berbagai teknik dan cara promosi di internet untuk mendatangkan pengunjung dengan strategi promosi lewat *search engine*, partisipasi pada even, media, pasang iklan gratis, kirim email, beriklan di milis , jejaring sosial, dan sebagainya (Lupiyoadi, dkk, 2009).

d Konversi (Nilai Tambah)

Ketika produk telah ada, *web*site juga sangat baik dan pengunjung sudah mulai berdatangan dari berbagai macam penjuru dengan menerapkan beberapa macam promosi di atas. Sekarang permasalahannya adalah apakah semua pengunjung yang telah datang tadi benar-benar menginginkan produk dan jasa yang ditawarkan atau tidak. Disinilah konversi berperan, dalam bahasa *internet marketing*-nya lazim di sebut CTR *(conversion rate)*, yakni tingkat kunjungan seseorang dengan tingkat tindakannya melakukan *action* (tanggapan produk/jasa) (Chaffey, 2000). Banyak cara dilakukan untuk meningkatkan CTR, beberapa diantaranya adalah memberikan jaminan keamanan alias garansi, dapat juga menambahkan testimoni-testimoni dan juga bukti-bukti yang dapat memperkuat dan menunjukkan bahwa produk dan jasa yang ditawarkan benar-benar bagus.

Berikut adalah model *interface* dari "Bangkit Bangsaku".



Gambar 2.2. Model *Interface* dari Bangkit Bangsaku (Sumber: Penulis, 2011)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Pasar dan Pemasaran

3.1.1. Segmentasi

"Bangkit Bangsaku" adalah sebuah *web* sosial sekaligus *web* retail yang ditujukan oleh orang yang ingin mencari informasi mengenai yayasan sosial, posko-posko bencana alam, dan sembako serta alat-alat yang dibutuhkan oleh korban.

3.1.2. Analisis Pesaing

"Bangkit Bangsaku" bekerja pada 2 bidang industri, yaitu:

1. Sebagai *web* sosial penyalur donasi bencana alam dan yayasan sosial. Dimana memiliki pesaing dari *web-web* sosial lainnya. Persaingan ini adalah tentang bagaimana dapat membuat pengunjung lebih tertarik untuk mengunjungi *web*site "Bangkit Bangsaku" seperti dengan tampilan yang mudah dan sederhana sehingga mudah untuk digunakan.
2. Sebagai *web* retailer bahan sembako, alat berat, dan kendaraan. Memiliki pesaing dari *web* retailer lain, namun "Bangkit Bangsaku" menggunakan *web* sosial sebagai sampul depan *web* retailer ini dengan maksud para donatur yang ingin menyumbang tidak perlu mencari lagi harus membeli sumbangan kemana. Dengan "Bangkit Bangsaku", segala proses donasi dapat dilakukan dengan mudah.

3.1.3. Pemasaran

Pemasaran dilakukan dengan cara:

1. Menggunakan kekuatan *search engine*, dengan mencari tahu tentang kata-kata yang sering digunakan pada *search engine* berkenaan dengan bencana alam, lalu dengan menggunakannya di dalam konten *web* seperti artikel, *tagline*, dan lainnya sehingga "Bangkit Bangsaku" mendapatkan tempat yang bagus di *search engine*.
2. Dengan banyaknya *website* serupa dapat menawarkan untuk bertukar *link*.
3. Strategi terakhir adalah *Word Of Mouth Marketing* (Chaffey, 2000), yang diharapkan dengan kemudahan pencarian informasi dan kemudahan menyumbang di *website* "Bangkit Bangsaku" orang-orang ikut serta dalam memberi tahu saudara, teman-teman, partner kerja, dan siapapun yang mungkin tertarik. Salah satu strategi supaya penyebaran *web* melalui mulut ke mulut terjadi adalah dengan sesekali memasukkan konten yang berisi tentang informasi-informasi penting mengenai apa yang harus dilakukan ketika terjadi bencana alam, apa akibatnya, dan apa yang harus dilakukan setelahnya, dan di dalam itu semua termasuk berbagi dengan orang lain mengenai kiat-kiat tersebut.

3.2. Analisis Operasional

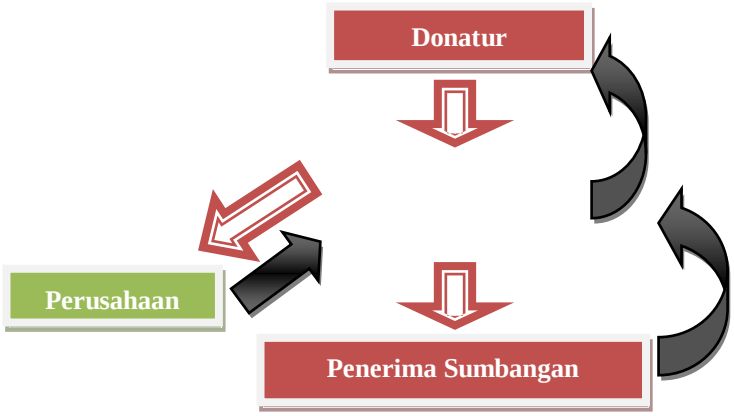


3.2.1. Produksi

Rencana produksi dari pembuatan *web* "Bangkit Bangsaku" dapat ditampilkan dengan menggunakan diagram alir sebagai berikut.

Gambar 3.1. Diagram Alir Rencana Produksi dari Pembuatan "Bangkit Bangsaku"
(Sumber: Penulis, 2011)

3.2.2. Sistem Distribusi



Gambar 3.2. Diagram Alir Sistem Distribusi "Bangkit Bangsaku"
(Sumber: Penulis, 2011)

Aliran diagram di atas menjelaskan tentang aliran penerimaan bantuan donatur sampai hasil pertanggung jawabannya. Pertama-tama donatur yang mengunjungi *website* "Bangkit Bangsaku" akan mencari informasi tentang bagaimana cara berkontribusi membantu korban bencana. "Bangkit Bangsaku" menyediakan *link* perusahaan yang menjalin kerjasama dengan "Bangkit Bangsaku". Sistem pembelian barang tidak berbeda dengan proses berbelanja *online*. Kemudian donatur memilih posko yang akan disumbang. Setelah proses belanja dan transfer serta pemilihan lokasi selesai, "Bangkit Bangsaku" segera me*resume* semua permintaan dan segera menghubungi perusahaan, dan mengirimkan semua permintaan, dan transaksi dilakukan. Kemudian dari perusahaan segera mengirimkan barang ke posko lokasi bencana sekaligus mengirimkan nota belanja kepada "Bangkit Bangsaku" untuk hasil bukti belanja. Posko yang menerima bantuan juga melaporkan bahwa sudah menerima bantuan dari "Bangkit Bangsaku" yang lewat perusahaan pengirim barang. Setelah mendapat semua laporan dari mitra (perusahaan dan posko), "Bangkit Bangsaku" melaporkan semua pertanggung jawaban kepada donatur.

3.3. Manajemen Organisasi Perusahaan

Perusahaan yang menjalankan web sosial "Bangkit Bangsaku" ini dipimpin oleh seorang *General Manager* yang langsung membawahi 3 bidang / bagian utama , yaitu Bagian Finansial, Pemasaran dan *Public Relations*, serta Teknis/Operasional (Informasi dan Teknologi).

Dan berikut penjelasan mengenai rincian tugas dari masing-masing bidangnya.

a. *General Manager*
Memimpin jalannya perusahaan dan mengatur serta mengambil keputusan-keputusan utama dalam perusahaan.
b. Bagian Finansial
Membuat rencana pengeluaran perusahaan, memberikan laporan perusahaan, analisa biaya perusahaan, dan hal-hal lain yang berhubungan dengan keluar masuknya biaya.
c. Bagian Pemasaran dan *Public Relations*
Merancang strategi pemasaran produk, membuat rencana iklan dan pencitraan yang baik bagi perusahaan. dan sebagai penghubung antara perusahaan dengan konsumen (mendistribusikan produk ke konsumen).
d. Bagian Teknis/Operasional (Teknologi dan Informasi)
Menjalankan fungsi operasional secara umum, dalam bagian ini didalamnya terdapat 2 pekerjaan utama yang diemban oleh seorang persona, yaitu :

1. Desainer
   Membuat dan memperbaharui tampilan/ desain *web* dan peta *online*.
2. Pemrograman Komputer
   Menjalankan dan mengoperasikan *web* secara kontinyu serta menjaga eksistensinya.

3.4. Analisis Finansial

Rencana finansial "Bangkit Bangsaku" diasumsikan dalam skala yang kecil, dikarenakan tidak memerlukan tempat khusus dan pekerja yang banyak. Namun dalam jangka panjang tetap diharapkan mampu untuk mengembangkan *web*nya lebih jauh lagi sehingga mencakup pelosok-pelosok negeri. "Bangkit Bangsaku" mendapatkan pemasukan dari komisi produk yang direkomendasikan untuk sumbangan dan tidak memproduksi suatu produk sehingga tidak memiliki *variabel cost*.

3.4.1. Biaya Investasi

Tabel 3.1. Biaya Investasi

Fixed Capital	**Rupiah**
Laptop	11.300.000
Handphone	1.200.000
Modem	900.000

(Sumber: Penulis, 2011)

Total *Fixed Capital* = Rp 13.400.000

3.4.2. Biaya Operasional (per bulan)

Tabel 3.2. Biaya Operasional per Bulan dengan asumsi Harga per Barang

Barang	**Rupiah**
Beras (1 sak = 25kg)	175.000
Mie instan (karton = 40 buah)	53.500
Gula (1kg)	8.600
Kecap botol ukuran sedang	8.000
Sabun	3.700
Shampoo	9.000
Pasta gigi	6.500
Sikat (isi 3 biji)	7.000

(Sumber: Penulis, 2011)

Tabel 3.3. *Revenue* per Bulan dengan asumsi Barang

yang Terjual 300 buah untuk Setiap Item per Bulan.

***Revenue* per bulan**			
Harga produk			
Nama produk	Harga produk	Jumlah	Penjualan
Beras (1 sak = 25kg)	175.000	300	52.500.000
Mie instan (karton = 40 buah)	53.500	300	16.050.000
Gula (1kg)	8.600	300	2.580.000
Kecap botol ukuran sedang	8.000	300	2.400.000
Sabun	3.700	300	1.110.000
Shampoo	9.000	300	2.700.000
Pasta gigi	6.500	300	1.950.000
Sikat (isi 3 biji)	7.000	300	2.100.000
Total penjualan			**81.390.000**
Komisi dari penjualan	**5%**		
Pendapatan per bulan			**4.069.500**

(Sumber: Penulis, 2011)

3.4.3. *Fixed Cost*

Tabel 3.4. *Fixed Cost* (per Bulan)

Fixed Cost	**Rupiah**
Pulsa HP	200.000
Gaji	1.200.000
Hosting and Colocation	1.207.950
Pulsa modem	300.000

(Sumber: Penulis, 2011)

Total Fixed Cost = Rp 2.907.950,-

3.4.4. Laba Bersih (per Bulan)

Tabel 3.5. Laba per Bulan

Laba per bulan	
Pendapatan per bulan	Rp 4.069.500,-
Total *Fixed Cost* per bulan	Rp 2.907.950,-
Laba bersih	**Rp 1.161.550,-**

(Sumber: Penulis, 2011)

3.4.5. *Break Even Analysis (BEP)*

Contribution Margin (per unit), menurut Sofyan, 2008 *:*

= (Laba bersih / kombinasi produk terjual)

= (Rp 1.161.550,-/2400)

= Rp 483,97917

BEP (Sofyan, 2008) :

= (*Total Fixed Capital* / *Contribution Margin)*

= (Rp 13.400.000/ Rp 483,97917)

= 27687 kombinasi produk

Payback Period (Sofyan, 2008)*:*

= *(BEP* / kombinasi produk terjual)

= (27687/2400)

= 11,5 bulan

Telah ditampilkan perhitungan BEP dari bisnis "Bangkit Bangsaku" yang mencapai *Payback Period* dalam waktu 11,5 bulan.

4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran dari rencana bisnis "Bangkit Bangsaku" dirangkum dalam analisis SWOT (*Strength, Weakness, Oppurtinity, Threat*) sebagai berikut.

Strength

Kelebihan "Bangkit Bangsaku" adalah dari segi kemudahan pencarian informasi dan kelanjutan dari informasi tersebut. Cukup 1 *website* untuk melakukan pencarian posko, pemilihan produk dan tempat pembelian produk untuk disumbangkan.

Weakness

"Bangkit Bangsaku" memiliki kelemahan yaitu pendataan yang sulit karena harus mendata posko-posko dalam 1 area. Solusinya adalah

bekerja sama dengan badan atau organisasi setempat (*partnership*) yang memiliki data-data posko dan pengungsian serta dapur umum sehingga pengumpulan data menjadi lebih mudah.

Opportunity

Sedikitnya *website* serupa merupakan peluang yang sangat baik untuk memulai bisnis seperti ini. "Bangkit Bangsaku" menerapkan strategi bisnis *blue ocean*. Yaitu strategi yang membuat inovasi baru yang belum ada pesaing bisnisnya.

Threat

Website "Bangkit Bangsaku" merupakan *website* yang aktif saat terdapat bencana alam, saat tidak ada bencana alam maka sedikit orang yang akan mengunjungi *website* ini. Solusinya adalah dengan menjadikan *web* ini sebagai *web* donatur sumbangan-sumbangan ke panti-panti sosial, selain itu dengan memberikan konten-konten bantuan bencana alam, misalkan tips-tips saat terjadi bencana alam, tips pertolongan pertama, kegiatan-kegiatan sosial, dan lainnya agar *website* tetap menarik dan tetap mengajak semua orang untuk berbagi.

5. Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terima kasih untuk Fulgentius Gary yang telah bersama-sama menyusun rancangan bisnis "Bangkit Bangsaku" sehingga lolos dan mencapai Juara Harapan 1 di tingkat nasional pada kompetisi 7th TEBFC (*Trisakti Economic and Business Plan Competition*) pada tahun 2011 silam. Penulis juga perlu mengucapkan terima kasih kepada Jiwandono yang telah membantu dalam proses presentasi ketika berlangsungnya kompetisi.

6. Daftar Pustaka

Chaffey, D., 2000, *Internet Marketing Strategy, Implementation, and Practice*, Pearson Education Limited, England.

Lupiyoadi., Rambat., Hamdani, A., 2009, *Manajemen Pemasaran Jasa*, Edisi Kedua, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.

Prahasta, Eddy., 2005, *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*, CV. Informatika, Bandung.

Prayitno, Duwi., 2009, *Panduan Mudah Bisnis Online*, Mediakom, Yogyakarta.

Riyanto, 2010, *Membuat Sendiri Aplikasi Mobile GIS*, Penerbit Andi, Yogyakarta.

Sidharta, Lani., 1995, *Pengantar Sistem Informasi Bisnis*, P.T. ELEX Media Komputindo, Jakarta.

Sofyan, Syafri., 2008, *Analisis Kritis Laporan Keuangan*, Rajawali Press, Jakarta.

Prediksi Ketahanan Pangan dengan Analisis Perubahan Lahan (Studi Kasus: Kabupaten Kulon Progo)

Eldynand Trissandi Tyawarman[a,*], Prijono Nugroho Djojomartono[b]

[a,*] Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (eldynand.trissandi.t@ugm.ac.id)
[b,] Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (Afiliasi)

ABSTRACT

The rapid regional development in Kulon Progo Regency leads to the escalation of agriculture to non-agriculture land conversion which reduces the agriculture area. Decrease of wetland areas contributes consequences in rice production and food security. The velocity of agriculture to non-agriculture wetland conversion in the period between 2008-2013 and the effect of land conversion to the food security in Kulon Progo Regency need to be identified to show the effect of that conversion on the food secutity in that region in the period between 2008-2013. The methods that are used in the research include map overlay analysis, statistical analysis, and rice self-sufficiency limit analysis. The land use changed from 2008 to 2013 and an average rate of land conversion is obtained by overlaying land use map in 2008 to land use map in 2013. The second objective is obtained from the difference between the rice stocks and the people's need for food of the research area. The result shows that the average rate of wetland conversion in the area of research is 21,37 hectares per year. The land conversion lowers local food security. Fourty two years after 2013, Kulon Progo Regency will be in rice self-sufficiency limit condition. After 2055, Kulon progo regency needs to import rice from other regions to fulfill the population's need for food.

Keywords *Land conversion, agriculture land, rice self-sufficiency, food security*.

Pendahuluan

Latar Belakang

Berkembangnya sebuah daerah juga sangat dekat dengan pertumbuhan penduduk dan perubahan sosial ekonomi yang sangat berkaitan dengan pemanfaatan lahan di daerah tersebut. Penggunaan lahan di sebuah daerah juga akan membawa perubahan fungsi dari lahan tersebut untuk memenuhi kebutuhan penduduknya baik dari segi perekonomian maupun dalam hal sosial. Fenomena ini sering dikenal dengan alih fungsi lahan yang mencakup perubahan fungsi lahan pertanian menjadi tempat tinggal. Kondisi terpenuhinya kebutuhan pangan bagi setiap orang pada suatu wilayah yang tercermin pada surplus persediaan beras dibandingkan kebutuhan beras pada wilayah tersebut dikenal dengan istilah ketahanan pangan sesuai dengan yang disampaikan Sastraatmadja (2006). Alih fungsi lahan tentunya membawa dampak pada ketahanan pangan dari sebuah daerah karena produksi beras sangat erat dengan luas lahan pertanian. Penelitian ini melakukan pengamatan dan penghitungan ketahanan pangan dari salah satu kabupaten di Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta yaitu Kabupaten Kulon Progo dalam kurun waktu tahun 2008 hingga tahun 2013.

Rumusan Masalah

Alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non-pertanian akan menimbulkan permasalahan terhadap ketahanan pangan karena kurangnya informasi yang diperlukan sebagai bahan analisis pembangunan fisik perkembangan wilayah dan masyarakat maupun sebagai bahan acuan Rencana Tata Ruang Wilayah yang perlu diperhatikan sehingga perlu dilakukan analisisis pengaruh alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian terhadap ketahanan pangan perlu dilihat untuk menjaga kestabilan ketersediaan pangan di daerah penelitian.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan mengetahui laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di lokasi penelitian. Hasil dari laju alih fungsi lahan selanjutnya dianalisis secara statistik untuk selanjutnya dilakukan pemetaan keadaan kondisi ketahanan pangan di seluruh desa yang ada di daerah lokasi penelitian

Tinjauan Pustaka

Mahmud (2011) melakukan penelitian tentang pengaruh perubahan penggunaan lahan pertanian ke

non pertanian terhadap ketahanan masyarakat di Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul. Penelitian yang dilakukan menggunakan metode eksperensial dengan menggunakan analisis kualitatif ini bertujuan untuk mengetahui besar pengaruh luas perubahan penggunaan lahan pertanian ke non pertanian terhadap produksi beras di Kecamatan Banguntapan Kabupaten Bantul dan untuk mengetahui kebijakan instansi yang berwenang terhadap peran perubahan penggunaan lahan pertanian ke non pertanian di Kecamatan Banguntapan Kabupaten Bantul. Hasil dari penelitian menunjukkan besarnya pengaruh perubahan penggunaan lahan pertanian menjadi non pertanian terhadap ketahanan pangan di Kecamatan Banguntapan Kabupaten Bantul tahun 2005 sampai dengan tahun 2009 adalah rawan sesuai dengan hasil kalkulasi kondisi tingkat ketahanan pangan di Kecamatan Banguntapan. Tujuan penelitian yang kedua didapatkan hasil bahwa kebijakan instansi yang berwenang dalam pemberian ijin lebih selektif dengan pemberian izin perubahan penggunaan lahan rencana pembangunan perumahan dan pemukiman dialokasikan pada lahan nonpertanian.

Soedirman (2012) melakukan kajian mengenai kebijakan penyelamatan lahan pertanian dan ketahanan pangan rumah tangga petani di daerah pinggiran Kota Yogyakarta dengan bantuan citra satelit resolusi tinggi metode deskriptif analitis dengan analisis spasial dan eksplanasi. Pada proses kajian ini bertujuan untuk mengetahui dinamika alih fungsi lahan pertanian yang terjadi di pinggiran Kota Yogyakarta antara tahun 1998 dan 2010, dan dampak alih fungsi lahan pertanian terhadap kehilangan pangan, lapangan kerja, dan nilai ekonomi lahan di pinggiran Kota Yogyakarta. Hasil yang mengejutkan menunjukkan bahwa pertumbuhan luas konversi lahan pertanian secara permanen menjadi bangunan dari tahun 1998-2010 per zona di pinggiran Kota Yogyakarta yang terletak di Kabupaten Bantul secara umum lebih tinggi daripada yang terletak di Kabupaten Sleman. Selain itu, hasil yang lain menunjukkan bahwa telah terjadi produksi yang terhenti seperti produksi pangan dari lahan pertanian sawah (beras), tegalan (palawija), dan pekarangan (buah-buahan). Hal ini disebabkan hilangnya lahan pertanian tersebut secara permanen karena telah dikonversi menjadi bangunan. Kehilangan produksi pangan ini dihitung untuk seluruh lahan pertanian pinggiran Kota Yogyakarta yang meliputi 6 kecamatan atau 29 desa atau 47 bagian sub-cluster atau sub-zona yang terletak di bagian Wilayah Kabupaten Sleman dan wilayah Kabupaten Bantul.

Landasan Teori

Alih Fungsi Lahan

Alih fungsi lahan merupakan beralihnya bentuk penggunaan lahan yang satu menjadi bentuk penggunaan yang lain. Alih fungsi lahan pertanian sawah menjadi non pertanian memberikan dampak yang bersifat kumulatif terhadap masalah pangan yang diukur dalam penurunan kapasitas produksi padi. Alih fungsi yang terjadi pada tahun tertentu tidak hanya memberikan dampak pada tahun yang bersangkutan tetapi juga pada tahun-tahun yang akan datang.

Limit Swasembada Beras

Swasembada adalah usaha untuk memenuhi kebutuhannya sendiri. Limit swasembada beras dapat diartikan suatu batasan (limit) suatu daerah masih dapat memenuhi kebutuhan beras (pangan) penduduk di wilayahnya sendiri.

Menurut Martanto (2012), rumus untuk menghitung besar luas sawah yang dibutuhkan dapat dihitung dengan persamaan berikut

$$P = \frac{L \times Pr \times Pl \times R}{K} \quad \ldots(I)$$

Keterangan :

- P = jumlah penduduk (jiwa)
- L = luas lahan pertanian sawah (ha)
- Pr = produktivitas lahan sawah (kg/ha)
- Pl = pergiliran tanaman padi dalam setahun (tanam padi/th)
- R = rendemen padi atau penyusutan gabah menjadi beras (1/100)
- K = rerata konsumsi beras per jiwa dalam setahun (kg/jiwa/th)

Pergiliran tanaman padi dilakukan dalam dua kali setahun, sehingga nilai Pl menggunakan konstanta sebesar dua (Pl = 2). Rendemen padi atau nilai penyusutan gabah menjadi beras sebesar 62,7% (R = 0,627) sesuai angka tetapan yang dirilis oleh Pusat Pengembangan Ketersediaan Pangan dan Badan Bimbingan Masyarakat Ketahanan Pangan Departemen Pertanian. Nilai rerata konsumsi beras per jiwa dalam setahun sebesar 113,48 kg/kapita/tahun (K= 113,48). Hasil yang diperoleh dari persamaan diatas adalah nilai luasan lahan sawah pertanian yang dibutuhkan dalam proses penghitungan limit swasembada beras.

Dalam proses mencari titik posisi ambang batas swasembada beras dapat dilakukan dengan melakukan analisis secara linier. Ketersediaan pangan akibat peralihan penggunaan lahan sawah dan pertambahan penduduk dapat digambarkan sebagai hubungan timbal balik. Laju alih guna lahan sawah

dan laju pertambahan penduduk akan saling mempengaruhi. Limit swasembada beras akan membentuk dua persamaan fungsi sebagai berikut :

1. *Persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian*

   Apabila diketahui nilai laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian per tahunnya, maka akan didapat persamaan akibat laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dalam fungsi linier sebagai berikut :

   $$y = m1\ x + c \quad \ldots (2)$$

   keterangan :
   - y = luas lahan pertanian sawah (ha)
   - m1 = gradien laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian
   - x = waktu (tahun)
   - c = konstanta

   Pada persamaan 2, gradien diisikan dengan nilai laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian, dengan satuan ha/tahun. Nilai konstanta diisikan dengan sisa luas lahan pertanian yang masih tersisa pada tahun penelitian. Nilai gradien akan minus (-) apabila laju alih fungsi yang terjadi positif, begitu sebaliknya.

2. *Persamaan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian*

   Apabila diketahui nilai laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian, maka akan didapat persamaan akibat laju pertambahan penduduk dalam fungsi linier sebagai berikut :

   $$y = m2\ x + c \quad \ldots (3)$$

   keterangan :
   - y = luas lahan pertanian sawah (ha)
   - m2 = gradien laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian
   - x = waktu (tahun)
   - c = konstanta

   Pada persamaan 3, gradien diisikan dengan nilai laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian. Nilai konstanta diisikan dengan luas lahan pertanian yang dibutuhkan pada tahun penelitian. Nilai gradien akan minus (-) apabila laju kebutuhan lahan yang terjadi positif, begitu sebaliknya.

3. *Titik potong persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dan persamaan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian.*

   Persamaan 2 dan 3 akan membentuk garis yang linier. Kedua garis linier tersebut akan bertemu pada satu titik potong (x,y). Titik potong tersebut merupakan limit swasembada beras pada daerah penelitian. Apabila di daerah penelitian terjadi alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian yang terus menerus dan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian yang terus meningkat maka akan terjadi suatu kondisi diana ketahanan pangan akan habis.

Pelaksanaan

Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian ini melibatkan dua jenis data yang digunakan, data spasial dan data statistik. Data spasial dihimpun dari Kantor Bappeda Kabupaten Kulon Progo. Adapun data spasial yang digunakan antara lain Peta Penggunaan Lahan Kabupaten Kulon Progo Tahun 2008 dan 2013, Peta Administrasi Kabupaten Kulon Progo. Data statistik dihimpun dari Kantor Badan Pusat Statistik. Data statistik yang digunakan adalah data kependudukan dan data produksi beras pada Tahun 2008 dan 2013.

Peralatan Penelitian

Pada penelitian ini dilibatkan dua jenis peralatan yang digunakan antara lain perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian ini antara lain Laptop Lenovo G480 dengan spesifikasi: Intel Core i3 processor, Printer Canon iP2770 untuk menampilkan hasil dalam bentuk hardcopy, Hard disk 1 TB transfer data dan penyimpanan data, dan Alat tulis sebagai peralatan pendukung dalam pengolahan data dan penyelesaian penelitian. Selain perangkat keras, digunakan pula perangkat lunak. Adapun perangkat lunak yang digunakan antara lain Windows XP sebagai sistem operasi pada laptop, Microsoft Word 2010 digunakan untuk pembuatan laporan akhir skripsi, ArcGIS 10.1 digunakan untuk analisis dan penyajian peta, dan Microsoft Excel 2010 digunakan untuk melakukan perhitungan analisis statistic tabulasi hasil produksi beras.

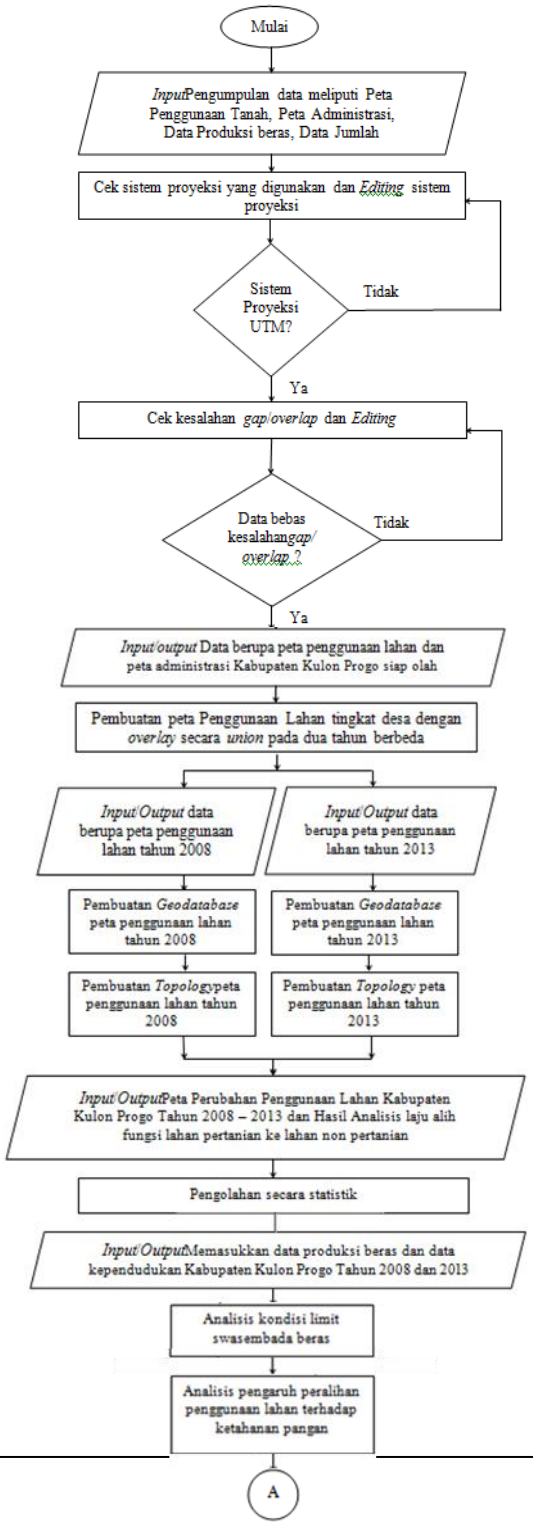
Tahap Persiapan

Dalam tahan ini, seluruh sarana penelitian disiapkan dan dipastikan dapat berjalan dengan baik sehingga penelitian dapat berjalan sesuai dengan rencana. Selain itu, diperlukan juga banyak referensi dari tinjauan pustaka sebagai literatur dalam pelaksanaan

penelitian sehingga terdapat gambaran yang lebih jelas. Dari segi perijinan, diperlukan perijinan dalam bentuk surat menyurat kepada instansi terkait. Setelah itu, pada tahap ini, dibuat juga jadwal serta perencanaan penelitian sehingga terdapat acuan waktu yang lebih jelas mengenai pelaksanaan penelitian.

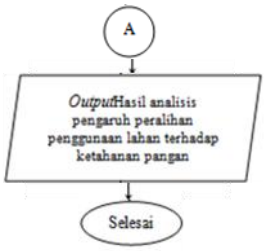
Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian ini diawali dengan proses persiapan sampai dengan dilakukannya evaluasi dan pembuatan kesimpulan. Adapun tahapan pada penelitian dapat dilihat pada diagram alir dibawah ini.



Gambar 1. Diagram alir pelaksanaan

Tahap Pengumpulan Data



Pengolahan data diawali dengan memasukkan data yang didapat dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah Kabupaten Kulon Progo yang berupa *softfile* peta berformat *.shp ke dalam ArcMap. Setelah itu dilakukan pengecekkan sistem proyeksi untuk memastikan bahwa peta yang digunakan memiliki proyeksi yang sama serta tidak terjadi *gap* atau *overlap*, keluaran peta tahun 2008 dan 2013 dilakukan analisis spasial melalui teknik *overlay* atau tumpang susun yang pada penelitian ini menggunakan teknik *overlay intersect* untuk menggabungkan kedua peta.

Tahap Pengolahan Data

Analisis pengaruh alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian terhadap ketahanan pangan dilakukan menghitung kebutuhan beras untuk setiap kapita/orang per tahun dan selanjutnya dikaitkan dengan ketersediaan beras sehingga mencerminkan kondisi ketahanan pangan penduduk di daerah penelitian.

Hasil dan Pembahasan

Laju Alih Fungsi Lahan Pertanian menjadi Lahan Non Pertanian

Analisis pertama yang dilakukan adalah melihat luas penggunaan lahan di Kabupaten Kulon Progo pada tahun 2008 sebagai acuan awal untuk melihat alih fungsi pada tahun 2013. Berikut ini adalah data luas penggunaan lahan pada tahun 2008 dan 2013 Daerah Kabupaten Kulon Progo.

Tabel I. Data Luas Penggunaan Lahan Kabupaten Kulon Progo tahun 2008 dan 2013

Penggunaan Lahan	**Luas Total (Ha)**	
	2008	2013
Kebun Campuran	26.469 ,706	26.448, 796
Lahan Pasir	345 ,472	345, 472
Lahan Terbuka	11 ,402	11, 402
Padang Rumput	594 ,929	592, 637
Perairan Darat	1.029 ,367	1.029, 367
Permukiman	5.748 ,309	5.891, 392
Sawah Irigasi	9.199 ,094	9.095, 253
Sawah Tadah Hujan	1.088 ,728	1.085, 718
Tegalan	13.214 ,997	13.201, 973

Dari data luas penggunaan lahan pada tahun 2008, dapat dilihat bahwa penggunaan lahan pertanian di Kabuapaten Kulon Progo pada tahun 2008 adalah seluas 10.287,822 hektar. Sedangkan, dari data luas penggunaan lahan pada tahun 2013, dapat dilihat bahwa penggunaan lahan pertanian di Kabupaten Kulon Progo pada tahun 2013 adalah 10.180,972 hektar. Berdasarkan data tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan pada luas penggunaan lahan pertanian seluas 106,85 hektar. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian pada tahun 2008 hingga tahun 2013 di Kabupaten Kulon Progo. Selanjutnya, dapat dimunculkan angka 21,370 hektar per tahun sebagai rata-rata laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di Kabupaten Kulon Progo dengan membagi total luas lahan yang beralih fungsi dengan rentang tahun selama lima tahun dari 2008 hingga 2013.

Prediksi Limit Swasembada Beras Akibat Alih Fungsi Lahan Pertanian menjadi Lahan Non Pertanian

Prediksi terjadinya limit swasembada beras dapat diperoleh dengan menghubungkan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan. Laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian terhadap kebutuhan lahan berupa grafik yang dinyatakan dalam persamaan garis linier.

Kebutuhan lahan akan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di seluruh kecamatan Kabupaten Kulon Progo dapat ditentukan dengan beberapa persamaan diantaranya :

1. *Persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian.*

   Laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di daerah penelitian mencapai 21,37 ha/tahun. Lahan sawah pada saat penelitian seluas 10.180,971 hektar. Sehingga waktu yang diperlukan untuk mengalih fungsikan lahan sawah adalah

   (10180,97ha)/(21,37ha/tahun)=469,17 tahun

   Persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian

   $$y = -21{,}37\,X + 10.180{,}971 \quad \ldots (4)$$

2. *Persamaan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian.*

   Pada perhitungan persamaan ini digunakan pula beberapa konstanta tetapan seperti, nilai pergiliran tanaman padi dalam setahun (Pl), rendemen gabah atau penyusutan gabah menjadi beras (R), dan rerata konsumsi beras per jiwa dalam setahun (K). Konstanta tetapan tersebut merujuk pada nilai besaran tetapan yang tercantum pada persamaan 1. Selain itu digunakan pula nilai rata-rata produktivitas lahan sawah daerah penelitian yang dihasilkan sebesar 107,8712093 dan Rata-rata kenaikan penduduk tiap tahun sebesar 13.945 jiwa per tahun. Dari perhitungan diketahui kebutuhan lahan pertanian sawah seluas 4.434,389366 hektar, maka kenaikan kebutuhan lahan pertanian sawah pada tahun 2013 adalah

   13.945 x 113,48 /107,8712093 x 2 x 0,627

   = 116,9862343 …(5)

   Penduduk pada tahun 2013 sejumlah 393.662 jiwa yang memerlukan lahan pertanian sawah untuk konsumsi beras seluas 4.434,389366 hektar. Lahan pertanian yang tersedia pada 2013 seluas 10.180,971 hektar. Hal tersebut mengindikasikan bahwa kebutuhan akan beras pada tahun 2013 masih dapat dipenuhi.

   Persamaan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian.

   $$y = 116{,}9862343\,X + 4.434{,}389366 \quad \ldots (6)$$

3. *Limit Swasembada Beras*

   Limit swasembada dapat diketahui dengan melihat perpotongan antara grafik laju alih fungsi dan grafik laju pertambahan penduduk. Pada penelitian ini limit swasembada beras diperoleh dengan mencari titik potong antara persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dan persamaan pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian. Titik posisi ini menggambarkan suatu kondisi ketidakmampuan suatu daerah dalam memenuhi kebutuhan beras penduduk di wilayah tersebut. Persamaan laju alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dinyatakan dengan persamaan 4. dan persamaan pertambahan penduduk dinyatakan persamaan 5. Titik potong kedua persamaan tersebut dapat diselesaikan dengan menggunakan linearisasi persamaan 4 dan 5 seperti berikut ini :

$$-21{,}37\,x + 10.180{,}971 = 116{,}9862343\,x + 4.434{,}389366$$
$$-138{,}3562343\,x = -5.746{,}581634$$
$$x = +41{,}53467795 \approx 42$$

   Nilai y dapat diketahui dengan memasukkan nilai x kedalam persamaan 7 atau 8

   Pada persamaan 7

   y = -21,37 x +10.180,971

   y = 9.293,2612

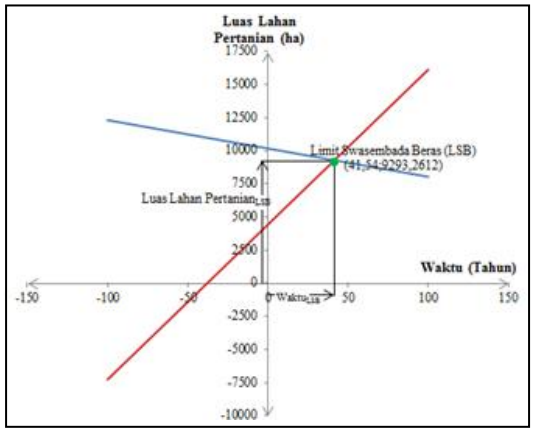
Pada persamaan 8

$$y = 116{,}9862343\ x + 4.434{,}389366$$

$$y = 9.293{,}2612$$

Nilai y dari dua persamaan yang berbeda memberikan hasil yang sama yaitu 9.293,2612

Untuk memudahkan dalam hal visualisasi, nilai limit swasembada beras di Kabupaten Kulon Progo pada Tahun 2013 disajikan pada Gambar 2



Keterangan :

— = adalah laju fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian dengan formula
$y = -21{,}37\ X + 10.180{,}971$

— = adalah laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian dengan formula
$y = 116{,}9862343\ x + 4.434{,}389366$

Gambar 2. Grafik Limit Swasembada Beras Kabupaten Kulon Progo Tahun 2013

Gambar 2. merupakan gambaran. dalam bentuk garis linier dalam suatu sistem koordinat untuk menjelaskan terjadinya limit swasembada beras. Garis linier berwarna biru merupakan persamaan laju alih fungsi lahan dari lahan pertanian menjadi lahan non pertanian. Sedangkan laju pertambahan penduduk terhadap kebutuhan lahan pertanian digambarkan dengan garis linier berwarna merah. Kedua garis linier yang memiliki fungsi persamaan yang berbeda akan berpotongan pada satu titik potong. Titik potong tersebut menggambarkan letak limit swasembada beras yang ditunjukkan bahwa koordinat titik potong kedua garis tersebut adalah (41,54 ; 9.293,2612). Berdasarkan koordinat titik potong tersebut dapat diketahui bahwa limit swasembada beras akan terjadi 41,54 tahun yang akan datang dari tahun 2013 dengan kondisi lahan pertanian yang tersisa adalah seluas 9.293,2612 hektar. Dengan kata lain, Kabupaten Kulon Progo akan mengalami penurunan ketahanan pangan. Kabupaten Kulon Progo akan mengalami ketidakmampuan memenuhi kebutuhan pangan penduduk pada wilayah tersebut sekitar 42 tahun setelah tahun 2013. Berdasarkan hitungan tersebut, pada tahun 2055 Kabupaten Kulon Progo akan mengalami kondisi keseimbangan antara kebutuhan dan ketersediaan, sehingga tidak melakukan impor atau ekspor beras. Setelah tahun 2055 diperkirakan Kabupaten Kulon Progo akan mengalami ketidakmampuan dalam mencukupi kebutuhan pangannya, sehingga perlu mendatangkan beras dari Kabupaten lain.

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini antara lain sebagai berikut :

1. Nilai rata-rata laju kecepatan alih fungsi dari lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di Kabupaten Kulon Progo sebesar 21,37 hektar per tahun.
2. Alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan non pertanian di Kabupaten Kulon Progo menurunkan ketahanan pangan di wilayah tersebut.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini diucapkan terima kasih kepada Bapak Ir. Untung Rahardjo, M.T. dan Bapak Dr. Ir. T. Aris Sunantyo, M.Sc. atas koreksi dan masukannya.

Daftar Pustaka

Mahmud, S., 2011., Pengaruh Perubahan Penggunaan Tanah Pertanian ke Non Pertanian terhadap Ketahanan Pangan Masyarakat di Kecamatan Banguntapan, Kabupaten Bantul, Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, Skripsi, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta.

Martanto, R., 2012, Dampak Konversi Penggunaan Sawah ke Non Sawah Terhadap Swasembada Beras Melalui Pemanfaatan Citra Satelit di Kabupaten Sukoharjo, STPN Press, Yogyakarta.

Omar, I., 1997, Peniliaian Harta Tanah, Dewan Bahasa dan Pustaka dan Pustaka, Kuala Lumpur, Malaysia.

Sastraatmadja, E., 2006, Petani Di Tanah Merdeka, Petani Center, Bogor.

Soedirman, S., dkk. 2012, Pemanfaatan Citra Satelit Resolusi Tinggi dalam Kajian Dinamika Alih Fungsi Lahan Pertanian, Penyebab dan Dampaknya Dalam Rangka Penyusunan Kebijakan Penyelamatan Lahan Pertanian dan Ketahanan Pangan Rumah Tangga Petani Di Pinggiran Kota Yogyakarta, Penelitian UGM, Yogyakarta.

------- , 2002, Pusat Studi Kebijakan Pangan dan Gizi Institut Pertanian Bogor, (PSKPG IPB) dan Pusat Pengembangan Ketersediaan Badan Bimbingan Ketahanan Pangan Departemen Pertanian, Bogor.

Uji Kualitas Data Pengukuran Titik Kontrol Pemantauan Waduk Sermo Tahun 2016

M. Iqbal Taftazani[a], Waljiyanto[a], Prijono Nugroho[b], Yulaikhah[b], Agus Darmawan Adhi[c], Nurrohmat Widjajanti[b], Bambang Kun Cahyono[b]

[a] Prodi D-3 Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM
[b] Prodi Teknik Geodesi Departemen Teknik Geodesi FT-UGM
[c] Prodi Teknik Sipil, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan FT-UGM
iqbaltaftazani@ugm.ac.id, jinto@ugm.ac.id, prinug@ugm.ac.id, yulaikhah@ugm.ac.id, agusdadi1@ugm.ac.id, nwidjajanti@ugm.ac.id, bambangkun@ugm.ac.id

ABSTRAK

Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta tahun 1995 diketahui bahwa Waduk Sermo berada di daerah patahan. Patahan di bawah Waduk Sermo diperkirakan merupakan salah satu faktor penyebab deformasi bendungan. Hingga saat ini belum diketahui keaktifan patahan tersebut sehingga patahan tersebut perlu dipantau secara terus menerus, sedangkan keberadaan jarring pemantauan yang ada selama ini dirasa tidak mencukupi, sehingga perlu dilakukan penambahan jaring pemantauan Waduk Sermo. Telah dilakukan pengukuran di titik kontrol pemantauan Waduk Sermo pada tahun 2016. Pengukuran ini dimaksudkan untuk mendapatkan nilai koordinat dalam sumbu X, sumbu Y, dan sumbu Z yang selanjutnya dibandingkan dengan pengukuran pada tahun-tahun sebelumnya untuk analisis pergerakan pada bendungan Sermo.

Terdapat 22 titik kontrol yang tersebar di area Waduk Sermo, titik tersebut terbagi dalam dua bagian, yaitu titik makro dan titik mikro. Titik makro berjumlah lima buah berada di area luar waduk yang mengelilingi Waduk Sermo. Titik mikro berjumlah 17 buah berada di sekitar Waduk Sermo. Semua titik kontrol, baik makro dan mikro diukur nonstop menggunakan receiver GPS/GNSS tipe Geodetik selama empat hari untuk titik makro dan dua hari untuk titik mikro. Selanjutnya hasil pengukuran dilakukan pengolahan data GPS/GNSS diolah secara global menggunakan perangkat lunak ilmiah GAMIT/GLOBK yang diikatkan dengan tujuh stasiun tetap IGS di sekitar area studi. Hasil pengolahan data berupa koordinat dalam system koordinat kartesi dari 22 titik kontrol beserta simpangan bakunya. Simpangan baku terkecil terdapat di titik BMS2 dimana nilai simpangan baku setiap sumbu yaitu sebesar 0,002 m pada sumbu X; 0,004 m pada sumbu Y; dan 0,001 m pada sumbu Z. Sedangkan simpangan baku terbesar terdapat di titik BMS5 dimana nilai simpangan baku setiap sumbu sebesar 0,018 m pada sumbu X; 0,054 m pada sumbu Y; dan 0,009 m pada sumbu Z.

Kata kunci : Waduk Sermo, GPS/GNSS, GAMIT/GLOBK, koordinat, simpangan baku

ABSTRACT

Based on the geological map sheet Yogyakarta, Sermo Dam is on the fault line. The Fault under Sermo Dam is thought to be one of the cause deformation of the Sermo dam. Until now there is no information about activity of the fault, so that the fault need to be monitored continuously, while the presence of monitoring network that exist during this is insufficient, so the need to increase monitoring network in Sermo Dam. The measurements at the Sermo Dam monitoring control point in 2016. This measurement is intended to get the coordinate value in the X-axis, Y-axis and Z-axis which will be compared with the previous measurments for the analysis of movement in the Sermo dam.

There are 22 control points scattered in the area Sermo Dam, the points are divided into two parts, ie the macro and micro control point. There are five Macro points in the outside area surrounding the Sermo dam. And there are 17 micro points around Sermo dam. All of the control point, both macro and micro nonstop measured using GPS / GNSS receiver geodetic type for four days for a macro point and two days for micro points. Furthermore, the results of measurements performed data processing of GPS / GNSS globally processed using GAMIT / GLOBK software tied with seven permanent IGS stations around the study area. The results of data processing in the form of coordinates in a cartessian coordinate system of 22 control points along with the standard deviation. The smallest standard deviation found in BMS2 point where the value of the standard deviation of each axis is 0,002 m in the X axis; 0,004 m on the Y axis; and 0,001 m in the Z axis, while the largest standard deviation found in BMS5 point where the value of the standard

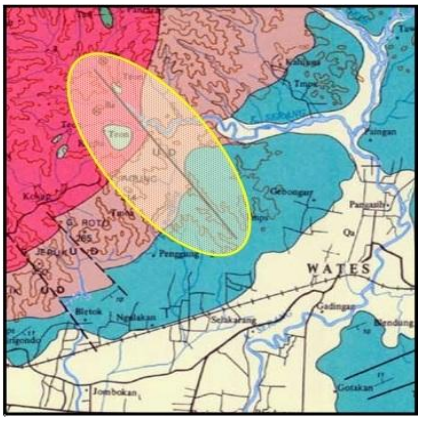
deviation of each axis of 0,018 m in the X axis; 0,054 m on the Y axis; and 0.009 m in the Z axis

Keywords *Sermo Dam, GPS/GNSS, GAMIT/GLOBK, coordinate, standard deviation*

Pendahuluan

Waduk Sermo yang berlokasi di Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo merupakan bendungan penampung yang dimanfaatkan untuk tampungan air bersih, pariwisata dan saluran irigasi untuk lahan pertanian di sekitarnya. Luas genangan air Waduk Sermo kurang lebih 157 Ha dengan bentuk yang berkelok-kelok dan dapat menampung air sebanyak 25 juta meter kubik. Konstruksi bendungan berukuran lebar atas 8 m, lebar bawah 250 m, panjang 190 m, dan tinggi 56 m (Apriyanti dan Yulaikhah, 2014).

Berdasarkan pada peta geologi lembar Yogyakarta tahun 1995, pada Gambar 1, di kawasan Waduk Sermo terdapat sebuah patahan (Rahardjo, dkk, 1995). Keaktifan dari patahan tersebut sampai saat ini belum diketahui. Menurut USGS (2015) patahan di bawah Waduk Sermo merupakan patahan aktif segmen Parangtritis-Kulonprogo. Para ahli menyatakan bahwa keberadaan patahan diperkirakan menjadi penyebab adanya deformasi, khususnya di Waduk Sermo, dan pada saat pembangunannya, keberadaan patahan tersebut juga mendapatkan perhatian lebih dari para ahli (Wibowo dan Gunawan, 2014)



Gambar 1. Lokasi keberadaan patahan di Waduk Sermo (Rahardjo, dkk, 1995)

Untuk mengetahuinya, dilaksanakan penelitian yang memantau deformasi Waduk Sermo tersebut. Pada awalnya ada beberapa titik pantau yang berada di sekitar bendungan yang diukur menggunakan teknologi Total Station, baik secara manual (Apriyanti dan Yulaikhah, 2014) maupun secara robotik (Sunatyo, dkk, 2012). Namun keberadaan titik pantau tersebut kurang cukup untuk mengetahui pengaruh adanya patahan terhadap Waduk Sermo. Sehingga perlu adanya penambahan titik pantau baru yang berjumlah total 22 titik yang tersebar, baik di dalam area waduk ataupun di luar waduk. Selain penambahan jumlah titik kontrol, teknologi pemantauan yang sebelumnya menggunakan Total Station dikembangkan dengan teknologi GPS/GNSS yang dipercaya dapat memberikan hasil yang lebih teliti dan bersifat global (Abidin, 2007).

Dalam penelitian ini dilaksanakan penambahan titik pantau baru untuk memantau deformasi waduk sermo dan mengukur koordinat dan simpangan baku 22 titik pemantauan Waduk Sermo pada tahun pengamatan 2016.

Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan dalam beberapa tahapan, yaitu 1) penambahan titk pemantauan baru, 2) pengukuran titik pemantauan dengan teknologi GPS/GNSS. 3) Pengolahan data menggunakan GAMIT/GLOBK

1) Penambahan titik pemantauan baru

Penambahan titk ini dimaksudkan agar dapat memantau Waduk Sermo secara lebih komprehensif dan menyeluruh. Pada penelitian Parseno dan Yulaikhah (2015), seperti dapat dilihat pada Gambar 2, titik pemantauan berada di area bedungan dan diukur menggunakan teknologi Total Station.



Gambar 2. Distribusi titk pemantauan lama (Parseno dan Yulaikhah, 2015)

Titik pemantauan baru berada di sekitar Waduk Sermo dan beberapa diantaranya di luar Waduk Sermo.

Adapun distribusi titik pemantauan Waduk Sermo terbagi dalam dua kategori berdasarkan cakupan pemantauannya. Pertama, titik makro, berjumlah lima titik yang letaknya berada jauh dari Waduk Sermo. Fungsinya untuk memantau

secara makro pengaruh patahan terhadap Waduk Sermo dan wilayah di sekitarnya. Kedua, titik mikro, berjumlah 17 titik yang letaknya berada di kawasan Waduk Sermo untuk memantau pengaruh patahan terhadap deformasi waduk.

2) Pengukuran titik pemantauan dengan teknologi GPS/GNSS

Titik pemantauan, baik makro maupun mikro diukur menggunakan teknologi GPS/GNSS secara nonstop dengan metode relatif statik. Untuk titik makro diukur selama empat hari, sedangkan titik mikro selama dua hari. Perangkat GPS/GNSS yang digunakan adalah *receiver* GPS/GNSS tipe geodetik frekuensi ganda dengan selang waktu perekaman 15 detik. Hal ini dilakukan agar data pengukuran yang didapat setara dengan pengukuran jaring kontrol horizontal (JKH) Orde 0. Adapun kriteria JKH Orde 0 sesuai SNI dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Spesifikasi teknis dalam SNI JKH (BSN, 2002)

	Orde jaringan					
	00	**0**	**1**	**2**	**3**	**4 (GPS)**
Metode pengamatan	GPS kontinu	survei GPS	survei GPS	survei GPS	survei GPS	survei GPS
Lama pengamatan per sesi (minimum)	kontinu	24 jam	6 jam	2 jam	1 jam	0.25 jam
Data pengamatan utama untuk	fase dua frekuensi	fase dua frekuensi	fase dua frekuensi	fase dua frekuensi	fase satu frekuensi	fase satu frekuensi
Moda pengamatan	Jaring tetap	jaring	jaring	Jaring	jaring	radial
Pengamatan independen di setiap titik						
- setidaknya 3 kali (% dari jumlah titik)	100%	50%	40%	20%	10%	-
- setidaknya 2 kali (% dari jumlah titik)	100%	100%	100%	100%	100%	-
Interval data pengamatan (detik)	30	30	30	15	15	15
Jumlah satelit minimum	tidak ada	4 satelit				
Nilai PDOP yang diperlukan	tidak ada	lebih kecil dari 10				
Elevasi satelit minimum	15°					
Pengamatan data meteorologist	ya	ya	ya	Tidak	tidak	tidak

3) Pengolahan data menggunakan GAMIT/GLOBK

Sebelum dilakukan pengolahan, ada baiknya data dilakukan cek kualitas dengan menggunakan perangkat lunak TEQC dari unavco (www.unavco.org). TEQC berfungsi untuk mentranslasi, mengedit, dan melakukan cek kualitas data Rinex (Estey dan Wier, 2014). Lestari, 2006 menyatakan bahwa hasil pengecekaan kualitas data GPS/GNSS akan memenuhi kriteria apabila:

a. Tidak terjadi *ionospheric delay* pada rekaman data satelit di *elevation mask* yang banyak.
b. Efek *multipath*, MP1 dan MP2 kurang dari 0,5 m.
c. *Ionosphere Delay Observable* (IOD) dan IOD+MP *slips* kurang dari 100.
d. Data yang dibuang dari data keseluruhan jumlahnya relatif kecil

Pengolahan data GPS/GNSS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK yang dikembangkan oleh MIT dan dapat diprses menggunakan komputer yang bersistem operasi UNIX/LINUX (Herring, dkk., 2009). Dalam penelitian ini digunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK versi 10.6 pada komputen bersistem operasi Linux Ubuntu 12.04. Pada pengolahan data GPS/GNSS dengan GAMIT/GLOBK menggunakan titik referensi global dari *International GNSS Service* (IGS) sejumlah tujuh titik yang berlokasi di sekitar area penelitian. Dalam hal ini titik IGS yang digunakan adalah ALIC, COCO, DARW, GUAM, GUUG, KARR, dan PIMO. Penggunaan tujuh stasiun IGS dalam pengolahan data GPS/GNSS adalah karena memiliki ketelitian yang optimal dibandingkan dengan pengukuran yang menggunakan kurang dari tujuh titik ikat. Adapun jika menggunakan lebih dari tujuh titik ikat, tidak ada kenaikan ketelitian yang signifikan (Leonard, 2009).

Hasil pengolahan berupa koordinat yang bersistem koordinat kartesi 3D. Sistem koordinat kartesi 3D memiliki aturan yaitu: titik pusat sistem koordinat kartesian terletak pada pusat bumi; sumbu Z adalah garis dalam arah *Conventional Terrestrial Pole* (CTP); sumbu X adalah arah perpotongan meredian *Greenwich* atau meredian nol *Conventional Zero Meridian* (CZM) yang ditetapkan oleh *Burau International de l'Heure* (BIH) dan bidang ekuator; sumbu Y adalah garis pada bidang ekuator yang tegak lurus pada sumbu X dan Z

dengan mengikuti kaidah tangan kanan (Leick, dkk, 2015).

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

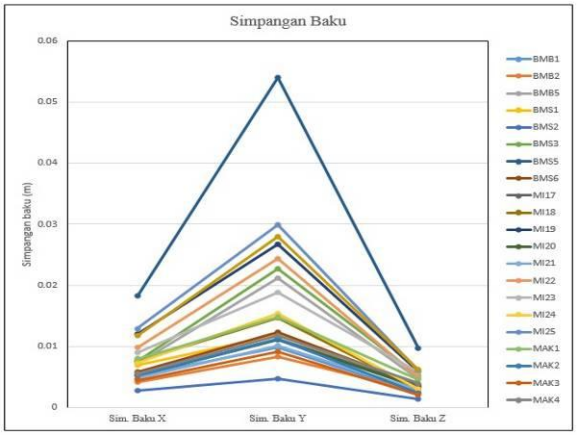
Hasil dari penelitian ini adalah adanya penambahan titik pemantauan baru sehingga semuanya berjumlah total 22 titik pemantauan yang terbagi menjadi titik makro dan mikro.

Pengolahan data GPS/GNSS dari 22 titik pemantauan dilakukan secara *automatic batch processing* menggunakan perangkat GAMIT/GLOBK. Terdapat dua tahap dalam pengolahan data. Tahap pertama adalah pengolahan dengan GAMIT untuk meghasilkan *h-files*. *H-files* selanjutnya dilakukan proses *Kalman Filtering* menggunakan perangkat GLOBK sehingga menghasilkan koordinat dan simpangan baku hasil pengolahan. Hasil pengolahan data GPS/GNSS dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengolahan data

Titik	Koordinat (m)		
	X	Y	Z
BMB1	-2174072,487	5933544,032	-862689,650
S. Baku (m)	0,005	0,009	0,002
BMB2	-2174225,7	5933530,966	-862459,545
S. Baku (m)	0,004	0,008	0,002
BMB5	-2174472,581	5933359,146	-862718,618
S. Baku (m)	0,007	0,021	0,004
BMS1	-2173994,758	5933592,665	-862625,381
S. Baku (m)	0,006	0,011	0,003
BMS2	-2174237,118	5933501,642	-862561,619
S. Baku (m)	0,002	0,004	0,001
BMS3	-2174463,212	5933377,098	-862632,440
S. Baku (m)	0,007	0,022	0,005
BMS5	-2174219,588	5933435,234	-862704,216
S. Baku (m)	0,018	0,054	0,009
BMS6	-2174259,745	5933434,525	-862644,420
S. Baku (m)	0,005	0,012	0,003
MI17	-2173286,767	5933893,881	-862223,422
S. Baku (m)	0,005	0,011	0,003
MI18	-2171932,612	5934633,958	-860867,840
S. Baku (m)	0,007	0,014	0,003
MI19	-2173974,737	5933724,191	-861921,297
S. Baku (m)	0,012	0,026	0,005
MI20	-2175216,997	5932965,896	-863716,463
S. Baku (m)	0,005	0,011	0,003
MI21	-2175830,467	5932669,033	-864057,978
S. Baku (m)	0,004	0,010	0,002
MI22	-2175073,751	5932793,763	-865005,478
S. Baku (m)	0,009	0,024	0,005
MI23	-2174471,464	5933155,406	-864331,634
S. Baku (m)	0,008	0,018	0,005
MI24	-2173367,242	5933793,357	-862747,116
S. Baku (m)	0,007	0,015	0,002
MI25	-2176313,522	5932103,002	-866017,741
S. Baku (m)	0,013	0,029	0,006
MAK1	-2173894,971	5933154,696	-865359,073
S. Baku (m)	0,007	0,014	0,004
MAK2	-2177261,531	5932017,329	-864474,098
S. Baku (m)	0,005	0,011	0,002
MAK3	-2177051,112	5932473,526	-861869,854
S. Baku (m)	0,004	0,009	0,002
MAK4	-2172643,087	5934345,918	-860932,137
S. Baku (m)	0,005	0,011	0,003
MAK5	-2171606,475	5934545,161	-862382,538
S. Baku (m)	0,011	0,027	0,006

Tabel 3 di atas menunjukkan nilai koordinat hasil pengolahan data GPS/GNSS beserta nilai simpangan bakunya. Adapun grafik simpangan baku terdapat pada Gambar 4.



Gambar 4. Grafik simpangan baku

Simpangan baku pada sumbu Y memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan nilai simpangan baku di sumbu X maupun sumbu Z. Hal ini karena sumbu Y merupakan komponen ketinggian (vertikal) sehingga secara geometri satelit tidak memungkinkan pengamatan di bawah horison, dan berakibat kekuatan ikatan jaring untuk komponen vertikal lebih lemah dibandingkan komponen horizontal.

Simpangan baku terkecil terdapat di titik BMS2 yang besarnya 0,002 m pada sumbu X; 0,004 m pada sumbu Y; dan 0,001 m pada sumbu Z. Sedangkan simpangan baku terbesar terdapat di titik BMS5 yang besarnya 0,018 m pada sumbu X; 0,054 m pada sumbu Y; dan 0,009 m pada sumbu Z.

Simpangan baku pada titik BMS5 memiliki nilai yang paling besar dibandingkan dengan simpangan baku di titik lainnya. Hal itu disebabkan karena titik BMS5 memiliki nilai MP1 dan MP2 sebesar 0,716 m dan 0,641 m; serta nilai *IOD Slip* dan *IOD or MP Slips* sebesar 268 dan 297. Nilai-nilai tersebut tidak memenuhi kriteria seperti yang dinyatakan oleh Lestari (2006) dan menyebabkan nilai simpangan bakunya besar.

Sebaliknya dengan titik BMS2 yang memiliki nilai MP1, MP2, *IOD Slip* dan *IOD or MP Slips*

berurutan sebesar 0,432 m, 0,444 m, 3, dan 2. Nilai-nilai tersebut memenuhi kriteria yang dinyatakan oleh Lestari (2006). Dan dengan nilai-nilai tersebut pada titik BMS2 memiliki nilai simpangan baku yang kecil.

Nilai MP berkaitan dengan tingkat penerimaan sinyal satelit GPS/GNSS yang dipancarkan, apakah langsung diterima receiver atau akibat pantulan dari benda pemantul di sekitar tempat pengukuran. Akibat pantulan tersebut menyebabkan besarnya nilai MP. Sedangkan *ionosfer delay* (IOD) berkaitan dengan gangguan dari lapisan atmosfer yang menyebabkan terhambatnya (terjadi penundaan) pancaran sinyal GPS/GNSS. Menurut Ekawati (2010), *ionosfer delay* menjadi faktor terbesar dalam seluruh kesalahan sinyal GPS selain efek *multipath*.

Selain itu lokasi pengukuran juga berpengaruh terhadap kualitas data pengukuran. Lokasi yang terdapat pohon rindang di atasnya akan berpengaruh terhadap penerimaan sinyal GPS/GNSS. Lokasi BMS5 memiliki ketinggian yang paling rendah jika dibandingkan dengan titik pemantauan lainnya. Selain itu lokasinya juga tepat di bawah Bendungan Sermo dan banyak pohon rindang di sekitar titik pemantauan. Hal ini yang juga menyebabkan besarnya simpangan baku dari titik BMS5.

Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini telah menghasilkan titik pemantauan tambahan sejumlah total 22 titik untuk memantau deformasi di Waduk Sermo, khususnya akibat pengaruh dari keberadaan patahan di bawah Waduk Sermo. Titik pemantauan tersebut diukur terus menerus selama empat hari untuk lima buah titik makro dan selama dua hari untuk 17 titik mikro menggunakan teknologi GPS/GNSS dan diolah menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK.

Hasil dari pengolahan tersebut berupa koordinat titik pemantauan dalam sistem koordinat kartesi 3D dan simpangan bakunya. Simpangan baku pada sumbu X berkisar antara 0,002 m s.d. 0,018 m, pada sumbu Y berkisar antara 0,04 m s.d. 0,054 m, dan pada sumbu Z berkisar antara 0,001 m s.d. 0,009 m. Simpangan baku terkecil berada pada titik BMS2 dan simpangan baku terbesar pada titik BMS 5. Jika dilihat dari kualitas data pengukuran berupa efek *multipath* (MP1 dan MP2) serta *Ionosfer delay* (*IOD slip dan IOD or MP slips*) titik BMS2 memiliki nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan titik BMS5, dan hal tersebut terutama *IOD slips* berpengaruh terhadap simpangan baku koordinat hasil pengolahan.

Koordinat hasil pengolahan pada tahun 2016 ini selanjutnya dibandingkan dengan pengukuran tahun sebelumnya atau dengan pengukuran tahun yang akan datang untuk dilakukan analisis pengaruh keberadaan patahan di bawah Waduk Sermo terhadap deformasi pada Waduk Sermo.

Saran yang dapat diberikan adalah agar pada pengukuran titik pemantauan yang akan memperhatikan keterbukaan lokasi terhadap angkasa, sehingga dapat dihasilkan data yang baik. Perlu dilakukan evaluasi terkait lokasi titik pemantauan yang sekiranya memiliki koordinat dan simpangan baku yang kurang baik untuk tidak dilakukan pengukuran di titik tersebut dan melakukan pemindahan lokasi ke lokasi yang lebih terbuka.

Selain itu saat akan melakukan pengolahan data GPS/GNSS perlu dilakukan cek kualitas data secara menyeluruh untuk mendapatkan hasil koordinat dan simpangan baku yang baik.

Ucapan terima kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kementerian Ristek dan Dikti yang telah mendanai penelitian ini melalui skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT). Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada pihak-pihak terkait, yaitu LPPM UGM, Sekolah Vokasi UGM, Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan FT-UGM, BBWS Serayu Opak dan Penyelenggara CGISE ke-3 – FIT ISI 2016.

Daftar Pustaka

--, (2015), Peta Citra Sermo, dari aplikasi Google Earth akses tanggal 22 Oktober 2015.

Abidin, H.Z. (2007), *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*, Edisi III, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.

Apriyanti, D., dan Yulaikhah, (2014), *Analisis Pergeseran Horisontal Waduk Sermo Tahun 2012-2013 Berdasarkan Hasil Hitung Perataan Parameter Berbobot*, Conference on Geospatial Information Science and Engineering, Yogyakarta.

Badan Standardisasi Nasional, (2002), *Standard Nasional Indonesia Jaring Kontrol Horizontal SNI 19-6724-2002*, BSN Indonesia.

Ekawati, S., (2010), *Pengaruh Geometri Satelit dan Ionosfer dalam Kesalahan Penentuan Posisi GPS*, Berita Dirgantara Vol. 11 No. 2 Juni

Estey, L., dan Wier, S., (2014) *Teqc Tutorial: Basics of Teqc Use and Teqc Products*. Unavco

Inc. USA.

Herring, T.A., King, R.W, McClussky, S.C., (2009), *GAMIT GPS Analysis at MIT*, Department of Earth, Atmospheric, Science, Massachusetts Institute of Technology.

Leick, A., Rapoport, L., Tatarnikov, D., (2015), *GPS Satellite Surveying*, John Wiley & Sons.

Leonard, Y, R., (2009), *Pengaruh Jumlah Titik Ikat pada Proses Perataan Jaring Terhadap Ketelitian Koordinat Titik dalam Jaring GPS Setingkat Orde 0*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,Yogyakarta.

Lestari, D., (2006), *GPS Study for Resolving the Stability of Borobudur Temple Site*, Thesis in School of Surveying and Spatial Information Sistems (Formerly the School of Geomatic Engineering), The University of New South Wales (UNSW), Australia.

Rahardjo, W., Sukandarrumidi, Rosadi, H.M.D., (1995), Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Direktorat Geologi, Departemen Pertambangan Republik Indonesia, bekerjasama dengan *U.S. Geological Survey*.

Wibowo, N.B., dan Gunawan, A., (2014), Analisis Spasial Respon Bendungan terhadap Model Peak Ground Acceleration (PGA) Berdasarkan Karakteristik Mikrotremor, Geologi Regional dan Amatan Instrumentasi pada Bendungan Sermo Kulonprogo, Indonesian Journal of Applied Physics (2014) Vol.4 No.2 hlm 115.

Sunantyo, T.A., Suryolelono, K. B., Djawahir, F., Swastono, A., Adhi, A.D., Susilo, A., (2012), *Design and installation for Dam Monitoring Using Multi sensors: A Case Study at Sermo Dam, Yogyakarta Province, Indonesia*, FIG Working Week 2012, Rome, Italy, 6-10 May 2012

USGS, (2015), Latest Earthquake, dari web http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/map/ Akses tanggal 22 Oktober 2015.

Yulaikhah dan Parseno, (2012), *Analisis Pergeseran Kerangka Kontrol di Sekitar Waduk Sermo, Kulonprogo,* Laporan Penelitian, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Analisis Perubahan Kondisi Pasang Surut Laut Menggunakan Model Pasang Surut Global dan Regional (Studi Kasus di Perairan Selatan Jawa)

Abdul Basith[a], Made Sapta Hadi[b]

[a,] Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM (abd_basith@ugm.ac.id)
[b,] Alumni Prodi Sarjana Teknik Geodesi FT-UGM (saptahadi9@gmail.com)

ABSTRACT

This study aimed to assess the characteristics of tides of locations at 15 km spacing away from tidal station location. The tidal characteristic studied is the amplitude of the main tidal harmonic components O1, K1, M2 and S2. This study used global tidal models FES 2012 and TPXO-Atlas. For the regional scope, this study used local tide model developed by Geospatial Information Agency. The study focused on the south coast/water of Java that includes four tidal stations, namely Prigi, Sadeng, Cilacap and Pangandaran. The amplitude values from these tidal stations are extracted from the three tidal models at every 15 km spacing distance eastward and westward away from tidal station location. The amplitude of the four components of the four main tidal tide station is used as the comparison. The amplitudes at the points are compared to that at the respective tidal station using t test to evaluate whether differences are significant. The research concludes that the amplitude changes in south Java waters are linear. The amplitudes tend to increase eastward. At a distance of 15 to 150 km, the amplitudes of M2 and S2 of global tidal models are statistically similar according to t_test restuls.

Keywords *FES 2012, TPXO-Atlas, south Java waters, amplitude changes, characteristic of ocean tides*

Pendahuluan

Indonesia dengan garis pantai yang mencapai lebih dari 90.000 kilometer mempunyai karakteristik pasang surut (pasut) yang beragam. Adanya faktor lokal yang berbeda-beda pada setiap lokasi perairan menyebabkan berbagai lokasi perairan dapat memiliki karakter pasang surut yang berbeda (Wyrtki, 1961). Panjang garis pantai Indonesia tidak diimbangi dengan jumlah stasiun pasut yang tersedia yaitu 115 stasiun pasut yang merupakan gabungan milik Amerika UHSLC (*University of Hawaii Sea Level Center*) sebanyak 10 stasiun, German GITEWS (*German Indonesia Tsunami Early Warning System*) sebanyak 12 stasiun, dan dari BIG (Badan Informasi Geospasial) sendiri sebanyak 93 (hasil kompilasi pada tahun 2013).

Mengingat jumlah stasiun pasut yang relatif jarang, perapatan stasiun pasut menjadi isu penting walaupun dari sisi ekonomis tidak mendukung. Perapatan stasiun pasut salah satu pertimbangannya adalah karakteristik pasut. Termasuk karakteristik pasut adalah nilai amplitudo komponen pasut. Fluktuasi amplitudo empat komponen pasut utama yaitu M2, S2, O1 dan K1 sangat menentukan kondisi pasut di suatu perairan (Pinet, 1992). Ingham (1975) merekomendasikan untuk mengamat pasut setiap interval jarak 15 km. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengkaji kondisi/karakteristik pasut, yakni pola amplitudo empat komponen harmonik utama pasut, dari model pasut global FES 2012 dan TPXO-Atlas, model pasut regional BIG di perairan selatan Jawa tiap interval 15 km. Perairan ini dipilih karena bentuknya yang memanjang dengan asumsi kesamaan morfologi menghadap laut terbuka sehingga relatif mudah untuk menentukan lokasi-lokasi kajian dengan interval 15 km. Nilai amplitudo di lokasi-lokasi tersebut dibandingkan dengan nilai amplitudo di lokasi stasiun pasut menggunakan uji signifikansi beda dua parameter.

Uji signifikansi beda dua parameter dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan dua parameter, dalam hal ini amplitudo suatu komponen pasut di lokasi stasiun pasut dan kelipatan 15 km dari stasiun pasut. Uji ini dilakukan dengan distribusi student (t) pada tingkat kepercayaan dan derajat kebebasan tertentu. Kriteria pengujian yang digunakan mengacu pada persamaan berikut (Widjajanti, 2010).

Akurasi model pasut global TPXO 7.1 dikaji oleh Umam (2013) dengan membandingkannya dengan data pasut dari enam stasiun pasut. Hasil

perbandingan menunjukkan pada tiga waktu berbeda di enam titik perairan pulau jawa menunjukkan nilai RMSE cukup kecil yakni 0,105 meter. Berdasarkan penelitian Faridatunnisa (2015), model pasut global FES 2012 lebih sesuai untuk perairan Jawa dibandingkan model pasut TPXO7-Atlas. Syahrullah (2015) melakukan penelitian karakteristik nilai *Lowest Astronomical Tide* (LAT) pada dua tempat yang memiliki morfologi relatif sama namun terpisah jarak yang jauh, yakni lebih dari 15 km. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa pada kedua lokasi tersebut, yakni Prigi dan Sadeng, pola LAT relatif serupa.

Data dan Metode

Data

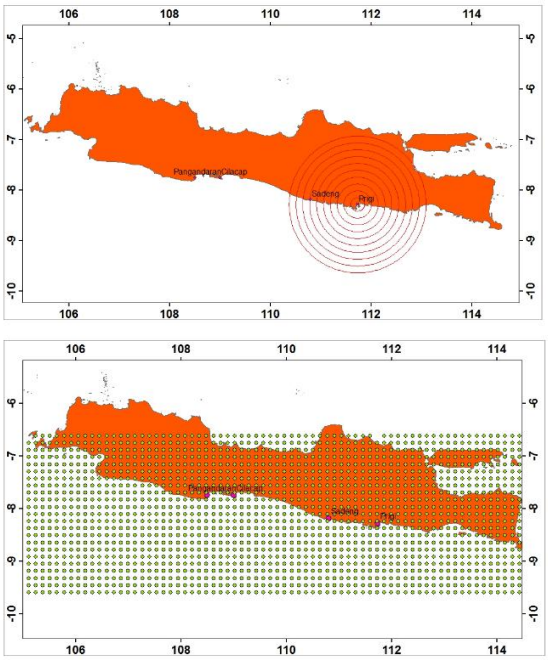
Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah 1) data empat stasiun pasang surut laut yang berada di perairan selatan Jawa, yakni stasiun pasang surut Sadeng, Prigi, Pangandaran dan Cilacap. Data pasang surut laut yang digunakan yakni data dari pengukuran tanggal 1 Mei 2015 sampai 31 Mei 2015. Data ini diperoleh dari website resmi IOC (*Intergovermental Oceanographic Comission*), 2) data model pasut regional buatan BIG. Data ini dapat diunduh dari laman http://tides.big.go.id/pasut/konstanta/ dengan format data *.nc (NetCDF File), 3) data model pasut global TPXO7-ATLAS yang diunduh dari situs ftp://ftp.oce.orst.edu/dist/tides/Global/tpxo7_atlas.tar.Z. berikut perangkat *Tidal Model Driver* (TMD) untuk mengakses model, 4) data model pasang surut global FES 2012 yang diunduh dari www.aviso.altimetry.fr, dan 5) data *.shp garis pantai Pulau Jawa.

Tahapan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan, mulai dari mengunduh model global dan regional serta data stasiun pasang surut, melakukan ektraksi data pasut hingga memperoleh konstanta harmonik, kemudian analisis secara numeris dan visual.

Penentuan lokasi dengan interval 15 km

Dalam penelitian ini analisis pola perubahan pasang surut dilakukan secara numeris dan grafis. Secara numeris dengan melihat pola perubahan nilai amplitudo konstanta harmonik utama disepanjang pesisir dengan interval jarak 15 km antar titiknya. Penentuan koordinat titik tersebut setiap 15 km ditentukan dengan melakukan *buffering* dari titik stasiun pasang surut yang sudah diketahui koordinatnya. *Buffering* dilakukan dengan radius 15 km dan kelipatannya hingga mencapai jarak 150 km dari stasiun pasang surut. Gambar 1a menunjukkan contoh hasil *buffering* tiap 15 km dari salah satu stasiun pasang surut yang sudah diketahui koordinatnya, yaitu di Prigi.



Gambar 1. a) Lingkaran *buffering* di stasiun Prigi,
b) Titik-titik koordinat untuk ekstraksi amplitudo komponen pasut

Dalam penelitian ini analisis secara visual didasarkan pada peta *co-range*. Peta *co-ange* dibuat terlebih dahulu dengan melakukan interpolasi nilai-nilai amplitudo di wilayah kajian yang telah diekstrak lalu dengan nilai-nilai tersebut diturunkan garis kontur. Wilayah kajian yang digunakan untuk pembuatan peta co-range yang dibatasi dengan koordinat -6.620 LS sampai dengan -9.5930 LS dan 105.1030 BT sampai dengan 114.69760 BT. Gambar 1b menunjukkan titik-titik koordinat di wilayah yang dianalisis.

Penanganan Model Pasut Global, Regional, dan Data Pasut Lokal

Model pasang surut FES 2012 dan BIG dapat diolah menggunakan perangkat lunak *ferret* yang harus dijalankan dalam sistem operasi Linux. Dalam penelitian ini Linux yang digunakan adalah Linux Mint 17.3. Perangkat ferret tidak tersedia langsung di Linux sehingga perlu dilakukan instalasi terlebih dahulu. Disisi lain, model pasut global TPXO7-Atlas diekstrak

menggunakan perangkat lunak *Tidal Model Driver* (TMD). Koordinat titik-titik yang diekstrak disusun dalam format *latitude, longitude*, dan parameter komponen pasut dan konstantanya. Data pasut lokal terlebih dahulu dilakukan kontrol kualitas terkait adanya kekosongan data, *spike*, *outlier.* Setelah itu dilakukan analisis harmonik menggunakan program t_tide dengan menerapkan koreksi faktor nodal.

Analisis Perubahan Pasut Secara Numeris dan Grafis

Amplitudo komponen pasut utama, yakni komponen semidiurnal M2 dan S2, pada jarak 15 km dan kelipatannya sampai dengan jarak 150 km ke arah timur dan barat diuji signifikasi bedanya dengan amplitudo komponen komponen pasut serupa di stasiun pasut. Uji ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah nilai amplitudo komponen harmonik utama mengalami perubahan secara signifikan. Analisis perubahan kondisi pasut secara grafis dilakukan dengan bantuan peta *co-range.* Pola perubahan amplitudo empat komponen pasut yaitu, O_1, K_1, S_2 dan M_2, dievaluasi secara visual.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Perubahan Kondisi Pasut Secara Numeris

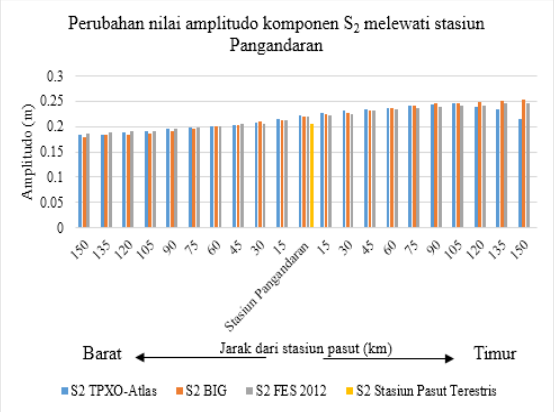
Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen harmonik diurnal, O1 dan K1, tidak mengalami perubahan yang begitu besar di tiap 15 km. Rata-rata selisih nilai amplitudo konstanta harmonik K_1 tiap 15 km hingga 150 km di barat dan timur stasiun pasut yang berada di perairan selatan Jawa tiap model ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel I. Rata-rata perubahan nilai amplitudo komponen K1 tiap 15 km

Melewati Stasiun	**Rata-rata perubahan nilai amplitudo komponen harmonik K_1 (m)**		
	TPXO-Atlas	**BIG**	**FES 2012**
Prigi	0.003	0.001	0.002
Sadeng	0.007	0.001	0.001
Cilacap	0.005	0.001	0.001
Pangandaran	0.002	0.001	0.001

Model FES 2012 dan BIG memberikan nilai perubahan amplitudo yang sangat kecil setiap 15 km dibandingkan model TPXO7-Atlas. Hal ini sesuai dengan penelitian Faridatunnisa (2015) yang menyatakan model TPXO7-Atlas memiliki urutan ketelitian yang lebih rendah dibanding model pasut BIG dan FES 2012. Pada jarak 75 km di sebelah barat stasiun pasang surut Sadeng, nilai amplitudo dari model TPXO7-Atlas mengalami penurunan tiba-tiba. Salah satu faktor yang dapat diduga sebagai penyebabnya adalah *track/pass* satelit TOPEX/Poseidon yang tidak tepat melalui stasiun pasut Sadeng.

Sementara itu, pola perubahan komponen harmonik semidiurnal yakni M_2 dan S_2 cenderung konsisten, meningkat secara linier dari barat ke timur (Gambar 2). Sebagai contoh, amplitudo komonen M_2 dan S_2 di stasiun Prigi (stasiun pasut timur) sebesar 0.5376 m dan 0.2659 m sedangkan di stasiun Pangandaran (stasiun pasut barat) yakni 0.4645 m dan 0.1884 m.



Gambar 2. Contoh pola perubahan amplitudo S2 di stasiun pasut Pangandaran

Hasil Uji Signifikansi Perubahan Amplitudo

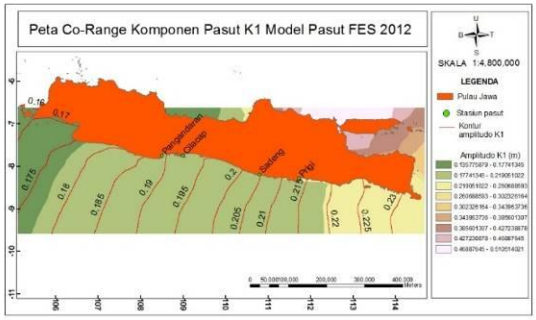
Hasil uji signifikansi yang ditampilkan adalah untuk komponen semidiurnal saja yakni M_2 dan S_2, yang perubahannya relatif besar dibandingkan dengan komponen diurnal, O_1 dan K_1. Contoh hasil uji signifikansi ditunjukkan pada Tabel 2 yang menampilkan hasil uji signifikansi komponen M_2 model FES 2012 terhadap data stasiun pasut Prigi. Tabel 2 menunjukkan bahwa amplitudo komponen harmonik M_2 dari stasiun pasut Prigi ke arah barat dan timur sampai sejauh 150 km tidak berbeda signifikan. Komponen M_2 dan S_2 stasiun pasut lainnya, menunjukkan hasil yang serupa.

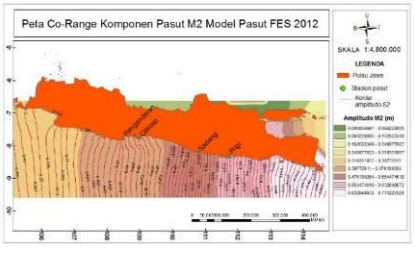
Tabel 2. Hasil uji signifikansi dua parameter komponen M_2 model FES 2012 terdahadap data stasiun pasut Prigi

Jarak (km)	Nilai amplitudo (m)	Nilai t hitungan	Apakah Perbedaan signifikan?
150	0.4976	0.742	Tidak
135	0.5037	0.695	Tidak
120	0.5128	0.626	Tidak
105	0.521	0.563	Tidak
90	0.5323	0.477	Tidak
75	0.5633	0.241	Tidak
60	0.5456	0.376	Tidak
45	0.5509	0.335	Tidak
30	0.5553	0.302	Tidak
15	0.5662	0.219	Tidak
amplitudo pasut Prigi	**0.5949**		
15	0.5802	0.112	Tidak
30	0.589	0.045	Tidak
45	0.5912	0.028	Tidak
60	0.5957	0.006	Tidak
75	0.6062	0.086	Tidak
90	0.6120	0.130	Tidak
105	0.6193	0.186	Tidak
120	0.6243	0.224	Tidak
135	0.6291	0.261	Tidak
150	0.6349	0.305	Tidak

Perubahan Amplitudo Secara Grafis

Berdasarkan analisis secara numeris, komponen harmonik diurnal memiliki perubahan nilai amplitudo yang cukup kecil. Untuk dapat menganalisis perubahan kondisi pasang surut, dibuat peta *co-range* yang menunjukkan perubahan nilai amplitudo tiap komponen. Peta corange dibuat dengan melakukan interpolasi dengan metode *Natural Neightboard* dari konstanta harmonik yang sudah diekstrak pada jarak tiap interval 15 km. Selanjutnya, hasil interpolasi yang terbentuk berupa file *raster*, kemudian dibentuk garis kontur amplitudo. Dalam penelitian ini kontur dari nilai amplitudo dibuat dengan interval 0.005 m. Gambar 3 menunjukkan pola perubahan amplitudo komponen K_1 dan M2 dari model FES 2012.





Gambar 3. Peta *co-range* komponen pasut K1 (a) dan M2 (b) dari data model FES

Dari peta *co-range* dapat dilihat nilai amplitudo pada stasiun Cilacap berada pada kisaran 0.19 – 0.195 m. Perubahan nilai amplitudo komponen K_1 pada jarak 15 km dari stasiun pasut tersebut masih berada pada rentang nilai 0.19 m – 0.195 m. Dari stasiun Cilacap, 75 km ke timur nilai amplitudonya yakni 0.195 m, perubahan ini termasuk kecil karena masih dalam satuan millimeter. Jika dilihat perairan selatan Jawa secara menyeluruh, amplitudo konstanda harmonik K_1 mengalami perubahan yang linier.

Terkait dengan hasil itu, langkah densifikasi pasut dapat dilakukan lebih efisien dan ekonomis dengan mempertimbangkan kebutuhan, geliat ekonomi lokasi calon pelabuhan, atau terkait dengan perkembangan ekonomi daerah. Untuk keperluan praktis, interpolasi komponen pasut misal dengan cara interpolasii linier maupun transfer datum dapat dilakukan mengingat pola perubahan amplitudo yang linier.

Kesimpulan dan Saran

Perubahan nilai amplitudo komponen harmonik utama yakni O_1, K_1, M_2 dan S_2 di perairan selatan Jawa memiliki pola linier. Dari 3 model pasut yang digunakan, model FES 2012 dan model BIG memberikan perubahan nilai amplitudo yang konsisten. Setiap 15 km hingga 150 km dari stasiun pasang surut Prigi, Sadeng, Cilacap dan Pangandaran, kearah timur nilai amplitudonya membesar, sedangkan ke arah barat nilainya menurun. Dengan demikian, terkait densifikasi stasiun pasut, maka dapat dilakukan sesuai kebutuhan.

Dari penelitian disarankan untuk melakukan penelitian di lokasi lain terutama di perairan yang semi tertutup seperti Laut Jawa.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Departemen Teknik Geodesi FT-UGM yang telah memfasilitasi penelitian ini.

Daftar Pustaka

Faridatunnisa, M., 2015, *Evaluasi Ketelitian Model Pasang Surut Regional Dan Global Menggunakan Data Pasang Surut Terestris*

Dan Satelit Altimetri Di Wilayah Perairan Pulau Jawa. Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta

Ingham, A. E., 1975, *Sea Surveying*, John Wiley and Sons, Great Britain.

Pinet, P. R., 1992. *Oceanography, An Introduction to The Planet Oceanus*. West Publishing Company. United States of America.

Syahrullah, M., 2015, *Kajian Nilai Lat (Lowest Astronomical Tide) Dan Karakteristiknya (Studi Kasus : Stasiun Pasut Prigi Dan Sadeng*), Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta

Umam, R. K., 2013, *Pemodelan Pasang Surut Perairan Pulau Jawa Menggunakan Perangkat Lunak Tidal Model Driver dan Model Pasut Global TPXO 7.1*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.

Widjajanti, N., 1992, *Modifikasi Hitungan Transformasi Datum Metode Molodensky-Badekas*. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.Yogyakarta.

Wyrtki, K., 1961, *Phyical Oceanography of the South East Asian Waters*, Naga Report Vol. 2 Scripps, Institute Oceanography, California

BIOGRAFI SINGKAT

Abdul Basith

Penulis masuk di progam S1 Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada tahun 1990 dan menyelesaikannya tahun 1996 dengan penelitian kajian deformasi lempeng tektonik dengan data GPS. Selanjutnya penulis melanjutkan ke jenjang master di Magister Oseanografi dan Sains Atmosfer di ITB Bandung (1998-2001) dengan penelitian tentang pasut laut menggunakan data altimetri. Tahun 2006-2011 penulis menempuh jenjang doktoral di Universiti Teknologi PETRONAS (UTP) Malaysia dibidang SIG dan indraja untuk kajian kebencanaan. Penulis banyak melakukan penelitian dibidang pasut laut, dinamika laut, peran SIG, indraja dan data geospasial untuk mitigasi bencana tanah longsor dan tsunami.

Made Sapta Hadi

Alumni Teknik Geodesi UGM (2012-2016). Sekarang bekerja di PT Nipindo.

Kajian Zonasi Ancaman Tanah Longsor di Kabupaten Banjarnegara

Arief Laila Nugraha[a], Hani'ah[b], Dhuha Ginanjar Bayuaji[c]

[a,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (arief_ln@yahoo.com)
[b,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (haniahhanik@yahoo.com)
[c,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (dhuha_ginanjar@yahoo.co.id)

ABSTRACT

Banjarnegara Regency is located in the province of Central Java which has high risk to landslide. There were 134 cases of landslide occur from 2012- 2014. Therefore, mapping of the risks of landslide is required as disaster mitigation efforts in the Banjarnegara Regency. Mapping of landslide risks based on Geographic Information System created with GIS software by scoring and weighting, and overlays between constituent parameters. In this research, using two methods based weighted by Hazard Katalog in Indonesia and Weighted by AHP (Analythical Hierarchy Process) then will be known which method is closer to the real situation on the field. The results of this research are in the landslide zone mapping using AHP has a better level of fitness compared to the catalog method. the amount of suitability for high grade of 21.19% with the actual events. then the highest distribution of landslide-prone zones in Banjarnegara district exist in four districts namely Kecamatan Pandanarum, Kalibening, Wanayasa, dan Batur.

Keywords : *Landslide, Weighted, AHP, GIS, Banjarnegara*

Pendahuluan

Latar Belakang

Tanah Longsor merupakan suatu bentuk erosi dimana pemindahan tanahnya terjadi pada suatu saat dan melibatkan volume besar tanah. Longsor terjadi akibat meluncurnya suatu volume tanah diatas suatu lapisan agak kedap air yang jenuh air (Munir, 2006) Sedangkan menurut Dibyosaputro (1992) longsor lahan adalah salah satu gerakan massa batuan dan tanah menuruni lereng akibat gaya gravitasi bumi. Pada dasarnya tanah longsor itu hanyalah salah satu dari gejala alam yang tidak jahat ataupun baik. Namun, jika tanah longsor terjadi di dekat pemukiman manusia, dan manusia tidak siap, maka terjadilah suatu tragedi yaitu tragedi manusia sebagai akibat dari tanah longsor tersebut (Effendi, 2008).

Kabupaten Banjarnegara merupakan salah satu daerah di wilayah provinsi Jawa Tengah yang masuk dalam kategori sangat rawan bencana tanah longsor. Data di BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) Banjarnegara menunjukkan, peristiwa tanah longsor pada 2007 tercatat sebanyak 57 kali. Jumlah kejadian meningkat pada 2008 yaitu menjadi 76 kali. Pada 2009 meningkat lagi sebanyak 126 kali, dan pada 2010 meningkat tajam sebanyak 200 kali. Kemudian di tahun 2014, sejumlah 25 titik lokasi rawan longsor itu terbagi di delapan desa yang berada di enam kecamatan, dari jumlah keseluruhan 16 kecamatan yang berada di kabupaten tersebut. Dari peristiwa bencana longsor yang terjadi di 25 titik wilayah tersebut tercatat 20 rumah rusak dan lebih dari 100 jiwa mengungsi. (BPBD Banjarnegara, 2014). Dari peristiwa tersebut, bahwasannya diperlukan pemetaan daerah rawan tanah longsor guna antisipasi dan mitigasi bencana.

Pemetaan tanah longsor terbentuk dari kriteria-kriteria tertentu yang merupakan faktor pendukung terjadinya tanah longsor. Kriteria-kriteria tersebut memiliki karakteristik keruangan/spasial sehingga diperlukan suatu sistem yang dapat membantu dalam proses pengambilan dengan menggunakan basis sistem pengelola informasi spasial (Aditya, 2010). Pemetaan tanah longsor dengan menggunakan sistem informasi geografis (SIG) dapat dengan mudah mengidentifikasi daerah-daerah yang berada pada rawan potensial dari tanah longsor yang luas dan memberikan informasi tentang perkiraan nilai kerugian tanah di berbagai lokasi (Bradbury, dkk, 1993).

Belum tersedianya peta rawan bencana tanah longsor di BPBD Banjarnegara, memerlukan kajian dalam membentuk pemetaan tanah longsor yang merupakan arahan dari Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana

sesuai dengan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012. Dengan adanya peta tanah longsor tersebut maka kebijakan dalam antisipasi dan mitigasi bencana dapat direncanakan dengan baik dan terstruktur. Namun dalam melakukan pemetaan tanah longsor diperlukan kajian yang tepat sehingga didapat peta tanah longsor yang sesuai dengan kondisi kenyataan yang ada di lapangan.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana penilaian besaran bobot dari parameter tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara ?
2. Bagaimana analisis perbandingan zonasi ancaman bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara menggunakan metode AHP dan Pembobotan Katalog Bencana ?

Maksud dan Tujuan

Adapun tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui parameter apa saja yang berpengaruh terhadap potensi tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara.
2. Mengetahui perbandingan sebaran daerah rawan longsor menggunakan AHP dan Pembobotan Katalog Bencana.
3. Mengetahui penyusunan tingkat resiko bencana tanah longsor Kabupaten Banjarnegara

Metodologi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

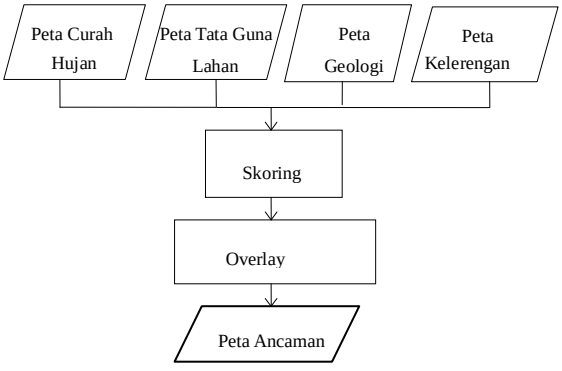
1. *Laptop*, spesifikasi sebagai berikut :
   Merk dagang : Fujitsu
   Processor : Intel(R) *Pentium*(R) CPU 2020M @2.40Ghz
   RAM : 4.00 GB
   Sistem Operasi : Microsoft *Windows 8*
2. Perangkat Lunak *(Software)*:
   a. *Microsoft office 2010,* digunakan untuk penyusunan laporan.
   b. *Software ArcGIS 10.4,* digunakan dalam proses skoring, pembobotan dan pembuatan *layout* peta
   c. *Software ENVI 4.8,* digunakan dalam semua pemrosesan data citra satelit Landsat 8.

Pengumpulan Data

1. Peta Tata Guna Lahan dan Peta geologi Kabupaten Banjarnegara tahun 2011 - 2031 dari Badan Perencanaan dan Pembangunan Daerah.
2. Data Curah Hujan Kabupaten Banjarnegara tahun 2010-2014 dari Balai Pengairan dan Sumber Daya Air Kabupaten Banjarnegara.
3. Data Curah Hujan Kabupaten Purbalingga, Wonosobo, Kebumen, Pemalang, Batang tahun 2010-2014 dari Balai Pengairan dan Sumber Daya Air Provinsi Jawa Tengah.
4. Kecamatan dalam Angka Kabupaten Banjarnegara tahun 2014 dari Badan Pusat Statistik (BPS) Kabupaten Banjarnegara.
5. Citra DEM ASTER
6. Data laporan kejadian bencana di Kabupaten Banjarnegara tahun 2005 – 2015 dari BPBD Kabupaten Banjarnegara.

Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor

Pembuatan peta ancaman bencana tanah longsor yang harus terlebih dahulu dilakukan adalah menyusun dan merangkai berbagai macam jenis data yang satuannya dan fungsinya belum teratur menjadi data yang sistematis dan terperinci sesuai dengan fungsi, klasifikasi dan penggunaanya, sehingga data tersebut mudah untuk dianalisis lebih lanjut.Setelah itu dilakukan editing atribut sesuai bobot masing-masing peta. Pada gambar 1 menunjukan diagram alir pembuatan peta ancaman bencana tanah longsor.



Gambar 1. Diagram Alir Pemetaan Ancaman

Bencana Tanah Longsor

Penentuan tingkat ancaman bencana tanah longsor dilakukan dengan cara menggabungkan dan pembobotan parameter curah hujan, tata guna lahan, geologi dan kelerengan. Metode yang digunakan adalah tumpang susun atau yang disebut overlay dari setiap parameter, maka diperlukan bobot dan skor dari hasil kali harkat dan bobot setiap parameternya untuk didapatkan klasifikasi tingkat kerawanan. Berikut pembobotan masing-masing parameter yang digunakan dalam pembuatan peta ancaman tanah longsor. Di bawah ini adalah rincian pembobotan setiap parameter :

a. Curah Hujan

Peta curah hujan didapat dari data rata – rata curah hujan tahunan selama lima tahun pada tahun 2010 - 2014 yang diamati dari 14 stasiun pengamatan curah hujan. Stasiun pengamatan tersebut berada di Tugu/Bancar, Kaliwiro, Wanadadi, , Bongas, Sampang, Clangap, Limbangan, Pejawaran, Bend.Krikil, Banjarnegara, Mandiraja, Purworejo/Klampok, Kalisapi, dan Bawang/Batang . Klasifikasi kelas curah hujan menurut buku Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Paripurno, dkk, 2008. Adapun klasifikasi pembobotan curah hujan dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1.Klasifikasi Pembobotan Parameter Curah Hujan

No	Curah Hujan (mm/tahun)	Skor	Bobot
1.	< 2000	1	2
2.	2000 - 3000	2	4
3.	> 3000	3	6

Sumber : Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS

b. Tata Guna Lahan

Parameter tata guna lahan didapat dari BAPPEDA Kabupaten Banjarnegara dengan format SHP. Klasifikasi jenis tata guna lahan dalam kaitannya dengan ancaman tanah longsor dibedakan menjadi sepuluh kelompok, yaitu pemukiman, sawah irigasi, sawah tadah hujan, kebun, tegalan, rawa, hutan, rumput, semak belukar, air tawar. Klasifikasi ini sesuai dengan buku Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Paripurno, dkk, 2008. Klasifikasi pembobotan penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2.Klasifikasi Pembobotan Parameter Tata Guna Lahan

No	Tata Guna Lahan	Skor	Bobot
1.	Pemukiman	1	2
2.	Sawah Irigasi	1	2
3.	Sawah Tadah Hujan	1	2
4.	Kebun	2	4
5.	Tegalan	2	4
6.	Rawa	0	0
7.	Hutan	1	2
8.	Rumput	3	6
9.	Semak Belukar	3	6
10.	Air Tawar	0	0

Sumber : Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS

c. Geologi

Parameter Geologi didapat dari BAPPEDA Kabupaten Banjarnegara dengan format SHP. Klasifikasi jenis geologi dalam kaitannya dengan ancaman tanah longsor dibedakan menjadi 10 kelompok yaitu, Aluvium, Eosen, Liparit, Pratersier, Hasi Gunung Api Kwarter Muda, Hasi Gunung Api Kwarter Tua, Hasi Gunung Api Kwarter Tak Teruraikan, Miosen Fasies Sedimen, Pliosen Fasies Sedimen, Plistosen Fasies Sedimen. Klasifikasi ini sesuai dengan buku Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Paripurno, dkk, 2008. Klasifikasi pembobotan penggunaan lahan dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Klasifikasi Pembobotan Parameter Geologi

No	Geologi	Skor	Bobot
1.	Aluvium	1	3
2.	Eosen	3	9
3.	Liparit	1	3
4.	Pratersier	1	3
5.	Hasi Gunung Api Kwarter Muda	1	3
6.	Hasi Gunung Api Kwarter Tua	1	3
7.	Hasi Gunung Api Kwarter Tak Teruraikan	1	3
8.	Miosen Fasies Sedimen	1	3
9.	Pliosen Fasies Sedimen	2	6
10.	Plistosen Fasies Sedimen	1	3

Sumber :Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS

d. Kelerengan

Peta kelerengan didapat dari pengolahan citra DEM ASTER. Klasifikasi jenis kelerengan dalam kaitannya dengan ancaman tanah longsor dibedakan menjadi 4 yaitu, 0 - 8%, 8 - 25 %, 25 - 40 %, > 40 %. Klasifikasi kelas kelerengan menurut buku Katalog Methodologi

Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Paripurno, dkk, 2008. Adapun klasifikasi pembobotan curah hujan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Pembobotan Parameter Kelerengan

No	Kelerengan (%)	Skor	Bobot
1.	0 - 8%	1	3
2.	8 - 25 %	2	6
3.	25 -40 %	3	9
4.	> 40 %	4	12

Sumber : Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS

Untuk seluruh peta yang digunakan sebagai parameter penentuan ancaman tanah longsor sebelumnya dilakukan pengaturan sistem koordinat terlebih dahulu. Datum WGS 1984 dengan sistem koordinat Universal Transverse Mercator (UTM) zona 49S.

Menurut buku Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan GIS, yang ditulis oleh Paripurno, dkk, 2008, faktor – faktor terjadinya tanah longsor adalah curah hujan, tata guna lahan, geologi, dan Kelerengan. Berikut pembobotan masing-masing parameter yang digunakan untuk penyusunan peta ancaman tanah longsor dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5..Bobot dan Parameter Ancaman Tanah Longsor

No	**Parameter**	**Bobot**
1.	Curah Hujan	2
2.	Tata Guna Lahan	2
3.	Geologi	3
4.	Kelerengan	3

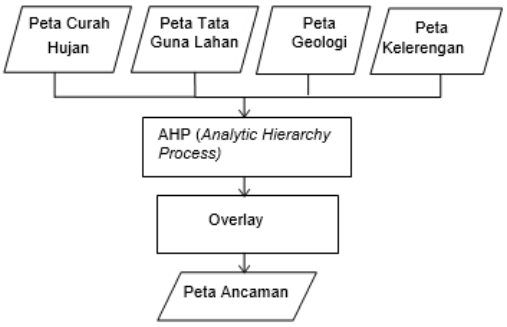
Sumber : Katalog Methodologi Penyusunan Peta *Geo Hazard* dengan *GIS*

Setiap peta dilakukan *overlay* dan akumulasi skor dan bobot semua parameter. Proses yang selanjutnya dilakukan adalah penggabungan keempat peta curah hujan, tata guna lahan, geologi dan keleengan (*overlay*). Setelah dilakukan proses penggabungan (*overlay*) kemudian dilakukan proses klasifikasi menggunakan metode *geometrical Interval*. Pembuatan nilai interval kelas ancaman tanah longsor dibagi menjadi tiga kelas yaitu rendah, sedang, dan tinggi.

Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor dengan AHP (*Analytical Hierarchy Process*)

Dalam penelitian ini menggunakan hasil data kuisioner dari dua narasumber yang berbeda, yang pertama yaitu dari BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah), dan dari Dinas ESDM (Energi dan Sumber Daya Mineral) Kabupaten Banjarnegara. Kemudian hasil dari kedua kuisioner tersebut dirata- rata agar data tidak subjektif dan bisa dipercaya. Dalam pembuatan peta ancaman tanah longsor dengan metode AHP ini, maka hal yang terpenting adalah menentukan bobot masing-masing parameter dan Sub parameter (Saaty, 1993). Pada gambar 2 menunjukan diagram alir pembuatan peta ancaman bencana tanah longsor.

Tujuan dari pembobotan parameter adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh suatu parameter terhadap parameter lainnya dan diharapkan mampu untuk memecahkan masalah yang diteliti dalam bentuk multi obyek dan multi kriteria berdasarkan pada perbandingan preferensi dari tiap elemen dalam hierarki.



Gambar 2. Diagram Alir Pemetaan Ancaman Bencana Tanah Longsor dengan AHP

Hasil perhitungan nilai bobot kriteria utama dapat dilihat pada Tabel 6,

Tabel 6. Bobot Kriteria Utama dari BPBD Kabupaten Banjarnegara

Kriteria utama	Bobot
Tata Guna Lahan	0,0568
Kelerengan	0,2680
Curah Hujan	0,6423
Geologi	0,0329
Jumlah	1,0000

Dengan perhitungan yang sama maka diperoleh hasil bobot kriteria utama dari Dinas ESDM Kabupaten Banjarnegara yang dapat dilihat

pada Tabel 7,

Tabel 7. Bobot Kriteria Utama dari Dinas ESDM Kabupaten Banjarnegara

Kriteria utama	Bobot
Tata Guna Lahan	0,0305
Kelerengan	0,6286
Curah Hujan	0,0838
Geologi	0,2571
Jumlah	1,0000

Kedua data hasil data kuisioner tersebut kemudian digabungkan dan dirata-rata sehingga diperoleh bobot kriteria utama yang akan digunakan untuk pembuatan peta ancaman tanah longsor metode AHP. Hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Tabel 8,

Tabel 8. Bobot Kriteria Utama Gabungan dari BPBD dan Dinas ESDM Kabupaten Banjarnegara

Kriteria utama	Bobot
Tata Guna Lahan	0,04
Kelerengan	0,45
Curah Hujan	0,36
Geologi	0,15
Jumlah	1,00

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor dengan Katalog Bencana

Dari hasil pemetaan ancaman tanah longsor dengan metode pembobotan berdasarkan katalog bencana, diperoleh sebesar 70,495% dari wilayah Kabupaten Banjarnegara memiliki tingkat ancaman tinggi, 24,881% memiliki tingkat ancaman sedang dan 4,623% merupakan wilayah dengan ancaman rendah terhadap tanah longsor. Peta tersebut dapat dilihat pada gambar 3.

2. Hasil Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor dengan AHP

Dari hasil pemetaan ancaman AHP, diperoleh sebesar 62,385% dari wilayah Kabupaten Banjarnegara memiliki tingkat ancaman tinggi, 33,878% memiliki tingkat ancaman sedang dan 3,737% merupakan wilayah dengan ancaman rendah terhadap tanah longsor. Peta tersebut dapat dilihat pada gambar 4.

3. Validasi Pemetaan Zonasi Rawan Tanah Longsor

Validasi peta ancaman tanah longsor dilakukan dengan membandingkan hasil peta ancaman metode Pembobotan Katalog Bencana dengan data kejadian bencana tanah longsor dari BPBD Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2005 – 2015. Dari data kejadian bencana tanah longsor tersebut diketahui terdapat sebanyak 118 desa yang pernah terjadi tanah longsor, dan tersebar di seluruh wilayah Kabupaten Banjarnegara. Perbandingan peta ancaman tanah longsor metode Pembobotan Katalog Bencana dengan data kejadian bencana tanah longsor dapat dilihat pada tabel 9 berikut ini :

Tabel 9. Perbandingan peta ancaman tanah longsor metode Pembobotan Katalog Bencana dengan data kejadian bencana tanah longsor

	Kelas Ancaman			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Peta Ancaman Katalog Bencana	0	103	15	118

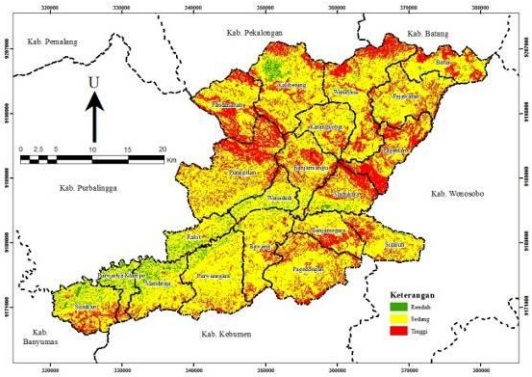
Dari tabel 9 dapat disimpulkan bahwa persentase kesesuaian dari metode pembobotan katalog bencana sebesar 12,71% untuk kejadian di zona tinggi, dan 87,29% untuk kejadian di zona sedang.

Selanjutnya, validasi peta ancaman tanah longsor dilakukan dengan membandingkan hasil peta ancaman metode AHP dengan data kejadian bencana tanah longsor dari BPBD Kabupaten Banjarnegara dari tahun 2012 – 2015. Dari data kejadian bencana tanah longsor tersebut diketahui terdapat sebanyak 118 desa yang pernah terjadi tanah longsor, dan tersebar di seluruh wilayah Kabupaten Banjarnegara. Perbandingan peta ancaman tanah longsor metode AHP dengan data kejadian bencana tanah longsor dapat dilihat pada tabel 10 berikut ini :

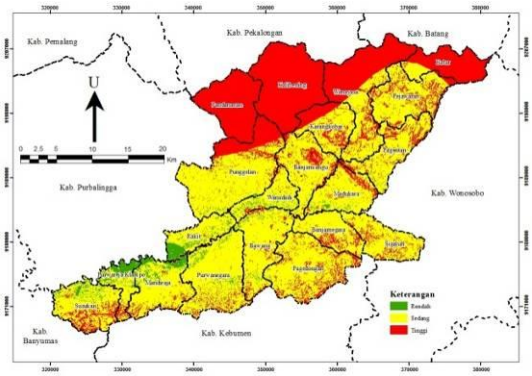
Tabel 10. Perbandingan peta ancaman tanah longsor metode AHP dengan data kejadian bencana tanah longsor

	Kelas Ancaman			Total
	Rendah	Sedang	Tinggi	
Peta Ancaman Metode AHP	1	92	25	118

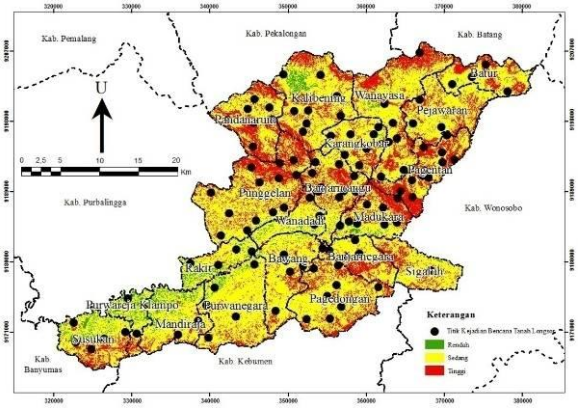
Dari tabel 10 dapat disimpulkan bahwa persentase kesesuaian dari metode pembobotan katalog bencana sebesar 21,19% untuk kejadian di zona tinggi, dan 77,97% untuk kejadian di zona sedang.



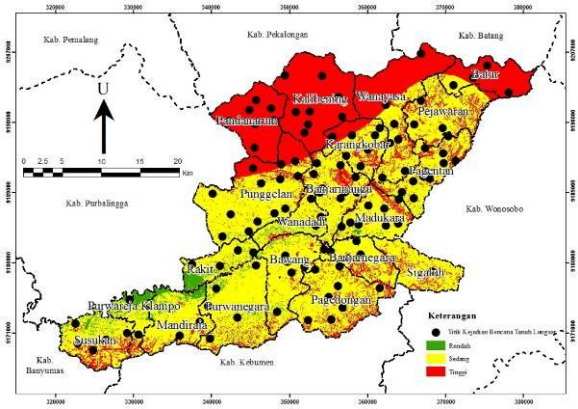
Gambar 3. Peta Ancaman Tanah Longsor Metode Pembobotan Katalog Bencana



Gambar 4. Peta Ancaman Tanah Longsor Metode AHP



Gambar 5. Peta Sebaran Titik Validasi terhadap Zonasi Ancaman Tanah Longsor Metode Pembobotan Katalog Bencana



Gambar 6. Peta Sebaran Titik Validasi terhadap Zonasi Ancaman Tanah Longsor Metode AHP

Hasil validasi dari dua metode tersebut dapat diterangkan bahwa persentase kesesuaian terhadap kejadian dilapangan yang terbesar adalah metode AHP. Sedangkan sebaran terbesar dari zonasi tinggi rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara berada di Kecamatan Pandanarum, Kalibening, Wanayasa, dan Batur.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari uraian yang disampaikan dalam makalah ini, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pemetaan zonasi rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara dengan membandingkan dua metode yaitu metode pembobotan berdasarkan Katalog Bencana dan AHP memberikan perbedaan urutan nilai bobot parameter dari yang tertinggi ke terendah yaitu parameter ketinggian, geologi, curah hujan, dan penggunaan lahan untuk metode Katalog Bencana dan parameter ketinggian, curah hujan, geologi dan penggunaan lahan untuk metode AHP.
2. Dari hasil peta zonasi kerawanan bencana tanah longsor Kabupaten Banjarnegara dapat disimpulkan penggunaan metode AHP lebih baik tingkat kesesuaiannya dibandingkan dengan metode Katalog Bencana, yaitu sebesar 21,19% untuk kelas tinggi. Kemudian sebaran daerah yang terindikasi rawan bencana tanah longsor yaitu di Kecamatan Pandanarum, Kalibening, Winayasa, dan Batur.

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini yaitu ;

1. Perlunya membandingkan metode lain dalam hal pembobotan agar diketahui metode yang tepat untuk memodelkan zonasi rawan bencana tanah longsor di Kabupaten Banjarnegara
2. Perlunya diseminasi hasil-hasil penelitian tentang kerawanan bencana untuk dapat dijadikan acuan dalam melakukan mitigasi bencana.
3. Perlunya keterbaruan data dan ketelitian data sehingga model yang dibangun lebih baik dan memberikan hasil yang merepresentasikan kondisi aktual di lapangan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada anggaran DIPA Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dalam penelitian ini dan ESRI Indonesia yang telah memberikan license ArcGIS Desktop untuk pengolahan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Aditya, T. 2010. Visualisasi Risiko Bencana di Atas Peta. Yogyakarta: Fakultas Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada.

BPBD Banjarnegara. 2014. Data Bencana Longsor. http://www.beritasatu.com/nasional/232982-bpbd-25-lokasi-di-banjarnegara-rawan-longsor.html

Bradbury, P.A., N.J. Lea, P. Bulton. 1993. Estimating Catchment Sediment Yield: Development of GIS-Based Calsite Model. HR. Wallingford. England

BNPB. 2012. Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. Jakarta. BNPB.

Dibyosaputro,S. 1992. Longsor lahan Di Daerah Kecamatan Kokap Kabuupaten Kulonprogo. Daerah Iatimewa Yogyakarta. Yogyakarta : Fakultas Geografi UGM.

Effendi, Ahmad Danil. 2008. Identifikasi Kejadian Longsor dan Penentuan Faktor- Faktor Utama Penyebabnya Di Kecamatan Babakan Madang Kabupaten Bogor. Bogor : Departemen Manajemen Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.

Munir, Moch.2006.Geologi Lingkungan. Malang : Bayumedia Publishing.

Paripurno, E.T., Theml, Sven., Darsoatmodjo, Nurwadjedi, Tohari, Santoso, Pawitan, Rehmann, Kuntjoro GP, Syamsudin, J., Suryadi, I., Vatvani, D., Marchand, M., Jansen, D., Waryono, D., Solichin, Adiningsih, S.E., Radjab, F.A, Amhar, F., Darmawan, M., 2006. Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS. Banda Aceh : Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias.

Saaty, Thomas L. 1993. *Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, Proses Hirarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks*. Jakarta: PT Pustaka Binaman Pressindo.

Analisis Fluktuasi Produksi Padi Akibat Kekeringan dan Banjir di Kabupaten Demak

Hani'ah[a], Arief Laila Nugraha[b], Adhelina Rinta Iswari[c]

[a,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (haniahhanik@yahoo.com)
[b,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (arief_ln@yahoo.com)
[c,] Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro (adhelinarinta@gmail.com)

ABSTRACT

Every years, dry season caused drought in most of Demak Regency region, it cause some of well lack of water supply and causing rice fileds dried or failed to harvest. Rainy season causing over of water supply that can't accommodate in the river so it causing flood and affected to rice fields in Demak Regency. Analysis of paddy production on this research's done by mapping the harvest season of rice fields then combined with drought and flood map. Paddy fields map processed using remote sensing data, drought and flood map refers to methodology geo-hazard catalog GIS based. This research results rice fields map affected by drought and flood which classed into three level, low, medium and high. Rice fields that affected by high level of drought and flood assumed as crop failure. On 2014, there were 50989.982 hectares rice fields was mapped and 1903.479 hectares or 3.733% was failed to harvest caused by drought, and 1190.494 hectares or 2.344% was failed to harvest caused by flood. On 2015, there were 50979.423 hectares rice fields was mapped and 4670.713 hectares or 9.161% was failed to harvest caused by drought and 152.008 hectares or 0.298% was failed to harvest caused by flood.

Keywords : *Demak Regency, Drought, Flood, Fluctuative paddy production, Rice Fields.*

Pendahuluan

Latar Belakang

Kabupaten Demak merupakan salah satu kabupaten yang manjadi penyangga pangan nasional. Luas panen bersih tanaman padi pada tahun 2014 seluas 96.675 hektar, jika dibandingkan di tahun 2013 turun 3,91%. Produksi padi pada tahun 2014 mancapai 567.745 ton gabah kering giling (GKG) mengalami penurunan sebesar 3,13%. Produktivitas padi pada tahun 2014 sebesar 58,73 kw/ha naik sebesar 0,81% jika dibandingkan pada tahun 2013 yang mencapai 58,25 kw/ha. Secara umum luas panen menurun, namun produktivitas mengalami kenaikian (demakkab.go.id., 2015). Penurunan produksi padi di Kabupaten Demak ini diantaranya disebabkan oleh adanya pengaruh beberapa bencana, yaitu kekeringan dan banjir di beberapa wilayahnya. Menurut Suciantini (2015), terdapat hubungan yang cukup erat antara keanekargaman hayati dengan curah hujan, jika hujan tersedia lebih banyak, maka akan lebih banyak lagi tanaman yang dapat ditimbulkan, atau areal tanam yang dapat diperluas.

Faktor musim kemarau menyebabkan kekeringan melanda hampir semua wilayah Kabupaten Demak, hal ini menyebabkan embung dan sumur kekurangan pasokan air bahkan mengering sehingga menyebabkan beberapa lahan pertanian kekurangan pasokan air dan gagal panen. Faktor musim penghujan menyebabkan berlebihnya pasokan air yang harus ditampung oleh sungai ataupun embung sehingga menyebabkan banjir dan berimbas pada lahan pertanian atau persawahan di Kabupaten Demak.

Untuk mengetahui fluktuasi produksi padi, salah satunya dapat dilakukan dengan cara pemetaan. Pemetaan merupakan suatu usaha untuk menggambarkan dan memvisualisasikan suatu keadaan agar terlihat lebih jelas dan memberikan informasi. Pemetaan dapat dilakukan menggunakan metode-metode tertentu, diantaranya dengan sistem informasi geografis dan penginderaan jauh. Beberapa metode yang telah dilakukan untuk pemetaan lahan sawah yaitu : metode interpretasi visual, metode klasifikasi digital yang meliputi klasifikasi *pixel base* dan klasifikasi obyek *base*/segmentasi yang dikombinasi degan interpretasi visual (Parsa, 2014). Salah satu aplikasi pemetaan lahan persawahan adalah pemetaan wilayah persawahan dengan beberapa ancaman bencana. Hal ini dapat membantu dinas atau instansi terkait untuk

membuat pemetaan mitigasi bencana dan mengetahui penyebab dan besar fluktuasi produksi padi agar kedepannya instansi terkait dapat lebih tanggap dalam menghadapi keadaan tersebut.

Berdasarkan penjelasan diatas, penelitian ini dilakukan dengan cara pemetaan sawah musim panen berdasar metode *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), pemetaan lahan ancaman kekeringan dan banjir berdasarkan katalog metodologi penyusunan peta *geo-hazard* dengan GIS pada setiap musim panen raya padi pada tahun 2014 dan 2015. Pada penelitian ini dilakukan *overlay* antara peta sawah musim panen dan peta ancaman bencana dengan tujuan untuk memetakan luas sawah musim panen yang terdampak bencana agar dapat dihitung produksi padi akibat pengaruh bencana kekeringan dan banjir di Kabupaten Demak.

Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

3. Bagaimana cara melakukan pemetaan daerah persawahan yang terdampak bencana kekeringan dan banjir menggunakan data penginderaan jauh?
4. Bagaimana analisis fluktuasi produksi padi akibat pengaruh bencana kekeringan dan banjir di Kabupaten Demak?

Maksud dan Tujuan

Adapun maksud dan tujuan penelitian ini adalah :

4. Untuk melakukan pemetaan lahan pertanian yang terdampak kekeringan dan banjir di Kabupaten Demak.
5. Untuk mengetahui fluktuasi produksi padi akibat bencana kekeringan dan banjir di Kabupaten Demak.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membantu dinas atau instansi terkait dalam pemetaan mitigasi bencana dan mengetahui besar fluktuasi produksi padi agar kedepannya instansi terkait dapat lebih tanggap dalam menghadapi ancaman bencana.

Metodologi

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

3. *Laptop*, spesifikasi sebagai berikut :
   Merk dagang : Lenovo G400
   Processor : Intel(R) *Pentium*(R) CPU 2020M @2.40Ghz
   RAM : 2.00 GB
   Sistem Operasi : Microsoft *Windows 7 Ultimate*
4. Perangkat Lunak *(Software)*:
   d. *Microsoft office 2010*, digunakan untuk penyusunan laporan.
   e. *Software ArcGIS 10.4*, digunakan dalam proses skoring, pembobotan dan pembuatan *layout* peta
   f. *Software ENVI 4.8*, digunakan dalam semua pemrosesan data citra satelit Landsat 8.

Pengumpulan Data

7. Citra Satelit Landsat 8 akuisisi tahun 2014 dan 2015
8. Data Statistik hasil pertanian padi Kabupaten Demak tahun 2014 dan 2015
9. Peta administrasi Kabupaten Demak yang didapat dari BAPPEDA kabupaten Demak
10. Data curah hujan Kabupaten Demak yang didapat dari Dinas Pekerjaan Umum Perumahan Pertambangan dan Energi Kabupaten Demak tahun 2014 dan 2015
11. Data tutupan lahan yang didapat dari Bappeda Demak
12. Data jenis tanah yang didapat dari Bappeda Demak
13. Data ketinggian Kabupaten Demak yang didapat dari ekstraksi DEM SRTM
14. Data zonasi banjir yang diperoleh dari kantor kecamatan di Kabupaten Demak
15. Data populasi Kabupaten Demak yang didapat dari Badan Pusat Statistik

Pemetaan Sawah Musim Panen

Untuk mengetahui lahan sawah panen setiap musim perlu diperhatikan perubahan naik turunnya nilai digital pada setiap citra dengan akuisisi berikutnya. Menurut I Made Parsa, nilai NDVI pada areal persawahan akan mengikuti perubahan fase (bera, air dan vegetasi), dimana pada fase air nilai NDVI akan sangat rendah (sampai -0, 228), pada fase bera akan rendah, pada fase vegetatif berkisar rendah sampai tinggi (0,3 sampai 0,811).

Pada musim panen, nilai NDVI akan kembali turun dikarenakan menurunnya warna hijau pada daun, batang dan padi sehingga penyerapan gelombang *infrared* juga akan menurun. Nilai NDVI yang digunakan untuk memetakan lahan sawah pada penelitian ini menggunakan rentang

0,1 hingga 0,2999 dimana akuisisi citra yang digunakan adalah citra yang nilai NDVInya telah mengalami penurunan grafik setelah fase vegetatif atau disebut sebagai citra musim panen.

Pemetaan Ancaman Bencana Kekeringan dan Banjir

Pembuatan peta ancaman bencana kekeringan dan banjir dilakukan pada *software* ArcGIS 10.4 dengan metode *overlay* tiap-tiap parameter. Terdapat empat parameter untuk membuat peta ancaman bencana kekeringan, yaitu parameter NDVI, curah hujan bulanan, tata guna lahan dan jenis tanah. Untuk parameter bencana banjir yaitu data ketinggian, curah hujan bulanan, tata guna lahan dan zona banjir dengan skor dan bobot masing-masing.

Tabel 1. Kriteria Penentuan Bahaya Kekeringan

Skor / Parameter	NDVI	Curah Hujan (mm/bulan)	Tata Guna Lahan	Jenis Lahan
Skor = 1	> 0,55	> 250	Pemukiman	Tanah Mineral dan Tanah Kering
Skor = 2	0,46 - 0,55	210 – 250	Sawah	-
Skor = 3	0,36 - 0,45	151 – 200	Palawija	-
Skor = 4	0,26 - 0,35	101 – 150	Perkebunan	-
Skor = 5	0,16 - 0,25	51 – 100	Hutan	-
Skor = 6	0,06 - 0,15	0 - 50	Rawa, Semak	Tanah Gambut dan lahan Basah
Bobot	**0,35**	**0,35**	**0,15**	**0,15**

Tabel 2. Kriteria Penentuan Bahaya Banjir

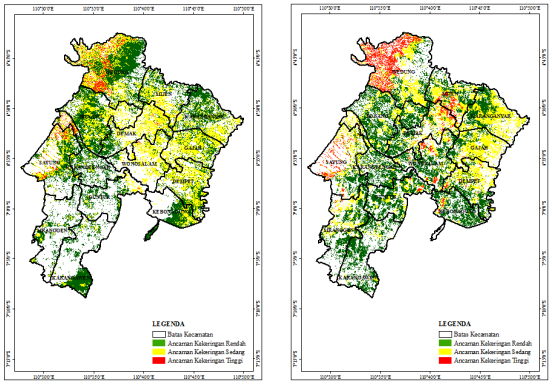
Skor / Parameter	Ketinggian	Curah Hujan (mm/bulan)	Tata Guna Lahan	Zona Banjir
Skor = 1	> 200	100 – 200	Tanah Berbatu, Hutan, Rumput, Belukar	Tidak Banjir
Skor = 2	100 - 200	200 – 300	Tanah Ladang	
Skor = 3	50-100	300 – 400	Kebun	
Skor = 4	10 – 50	400 - 500	Sawah, Sawah tadah hujan	
Skor = 5	< 10	> 500	Pemukiman, Gedung	Banjir
Bobot	**0,25**	**0,25**	**0,25**	**0,25**

Hasil dan Pembahasan

4. Hasil Pemetaan Sawah Terdampak Bencana

a. Hasil Pemetaan Sawah Terdampak Bencana Kekeringan

Dari penggabungan hasil skoring dan pembobotan empat parameter ancaman kekeringan, yaitu *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), data curah hujan bulanan, tata guna lahan dan jenis tanah menggunakan metode *union* pada ArcGIS, maka didapat hasil pemetaan ancaman bencana

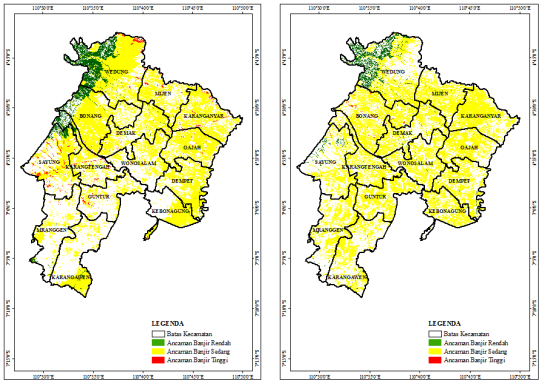


kekeringan pada lahan sawah musim panen raya pada tahun 2014 dan 2015 adalah seperti berikut :

Gambar 1. Sawah terdampak kekeringan (a) 2014 (b) 2015

b. Hasil Pemetaan Sawah Terdampak Bencana Banjir

Dari penggabungan hasil skoring dan pembobotan empat parameter ancaman kekeringan, yaitu ketinggian, curah hujan bulanan, tata guna lahan dan zona banjir menggunakan metode *union* pada ArcGIS, maka didapat hasil pemetaan ancaman bencana banjir pada lahan sawah musim panen raya pada tahun 2014 dan 2015 adalah seperti berikut :



Gambar 2. Sawah terdampak banjir (a) 2014 (b) 2015

5. Analisis Produksi Padi

Perhitungan produksi padi di Kabupaten Demak ini dilakukan dengan cara mengalikan luas sawah panen dengan produktivitas setiap musim panen di setiap kecamatan, berikut adalah hasil produksi padi Kabupaten Demak tahun 2014, 2015 dengan memperhitungkan ancaman bencana yang ada, pada ancaman bencana kelas tinggi diasumsikan sebagai lahan sawah yang mengalami gagal panen :

a. Produksi Padi Akibat Pengaruh Kekeringan

Berikut adalah produksi padi akibat pengaruh kekeringan pada tahun 2014 dan 2015 :

Tabel 3. Produksi Padi Akibat Pengaruh Kekeringan 2014

No	Kecamatan	Luas Sawah (ha)	Produksi Padi (Kuintal)
1	Bonang	6.019,686	363.589,037
2	Demak	3.448,759	224.721,123
3	Dempet	3.759,088	252.911,447
4	Gajah	3.601,024	236.407,237
5	Guntur	1.756,085	112.916,254
6	Karanganyar	4.324,056	284.436,429
7	Karangawen	2.637,959	97.868,261
8	Karangtengah	2.350,087	150.288,068
9	Kebonagung	2.076,267	123.309,475
10	Mijen	2.974,021	148.195,449
11	Mranggen	1.665,734	60.832,591
12	Sayung	3.509,245	129.947,332
13	Wedung	8.512,656	478.155,896
14	Wonosalam	2.451,836	146.301,082
		Jumlah Total	2.809.879,681

Tabel 4. Produksi Padi Akibat Pengaruh Kekeringan 2015

No	Kecamatan	Luas Sawah (ha)	Produksi Padi (Kuintal)
1	Bonang	5.269,267	377.806,462
2	Demak	3.064,177	243.203,766
3	Dempet	3.309,959	260.394,461
4	Gajah	3.231,481	241.133,102
5	Guntur	3.290,674	243.937,678
6	Karanganyar	4.487,074	330.517,853
7	Karangawen	3.237,108	258.094,590
8	Karangtengah	2.775,493	206.302,415
9	Kebonagung	2.291,579	181.447,238
10	Mijen	2.901,202	230.848,660
11	Mranggen	3.164,030	237.302,283
12	Sayung	2.389,554	155.320,996
13	Wedung	3.801,107	289.378,272
14	Wonosalam	3.096,004	233.748,268
		Jumlah Total	3.489.436,044

b. Produksi Padi Akibat Pengaruh Banjir

Berikut adalah produksi padi akibat pengaruh banjir pada tahun 2014 dan 2015 :

Tabel 5. Produksi Padi Akibat Pengaruh Banjir 2014

No	Kecamatan	Luas Sawah (ha)	Produksi Padi (Kuintal)
1	Bonang	6.010,483	363.033,175
2	Demak	3.467,585	225.947,834
3	Dempet	3.760,549	253.009,753
4	Gajah	3.551,623	233.164,072
5	Guntur	1.704,313	109.587,331
6	Karanganyar	4.187,33	275.442,597
7	Karangawen	2.636,613	97.818,339
8	Karangtengah	2.411,659	154.225,593
9	Kebonagung	2.071,268	123.012,630
10	Mijen	2.917,794	145.393,676
11	Mranggen	1.654,977	60.439,766
12	Sayung	3.465,823	128.339,426
13	Wedung	9.489,83	533.043,742

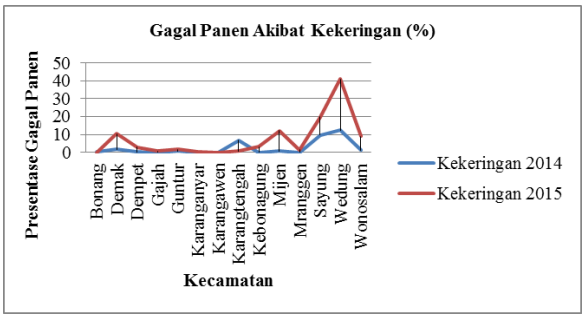
14	Wonosalam	2.468,477	147.294,000
		JumlahTotal	2.849.751,931

Tabel 6. Produksi Padi Akibat Pengaruh Banjir 2015

No	Kecamatan	Luas Sawah (ha)	Produksi Padi (Kuintal)
1	Bonang	5.169,518	370.654,418
2	Demak	3.415,369	271.077,827
3	Dempet	3.411,622	268.392,306
4	Gajah	3.257,447	243.070,683
5	Guntur	3.351,495	248.446,324
6	Karanganyar	4.500,063	331.474,669
7	Karangawen	3.237,564	258.131,017
8	Karangtengah	2.788,018	207.233,363
9	Kebonagung	2.367,812	187.483,350
10	Mijen	3.304,926	262.972,970
11	Mranggen	3.214,282	241.071,143
12	Sayung	2.964,314	192.680,417
13	Wedung	6.438,64	490.173,674
14	Wonosalam	3.405,286	257.099,094
		Jumlah Total	3.829.961,254

6. Tingkat Fluktuasi Gagal Panen Padi Kabupaten Demak
   a. Gagal Panen Akibat Kekeringan

Berikut adalah grafik fluktuasi presentase lahan sawah gagal panen padi akibat pengaruh kekeringan :

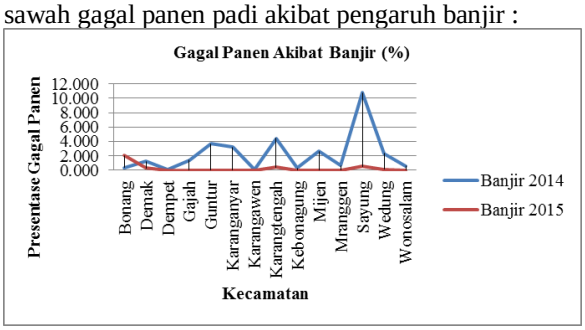


Gambar 3. Grafik Presentase Gagal Panen Akibat Kekeringan

Pada tahun 2014, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.989,982 hektar, sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat kekeringan yaitu seluas 1.903,479 hektar atau sebesar 3,733% lahan sawah di Kabupaten Demak mengalami gagal panen. Pada tahun 2015, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.979,423 hektar, sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat kekeringan yaitu seluas 4.670,713 hektar atau sebesar 9,161% lahan sawah di Kabupaten Demak mengalami gagal panen.

   b. Gagal Panen Akibat Banjir

Berikut adalah grafik fluktuasi presentase lahan sawah gagal panen padi akibat pengaruh banjir :



Gambar 4. Grafik Presentase Gagal Panen Akibat Banjir

Pada tahun 2014, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.989,982 hektar, sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat banjir yaitu seluas 1.190,494 hektar atau sebesar 2,334% lahan sawah di Kabupaten Demak mengalami gagal panen. Pada tahun 2015, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.979,423 hektar, sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat banjir yaitu seluas 152,008 hektar atau sebesar 0,298% lahan sawah di Kabupaten Demak mengalami gagal panen.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

3. Pemetaan sawah pada penelitian ini digunakan metode NDVI, yaitu dilakukan pemisahan wilayah sawah dengan non sawah, kemudian diteliti grafik naik turunnya spektrum kehijauan pada hasil NDVI. Rentang *digital number* yang digunakan yaitu 0,1 hingga 0,2999 dimana citra yang dipilih adalah citra yang telah melalui penurunan indeks dari masa

padi vegetasi. Kemudian hasil tersebut dilakukan *overlay* dengan peta ancaman kekeringan dan banjir yang diolah berdasarkan Katalog Metodologi Penyusunan Peta Geo Hazard dengan SIG. Hasil pengolahan lahan sawah panen pada tahun 2014 seluas 50.989,982 hektar dan pada tahun 2015 seluas 50.979,423 hektar.

4. Pada tahun 2014, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.989,982 hektar dan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat kekeringan yaitu seluas 1.903,479 hektar atau sebesar 3,733% , sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat banjir yaitu seluas 1.190,494 hektar atau sebesar 2,334%. Pada tahun 2015, lahan sawah musim panen Kabupaten Demak yang terpetakan adalah seluas 50.979,423 hektar dan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat kekeringan yaitu seluas 4.670,713 hektar atau sebesar 9,161%, sedangkan lahan sawah yang mengalami gagal panen akibat banjir yaitu seluas 152,008 hektar atau sebesar 0,298% .

Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan penelitian ini yaitu ;

4. Sebelum melakukan penelitian, hendaknya mencari literatur yang memadai guna mendukung kelancaran penelitian
5. Hendaknya melakukan pengecekkan ketersediaan data sebelum melakukan penelitian
6. Akan lebih baik jika menggunakan data terbaru agar hasil yang didapat lebih memuaskan
7. Titik sampel uji akurasi diharapkan lebih banyak agar uji akurasi lebih akurat.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada anggaran DIPA Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dalam penelitian ini dan ESRI Indonesia yang telah memberikan license ArcGIS Desktop untuk pengolahan data dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2011. *Pembobotan*. Bogor : Departemen Konservasi Sumberdaya Hutan dan Ekowisata Fakultas Kehutanan IPB.

Anonim. 2014. *Pengertian Sawah dan Macam-Macam Sawah.* http://www.artikelsiana.com/2014/11/pengertian-sawah-macam-macam-sawah.html. Diakses pada 10 Maret 2016.

Anonim. 2015. *Profil Sektor Tanaman Pangan Kabupaten Demak*. http://demakkab.go.id/?page_id=336. Diakses pada 7 Maret 2016.

Aris, Tomi. 2014. Spesifikasi dan Sensor Satelit Lansat 8, http://www.academia.edu/9884177/Makalah_Spesifikasi_Satelit_Lansat_8. Diunduh pada 20 Agustus 2015.

Darmawan, M dan S. Theml. 2008. *Katalog Methodologi Penyusunan Peta Geo Hazard Dengan GIS.* Badan Rehabilitasi dan Rekonstruksi (BRR) NAD-Nias : Banda Aceh.

Khairullah. 2009. *Pengertian Kekeringan dan Langkah-Langkah Mengantisipsinya. http://ustadzklimat.blogspot.co.id/2009/04/pengertian-kekeringan-dan-langkah.html*. Diakses pada 7 Maret 2016.

Parsa, I Made. 2014. *Studi Komparasi Beberapa Teknik Analisis Citra Landsat Multiwaktu untuk Pemetaan Lahan Sawah (Studi Kasus Tanggamus Lampung)*. Pusat Penginderaan Jauh, Lapan.

Parsa, I Made. 2014. *Jurnal : Ujicoba Model Pemetaan Lahan Sawah Berbasis Perubahan Penutup Lahan Citra Landsat Mosaik Tahunan di Jawa Barat.* Pusat Penginderaan Jauh, Lapan.

Republik Indonesia. 2007. *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana*. Lembaran Negara Republik Indonesia tahun 2007 Nomor 66. Sekretariat Negara. Jakarta.

Republik Indonesia. 2008. *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2008 tentang Penyelenggaraan Penanggulangan Bencana*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 42. Sekretariat Negara RI. Jakarta.

Ristya, Wika. 2012. Kerentanan Wilayah Terhadap Banjir di Sebagian Cekungan Bandung.Tugas Akhir Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Geografi Universitas Indonesia : Jakarta.

Suciantini. 2015. *Jurnal : Interaksi Iklim (Curah Hujan) Terhadap Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pacitan.* Balai

Penelitian Agroklimat dan Hidrologi, Balitbang Kementan : Kota Bogor.

Sudijono, Anas. 2007. *Pengantar Statistik Pendidikan.* Jakarta : Radjawali Pers.

Sumarno. 2006. *Periodisasi Musim Tanam Padi Sebagai Landasan Manajemen Produksi Beras Nasional*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (Balitbangtan).

Aplikasi Mobil 3D Laser Scaner untuk Pekerjaan Survei Pertambangan Terbuka

Samantha Dwi Parana

Divisi Survei PT. Asaba

ABSTRAK

Teknologi alat survey pemetaan saat ini telah berkembang dengan pesat. Hal ini bertujuan untuk menjawab tuntutan pekerjaan survey pemetaan dengan cepat dan akurat. Terutama dibidang pertambangan, pengambilan data survey dengan cepat dan akurat sangat diperlukan. Keberadaan alat *laser scanner* sangat membantu surveyor dalam pekerjaan pengambilan data survei. Penggunaan alat *3D laser scanner* dibidang pertambangan tidak hanya cepat dan akurat, juga memberikan keamanan surveyor saat melakukan pekerjaan survey pemetaan. Akan tetapi saat ini masi dirasa kurang efektif dikarenakan perkembangan luas area dan cepatnya perubahan situasi tambang. Pengunaan alat *3D laser scanner* menggunakan tripod masih dirasa kurang efektif karena membutuhkan waktu untuk pemasangan dan setering tripod. Untuk manjawab permasalahan tersebut, saat ini alat *3D laser scanner* dapat dipasang diatas mobil dan digabungkan dengan *Inertial Navigation System* (INS) dapat melakukan pengambilan data secara terus menerus dan secara otomatis memiliki data koordinat. Makalah ini bertujuan memperkenalkan sistem mobil 3D *laser scanner* untuk pekerjaan pengambilan data survei, khususnya dibidang pertambangan menggunakan 3D *laser scanner* yang biasa digunakan menggunakan tripod.

Kata kunci : survey tambang, Terrestrial Laser scanner, mobile scanning, INS, topografi

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Survei pemetaan saat ini berkembang dengan pesat. Berkembangnya survei pemetaan diiringi dengan meningkatnya teknologi survei pemetaan. Hal ini dikarenakan permintaan data survei pemetaan yang sangat banyak. Khususnya dibidang pertambangan batu bara, kebutuhan data survei pemetaan sangat diperlukan. Dalam bidang pertambangan, pekerjaan survei pemetaan ada beberapa bagian yaitu, eksplorasi, eksploitasi dan reklamasi.

Kegiatan survei pemetaan dibidang pertambangan, untuk bagian eksploitasi terdapat beberapa pekerjaan survei seperti, pengukuran topografi, pengukuran volume stockpile dan pemasangan patok desain tambang. Seiring dengan semakin besarnya kegiatan eksploitasi tambang, maka luas area tambang akan semakin besar dan kegiaan produksi pertambangan pun meningkat. Untuk pekerjaan pengukuran topografi dan pengukuran stockpile pun semakin banyak. Saat ini pengukuran topografi dan pengukuran volume stockpile masih menggunakan metode yang konvesional yaitu, total station dan GNNS dengan menggunakan metode *Real Time Kinematik* (RTK). Penggunaan dua alat tersebut masih dirasa kurang efektif karena data yang dihasilkan belum dapat mewakili secara baik dan memerlukan waktu yang lebih lama. Untuk menjawab tantangan tersebut, penggunaan teknologi *laser scanner* sangat membantu dalam pekerjaan surveyor untuk menghasilkan data yang lebih akurat dan cepat.

Terrestrial laser scanner (TLS) merupakan salah satu teknologi *laser scanner*. Prinsip kerja TLS adalah perekaman secara otomatis data horizontal,

vertikal dan juga jarak TLS terhadap obyek yang direkam. Data hasil pengukuran TLS ditransformasikan ke dalam sistem koordinat 3 dimensi, sehingga data tersebut terbentuk sama seperti obyek terekam yang terdiri dari kumpulan titik – titik tersebut (Reddington, 2005). Jumlah titik yang dihasilkan TLS hingga ribuan titik per detik. Kumpulan titik – titik tersebut disebut dengan *points cloud*.

Untuk mendapatkan data yang baik, TLS harus berdiri dibeberapa tempat dari obyek yang akan direkam. Data yang dihasilkan terekam dalam sistem koordinat yang berbeda. Proses penggabungan data ke dalam sistem koordinat yang sama disebut dengan registrasi data.

Seiring dengan perkembangan teknologi saat ini, TLS tidak hanya dapat digunakan menggunakan tripod melainkan dapat digunakan diatas mobil dan melakukan perekaman secara terus menerus. Sistem ini disebut dengan mobil 3D *laser scanner*, dimana TLS yang disingkronasi dengan data RTK GNSS mengelilingi obyek yang akan direkam tanpa harus berhenti.

I.2 Tujuan

Tujuan dari makalah ini adalah memperkenalkan alat *Teresitrial Laser Scanner* yang ditambahkan *Inertial Navigation System* (INS) mampu melakukan perekaman data secara terus menerus tanpa harus berhenti.

I.3 Batasan Masalah

Alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Terrestrial Laser Scanner* tipe I-Site 8820 yang diproduksi oleh MAPTEK dan obyek pengukuran adalah tambang batu bara terbuka.

I. PEMBAHASAN

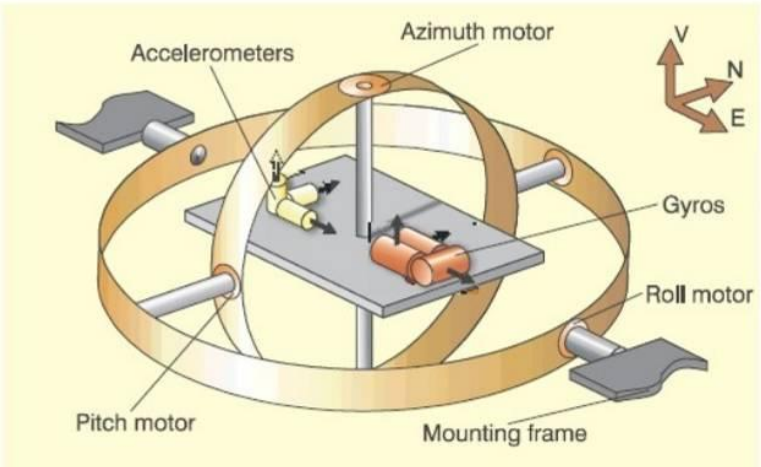
Dewasa ini pemanfaatan *terrestrial laser scanner* (TLS) sangat beragam, karena sifat kerja seperti penginderaan jauh, yaitu tanpa harus bersentuhan langsung dengan obyeknya. Aplikasi pekerjaan yang diperoleh menggunakan TLS sangat banyak, mulai dari perekaman obyek bangunan secara 3 dimensi, pengamatan permukaan tebing, pengukuran topografi, survey untuk perhitungan galian dan timbunan hasil pertambangan, hingga pemodelan 3 dimensi pabrik dan konstruksi rig untuk pekerjaan dibidang migas.

Alat *terrestrial laser scanner* yang diproduksi oleh MAPTEK yaitu tipe I-Site 8820, didesain khusus untuk area pertambangan dengan kondisi yang cukup ekstrim. Maptek I-Site 8820 tidak terkendala dikondisi panas maupun hujan, berkat perlindungan IP 65 alat ini dapat bertahan dikondisi hujan. Alat ini tidak hanya dapat digunakan dengan tripod melainkan I-Site 8820 yang diaplikasikan diatas mobil dapat melakukan perekaman data secara terus menerus disekitar obyek yang direkam tanpa berhenti. Sistem ini disebut dengan Sistem mobil *terrestrial laser scanner*. Hal ini memungkinkan karena mobil yang telah dimodifikasi untuk penempatan TLS dan dipasangkan system *Inertial Navigation System* (INS). Penggunaan INS memungkinkan untuk melakukan perekaman data secara terus menerus tanpa berhenti dan data langsung teregister kedalam koordinat sebenarnya. Untuk mendapatkan koordinat yang sebenarnya, INS juga dikoneksikan dengan data RTK dari GNSS.



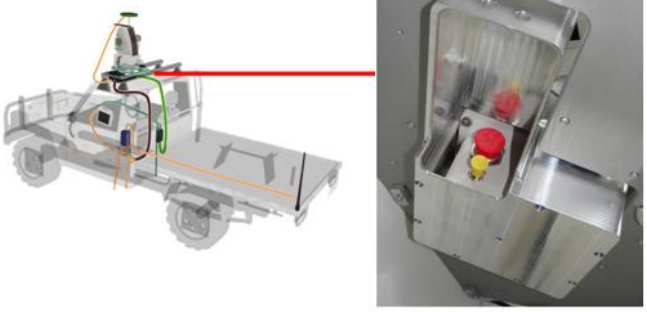
Gambar Sistem mobil 3D laser scanner

Inertial Navigation System atau sering disebut INS adalah alat perpaduan dari sensor komputer, sensor gerak (*accelerometer*) dan sensor rotasi (*gyroscopes*) untuk menghitung posisi. INS biasanya digunakan pada pesawat dan kapal laut.



Gambar komponen *Inertial Navigation System*

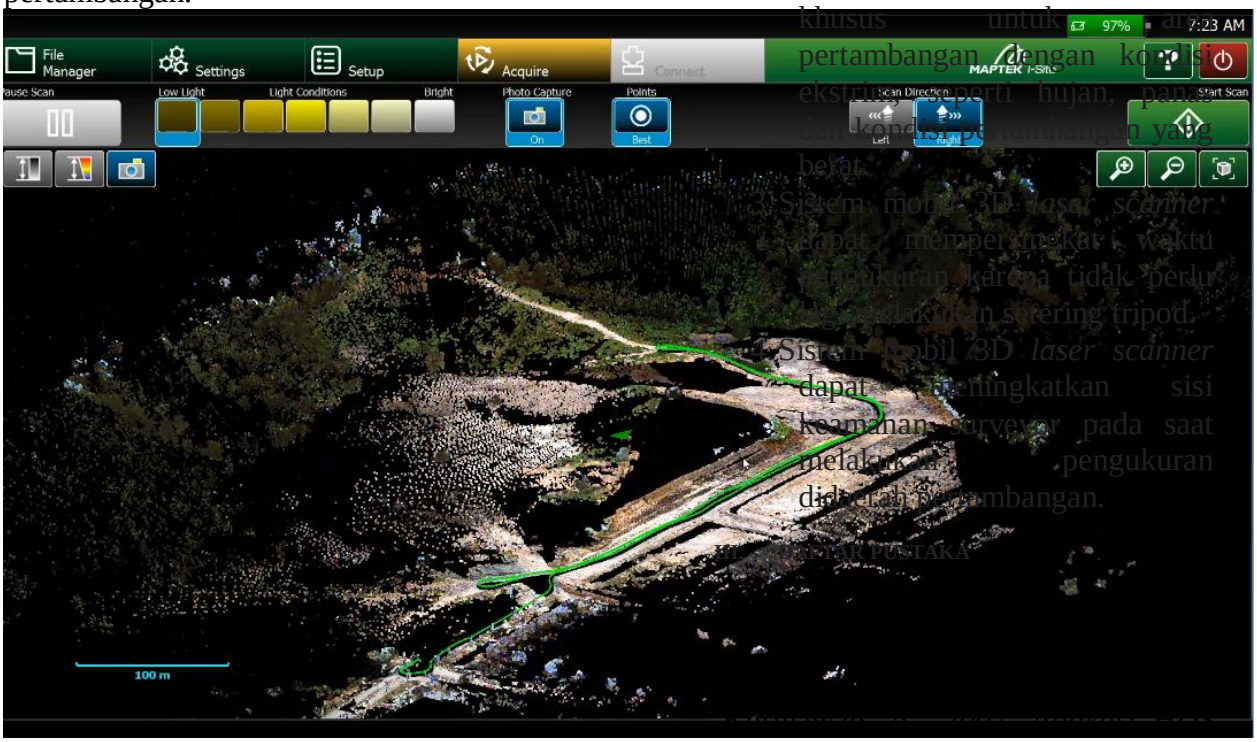
Cara pemasangan *terrestrial laser scanner* (TLS) untuk system mobil 3D *laser scanner* adalah, alat TLS yang sama digunakan menggunkan tripod dipasang diatas mobil menggunakan *veheicle mount* yang terdapat INS (*Inertial Navigation System*). *Veheicle mount* tersebut didesain khusus oleh maptek agar dapat meredam guncangan saat melakukan pengukuran. Setelah TLS dipasang, antenna GNSS diapasang diatas scanner dan dihubungkan ke unit INS yang ada pada *veheicle mount*.



Gambar INS pada *veheicle mount*

Cara kerjanya adalah, pertama melakukan seting base RTK GNSS di titik yang diketahui koordinatnya. Data koreksi dari base tersebut yang nantinya akan diterima olehh rover RTK GNSS yang berada diatas TLS via sinyal radio. Setelahh itu seting TLS diatas mobil pada *veheicle mount* yang telah didesain khusus untuk sistem mobil 3D *laser scanner*. *Veheicle mount* adalah dudukan TLS maptek diatas mobil. *Veheicle mount* tersebut didesain sedimikian rupa untuk meredam guncangan yang akan diterima oleh TLS saat mobil berjalan. Setelah TLS dipasang, barulah memasang antenna *rover* GNSS di atas TLS, digunakan sebagai rover RTK GNSS. Rover ini akan menerima data koreksi RTK dari *base* RTK dan diteruskan ke INS yang terpasang pada *veheicle mount* menggunkan kabel. Data TLS akan digabungkan dengan data RTK yang diterima oleh rover sehingga data yang dihasilkan sudah berada pada system koordinat sebenarnya (bukan koordinat lokal *scanner*) tanpa melakukan proses registrasi data. setelah semuanya siap, tinggal menghubungkan controller 3D *laser scanner* ke INS menggunakan kabel

Ethernet. Pada *controller* tersebut akan muncul informasi 3D *laser scanner* dan informasi antena *rover* RTK. setelah semuanya sudah diseting, langsung start pada *controller* untuk memulai pengukuran. Surveyor hanya perlu memutari obyek yang akan direkam untuk mendapatkan datanya. Untuk mendapatkan data yang baik, mobil tidak boleh melaju dengan kecepatan tinggi, karena hal ini akan mempengaruhi kerapatan data yang akan dihasilkan. Dengan sistem mobil 3D *laser scanner* ini keamanan surveyor saat melakukan pengukuran akan lebih terjamin karena tidak memerlukan sentering alat di area yang tidak aman. Dan terlebih lagi alat TLS yang sama digunakan diatas tripod, dapat diadaptasikan menjadi sistem mobil 3D *laser scanner* untuk aplikasi pekerjaan survey di medan yang berat seperti pertambangan.



Gambar Tampilan *Controller* Maptek I-Site 8820

Saat ini produk *laser scanner* menggunakan mobil telah banyak bermunculan, akan tetapi tidak diaplikasikan untuk pekerjaan pertambangan atau medan yang berat. Untuk itu pemilihan alat 3D *laser scanner* jatuh ke Maptek I-Site 8820 karena alat 3D *laser scanner* ini didesain khusus untuk area pertambangan, dan selain diaplikasikan sebagai TLS biasa yang menggunakan tripod, alat ini juga dapat diaplikasikan menjadi mobil 3D *laser scanner*.

II. KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang saya lakukan dapat ditari beberapa kesimpulan antara lain sebagai berikut :

1. Penggunaan *Terrestrial Laser Scanner* Maptek I-Site 8820 saat ini tidak hanya dapat dilakukan menggunakan tripod, akan tetapi dapat digunakan diatas mobil dan perekaman data dapat dilakukan secara terus menerus, disebut dengan sistem mobil 3D *laser scanner*.
2. Maptek I-Site 8820 didesain khusus untuk area pertambangan dengan kondisi ekstrim seperti hujan, panas dan kondisi medan yang berat.
3. Sistem mobil 3D *laser scanner* dapat mempersingkat waktu pengukuran karena tidak perlu melakukan sentering tripod.
4. Sistem mobil 3D *laser scanner* dapat meningkatkan sisi keamanan surveyor pada saat melakukan pengukuran didaerah pertambangan.

DAFTAR PUSTAKA

3000 Laser Scaner Untuk Pemetaan Kerusakan Candi Brahma (metode registrasi kombinasi), *Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik,

Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Parana, S. D., 2012, *Analisis Ketelitian Hasil Registrasi data Pengukuran Terrestrial Laser ScannerMenggunakan Metode Multistation Adjusmen*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Reddington, J., 2005, *HDS training manual*, Leica Geosystem

Maptek. 2016. *maptek i-site drive*. **www.maptek.com**. di akses pada tanggal 07 oktober 2016.

https://id.wikipedia.org/wiki/Sistem_navigasi_Inertial di akses pada tanggal 10 oktober 2016

Implementasi Fit Untuk Tujuan di Indonesia

Dwi Budi Martono
Ketua Ikatan Surveyor Indonesia Komisariat
Jawa Timur

ABSTRAK

Berbisnis di Indonesia tidak begitu mudah. Berbagai bentuk perijinan harus di miliki terlebih dahulu. Perijinan ini diantaranya bertujuan untuk memberikan jaminan kepastian hak atas tanah, jaminan kebenaran pajak pertanahan serta jaminan suatu usaha dijalankan pada tata ruang yang benar.

Pemastian kepemilikan hak atas tanah, kebenaran pajak pertanahan dan pemastian tata ruang memerlukan kegiatan yang cukup rumit dan dilakukan oleh institusi Pemerintah yang berbeda. Ketiga kegiatan administrasi pertanahan ini memiliki tata kerja baku dan teliti yang cukup lama dan pada gilirannya menjadi mahal.

Ikatan Surveyor Indonesia (ISI) melihat kerumitan administrasi pertanahan di Indonesia disebabkan karena ketidaklengkapan data bidang tanah. Lebih dari 60% bidang tanah belum terdaftar dan tidak lebih dari 15% tanah terdaftar terpetakan dengan benar. Ketidaklengkapan data bidang tanah ini pada saat diperlukan harus dilengkapi melalui kegiatan di lapangan. Bisa dibayangkan apabila seluruh kegiatan administrasi pertanahan di semua instansi Pemerintah harus turun ke lapangan pada saat perijinan akan diterbitkan.

A. Kadaster Lengkap (KAKAP)

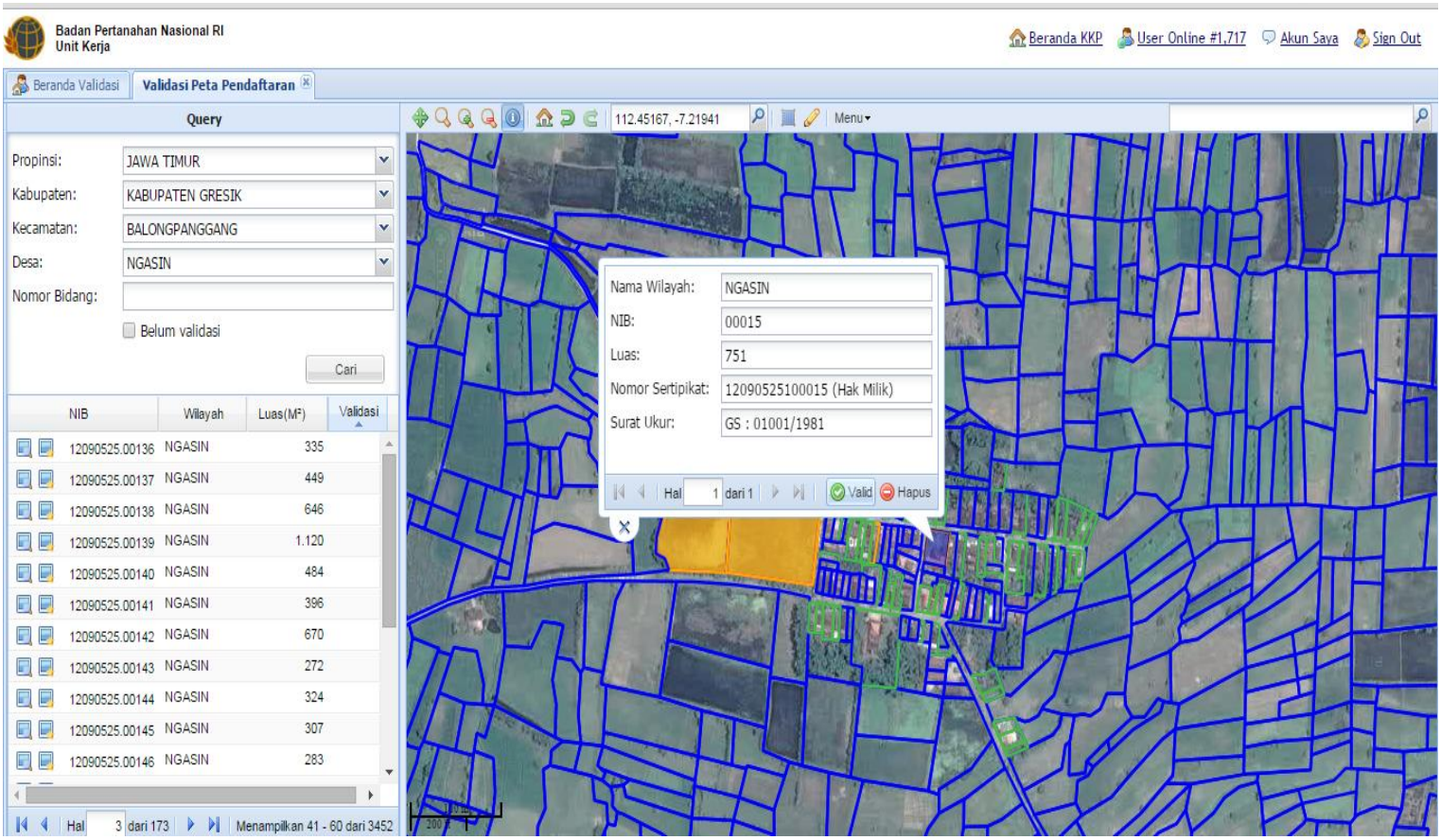
ISI Komisariat Wilayah Jawa Timur bekerja sama dengan Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik telah melakukan pemetaan bidang tanah secara lengkap yang disebut sebagai Kadaster Lengkap (KAKAP) di Desa Wotan Kecamatan Panceng. Kabupaten Gresik memiliki lebih dari 800 ribu bidang tanah dan baru terdaftar sampai hari ini 265.717 bidang. 73,53% dari bidang tanah terdaftar ini telah terpetakan. Desa Wotan merupakan salah satu desa dari 349 desa/kelurahan di Kabupaten Gresik. Memiliki 3.665 bidang tanah. 643 (17,54%) di antaranya terdaftar.

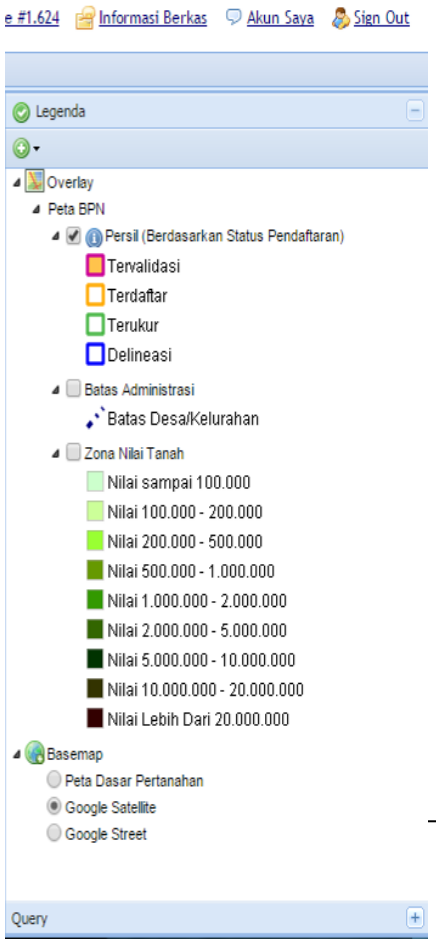
B. Tahapan Kegiatan

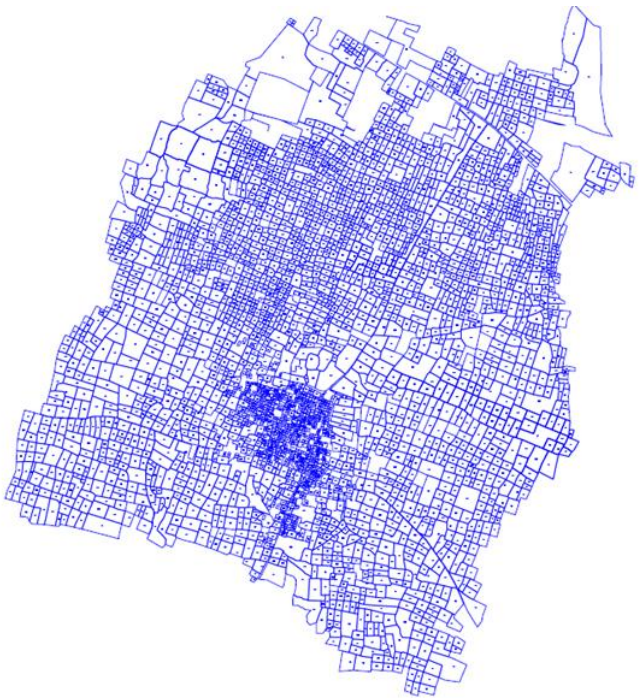
KAKAP dimulai dari penyediaan peta dasar pertanahan skala besar. Peta ini dibuat menggunakan citra resolusi tinggi yang dimiliki Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (ATR/BPN). Citra *quick bird* tahun 2008 yang meliputi seluruh Kabupaten Gresik kecuali Pulau Bawean selanjutnya di rektifikasi dengan menggunakan 71 *ground control points (gcp)* dan selanjutnya diuji ketelitiannya dengan menggunakan 39 *independent control points(icp)*. Pengukuran gcp/icp dilakukan dengan menggunakan alat ukur GPS geodetik dengan metode *relative positioning* dengan referensi titik dasar teknik orde 3 Kementerian ATR/BPN. Peta dasar hasil rektifikasi ini memiliki ketelitian 2,51 meter.

Berdasarkan peta dasar pertanahan terkoreksi seluruh bidang tanah terdaftar dipetakan (*graphical index mapping/GIM)*. Selanjutnya untuk bidang tanah yang belum terdaftar dilakukan delineasi dan seluruhnya diberikan nomor identifikasi bidang (NIB).

C. Hasil Kegiatan







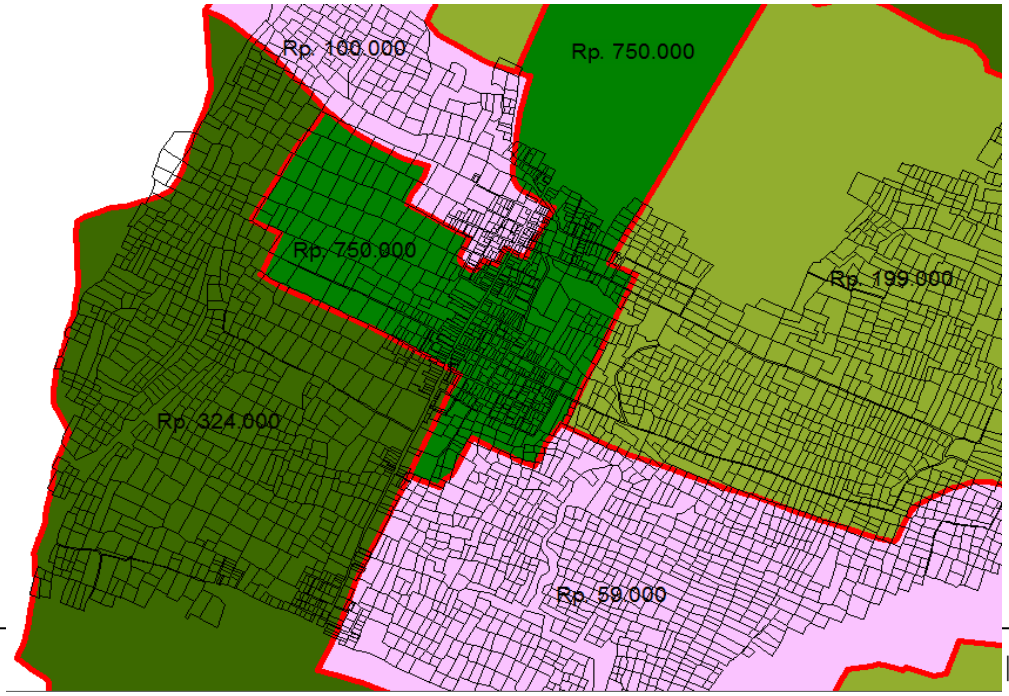
Luas : 489,48 Ha

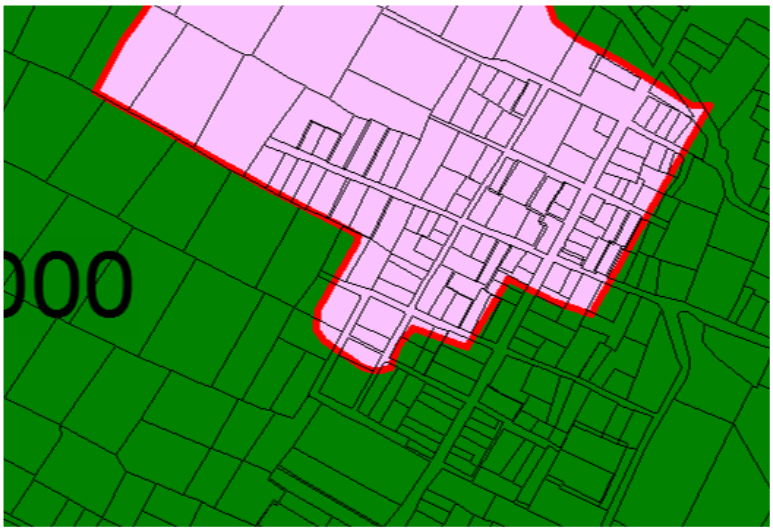
1. Jumlah Penduduk = 3018
2. Jumlah Bidang Tanah = 3665
   2.a Terdaftar
      2.a.1 Hak Milik = 385
      2.a.2 Hak Guna Usaha = 0
      2.a.3 Hak Guna Bangunan = 160
      2.a.4 Hak Pakai = 0
      2.a.5 Hak Pengelolaan = 0
      2.a.6 Hak Wakaf = 5
      2.a.7 Hak Milik Atas Satuan Rumah Susun = 0
      2.a.8 Hak Tanggungan = 42
   2.b Tidak Terdaftar = 3115
3. Jumlah NOP PBB = 2497
4. Unsur Tata Ruang
   4.a Kawasan Lindung
      4.a.1 Kawasan Lindung yang memberikan perlindungan kawasan dibawahnya = 0
      4.a.2 Kawasan Perlindungan Setempat = 0
      4.a.3 Kawasan Suaka Alam, Pelestarian Alam dan Cagar Budaya = 0
      4.a.4 Kawasan Lindung Lainnya = 0

   4.b Kawasan Budidaya
      4.b.1 Kawasan Peruntukan Hutan Produksi = 0
      4.b.2 Kawasan Peruntukan Pertanian = 140 Ha
      4.b.3 Kawasan Peruntukan Perkebunan = 210 Ha
      4.b.4 Kawasan Peruntukan Perikanan= 0
      4.b.5 Kawasan Peruntukan Pertambangan= 0
      4.b.6 Kawasan Peruntukan Industri = 50 Ha
      4.b.7 Kawasan Peruntukan Pariwisata = 0
      4.b.8 Kawasan Peruntukan Pemukiman = 60 Ha
      4.b.9 Kawasan Perdagangan, Jasa, & Fasum = 0

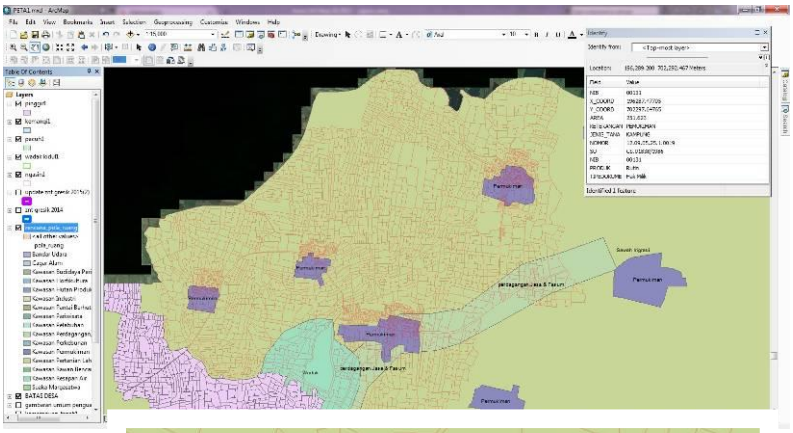
D. Temuan Kegiatan

a. Peta Zona Nilai Tanah memotong bidang tanah





b. Peta Rencana Tata Ruang Wilayah memotong bidang tanah

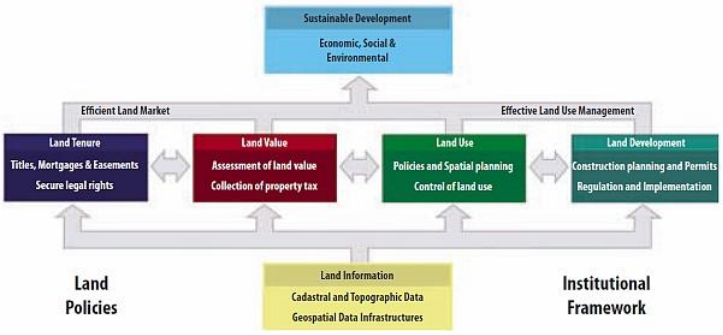




E. *Fit For Purpose Land Administration (FFP LA)*

FIG (International Federation of Surveyors) yang berkedudukan di Denmark sebagai organisasi profesi surveyor internasional bekerjasama dengan Bank Dunia serta berbagai institusi telah mengeluarkan konsep FFP LA. Pendekatan baru ini dimulai dengan paradigma baru bahwa kelengkapan data pertanahan yang harus lebih di utamakan ketimbang ketelitian datanya yang harus bisa dilakukan secara terus menerus. Kelengkapan data ini akan mampu memberikan apa yang menjadi tujuan dari kegiatan administrasi pertanahan bagi seluruh bidang tanah, baik terdaftar maupun belum terdaftar. Kawasan hutan maupun non kehutanan.

Data spasial pertanahan berupa kadaster lengkap bersama dengan peta topografi menjadi informasi geospasial dasar untuk kegiatan administrasi pertanahan. Perspektif administrasi Pertanahan ini dapat digambarkan dalam bagan berikut:



.

Figure 1: A Global Land Administration Perspective (Enemark, 2004).

F. Rekomendasi

Kadaster lengkap digunakan sebagai IGD dalam layanan administrasi pertanahan sebagai berikut:

1. Kegiatan inventarisasi pemilikan, penguasaan, penggunaan dan pemanfaatan tanah (ip4t) dan

pendaftaran tanah oleh Kantor Pertanahan;

2. Peta zona nilai tanah dalam penetapan pajak bumi dan bangunan serta bea perolehan hak atas tanah dan bangunan oleh Dinas Pendapatan, Pengelolaan Keuangan dan Aset Daerah;
3. Peta zonase tata ruang dan peta lahan pertanian pangan berkelanjutan (lp2b) oleh Badan Perencanaan Pembangunan, Penelitan dan Pengembangan Daerah;
4. Peta dasar bagi Badan Penanaman Modal dan Perijinan (BPMP) dalam mengeluarkan perijinan-perijinan yang terkait dengan pertanahan dan tata ruang.

Diharapkan dengan administrasi pertanahan yang benar maka selain kemudahan berusaha menjadi lebih baik juga memastikan pembangunan dapat dijalankan secara berkelanjutan.

Penggunaan Drone Dji Phantom 4 untuk Percepatan Pengukuran Dan Pemetaan di Kelurahan Bukit Lama (Kota Palembang), Desa Kemalaraja Dan Desa Sukaraya (Kabupaten Ogan Komering Ulu)

Ir. Alim Bastian, MM, Abdullah Adrizal, ST., MM, Catur Wicaksono, SIT, Dewi Dharmayanti Hutabarat

BPN Kabupaten Ogan Komering Ulu

ABSTRAK

Pemetaan menggunakan drone ini pada prinsipnya adalah suatu uji coba penggunaan teknologi fotogrametri dengan format kecil yang selanjutnya diharapkan dapat memenuhi standar teknis pengukuran dan pemetaan yang ada di Badan Pertanahan Nasional, khususnya untuk pemetaan kadastral hak atas tanah. Alat yang dipergunakan berupa pesawat drone jenis *DJI Phantom 4* yang merupakan paketalat yang mudah ditemukan dipasaran dengan harga relatif terjangkau. Dengan demikian diharapkan uji coba pemetaan dengan *Drone DJI Phantom 4* ini akanmempunyai ketelitian sesuai aturan BPN guna menjawab tantangan percepatan pensertipikatan hak-hak atas tanah masyarakat di masa-masa mendatang.

Kata kunci :*Fotogrametri, pemetaan, drone, BPN, pengujian, ketelitian*.

BAB I

PENDAHULUAN

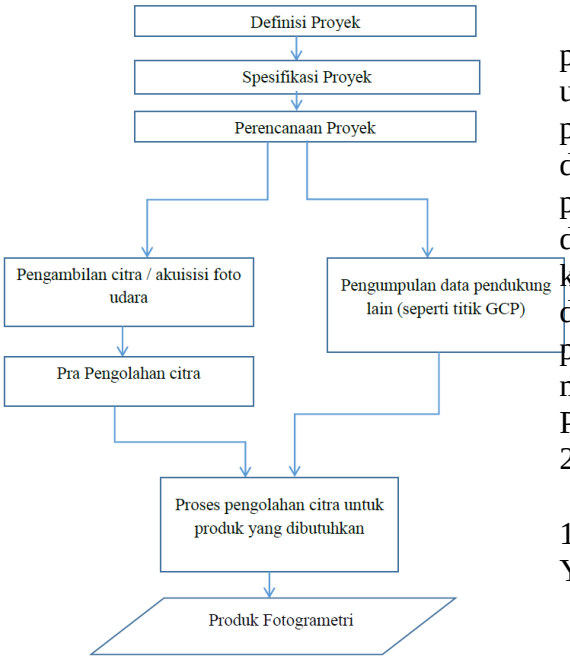
Teknologi dalam bidang Pengukuran dan Pemetaandewasa ini semakin berkembang, misalnya teknologi fotogrametri yang digunakan dalam pemetaan. Teknologi fotogrametri merupakan salah satu metode yang digunakan dalam akuisisi data dengan foto udara. Biasanya dalam teknologi fotogrametri ini wahana yang digunakan adalah pesawat udara dengan kamera geometri yang dipasang pada pesawat tersebut dengan berbagai syarat dan aturan dalam metode fotogrametri. Kebutuhan manusia semakin meningkat dengan tuntutan cepat, efektif, murah dan efisien. Oleh karena itu saat ini banyak bermunculan wahana format kecil seperti Drone, UAV dll.

Teknologi fotogrametri format kecil seperti drone digunakan untuk akuisisi data spasial dengan cara pemotretan menghasilkan foto-foto. Pengoperasian drone ini relatif mudah dan biaya relatif terjangkau dibanding dengan sistem satelit khususnya citra resolusi tinggi (Aulia Rahman,2015). Pemotretan dengan ketinggian yang rendah akan menghasilkan kualitas gambar/foto beresolusi spasial lebih tinggi dibanding dengan citra dari satelit.

1.1 KONSEP FOTOGRAMETRI

Fotogrametri merupakan salah satu teknologi, sistem, metode pemetaan objek di permukaan bumi menggunakan foto udara sebagai media (data), yang selanjutnya dilakukan pengolahan citra, penafsiran objek dan pengukuran geometri untuk menghasilkan peta foto, peta digital, peta garis, dll. Foto udara memiliki sistem proyeksi sentral, skala foto yang tidak seragam, pergeseran relief, kesalahan karena lensa kamera, kesalahan karena refraksi sinar, kesalahan kelengkungan bumi, dll. Oleh karena itu, untuk menjadikannya suatu peta perlu dilakukan pengolahan citra sampai menjadi citra yang terproyeksi secara orthogonal.

Berikut bagan sederhana terkait proyek fotogrametri :



Gambar 1. Alur Proses Proyek Fotogrametri

Penjelasan secara umum dalam proyek fotogrametri format kecil adalah diawali dengan proses perencanaan sesuai spesifikasi proyek (misal area jalur terbang, spesifikasi overlap dan sidelap, tinggi terbang pesawat, pemasangan tanda GCP, distribusi GCP ,dll), kemudian dilakukan akuisisi data foto udara dengan pemotretan area yang akan dipetakan, setelah itu dilakukan pengukuran titik GCP, kemudian mengolah citra (*orthomosaicking*), selanjutnya melakukan *georeferencing* berdasarkan pengukuran GCP ke koordinat global, maka akan dihasilkan peta foto yang diinginkan.

1.2 PENGGUNAAN GPS DALAM SISTEM FOTOGRAMETRI

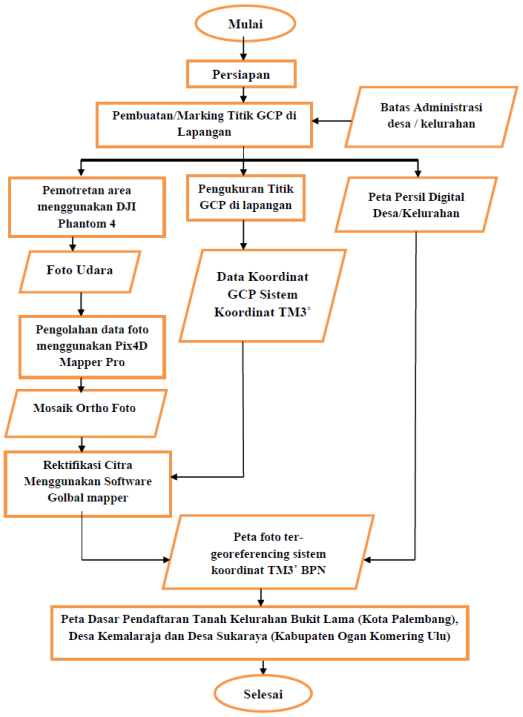
GPS juga telah digunakan untuk pemetaan udara (fotogrametri), terutama untuk penentuan posisi titik-titik control di daerah kawasan pemotretan, navigasi pesawat selama pemotretan, penentuan koordinat titik exposure kamera dari waktu ke waktu dalam sistem koordinat yang sama dengan sistem koordinat titik kontrol tanah (GCP), serta penentuan parameter orientasi dari pesawat terbang (pitch, roll, yaw) dari waktu ke waktu [Ackermann, 1990; Cannon, 1991].

Dalam proses pemotretan udara, penentuan posisi titik-titik kontrol di tanah umumnya ditentukan dengan metode pengamatan GPS geodetik menggunakan data fase. Perlu ditekankan bahwa karena posisi kamera pada saat pemotretan dapat ditentukan dengan teliti, maka jumlah titik kontrol tanah yang diperlukan dapat dikurangi, sehingga dapat mempercepat pelaksanaan pengamatan dan juga menghemat biaya[Abidin, H.Z., Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, 2007].

1.3 KUALITAS HASIL PENGUKURAN YANG DIPERLUKAN BPN

Kadastral merupakan sistem informasi pertanahan yang mutakhir berisi tentang bidang tanah yang meliputi hak, batas, kewajiban atas tanah tersebut (FIG Statement on The Cadastre, 1999). Dalam sistem BPN, terkait pengukuran persil hal utama yang perlu diperhatikan adalah posisi, delimitasi, geometri dan luas persil. Karena produk BPN ini berkaitan dengan masyarakat, hak milik, hak guna usaha, hak guna bangunan dan hak pakai yang secara langsung juga berkaitan dengan aspek hukum, oleh karena itu peta yang dihasilkan BPN harus relatif teliti.

Berikut alur kerja yang di gunakan dalam pengujian pemetaan dengan Drone DJI Phantom 4 yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Alur Kerja Uji Coba Pemetaan Drone DJI Phantom 4

BAB II

STUDI PEMETAAN MENGGUNAKAN DRONE DJI PHANTOM 4

2.1. PERENCANAAN PEMETAAN

Pada proses perencanaan ini dilakukan beberapa hal yang diperlukan untuk memudahkan pelaksanaan pemetaan. Hal-hal yang dilakukan dalam perencanaan antara lain:

a. Mencari citra (*google earth*) daerah yang akan dipotret untuk perencanaan area pemotretan.

b. Mencari *data* dan informasi batas administrasi kelurahan/desa yang akan dipetakan. Hal ini juga digunakan untuk perencanaan area pemotretan.

c. Membagi area penerbangan (satu kali terbang sekitar 400 m x 400 m).

d. Menentukan distribusi Ground Control Point (GCP).

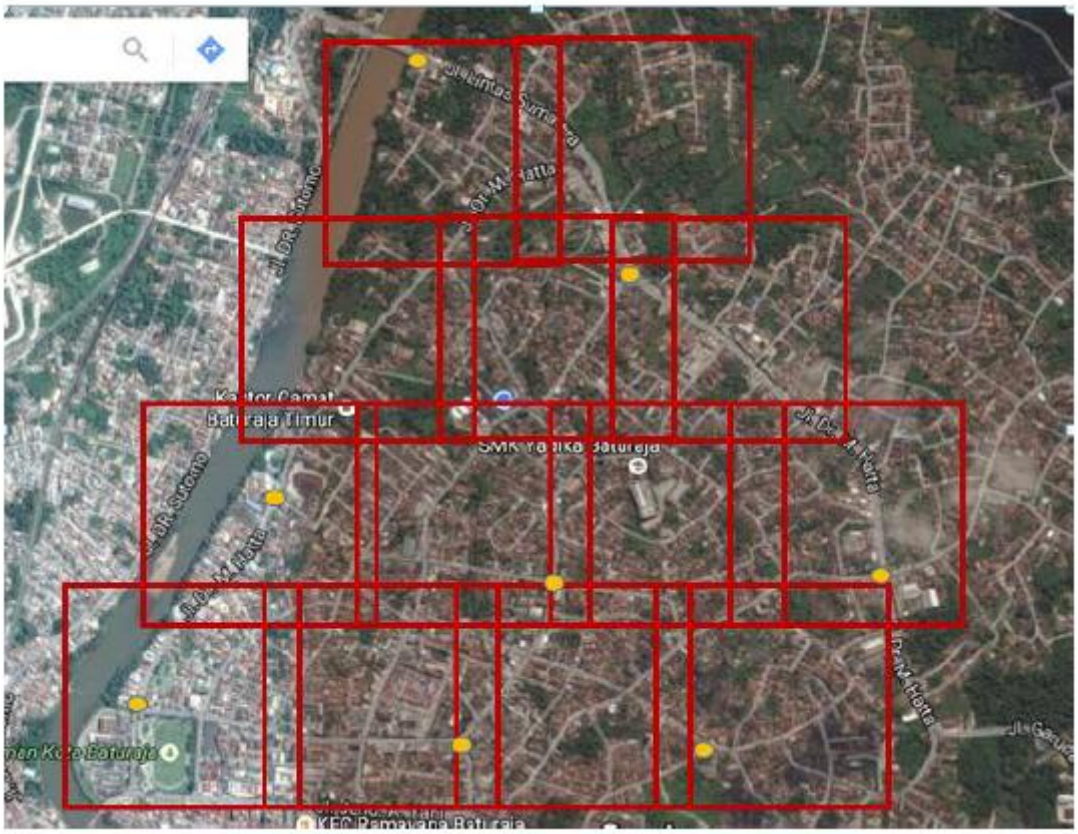
e. Menentukan metode pengukuran titik GCP : metode *radial rapid static* menggunakan alat GPS tipe geodetik.

f. Menyiapkan peralatan dan bahan dalam pemetaan menggunakan drone. Seperti bahan cat untuk penandaan titik kontrol (GCP), GPS tipe geodetik untuk pengukuran GCP, handphone atau tablet android yang didalamnya sudah diinstall aplikasi *altizure* (aplikasi yang digunakan untuk perencanaan jalur terbang Drone DJI Phantom 4).

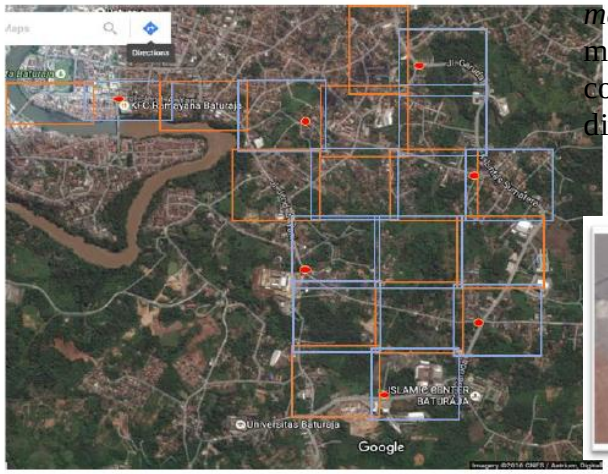
Berikut contoh perencanaan area terbang di Kelurahan Bukit Lama (Kota Palembang), di Desa Kemalaraja dan Desa Sukaraya (Kabupaten Ogan Komering Ulu) pada Gambar 3, Gambar 4 dan 5.



Gambar 3. Rencana Area Penerbangan Drone Kelurahan Bukit Lama



Gambar 4. Rencana Area Penerbangan Drone Desa Kemalaraja



Gambar 5. Rencana Area Penerbangan Drone Desa Sukaraya

2.2. PEMBUATAN (MARKING) TITIK-TITIK KONTROL (GCP)

Dalam pembuatan tanda (marking) titik-titik kontrol menggunakan bahan cat piloks, yangdi tandai dengan tanda silang. Pembuatan (*marking*) titik-titik kontrol ini harus diarea terbuka yang nantinya dapat diidentifikasi pada foto udara dengan drone. Penempatan titik-titik GCP ini diusahakan merata di setiap area yang akan dipetakan. Perlu diperhatikan juga dalam *marking* ini, distribusi titik GCP membentuk jaringan segitiga. Berikut contoh pembuatan (*marking*) yang ditunjukkan oleh gambar 6 dan 7.



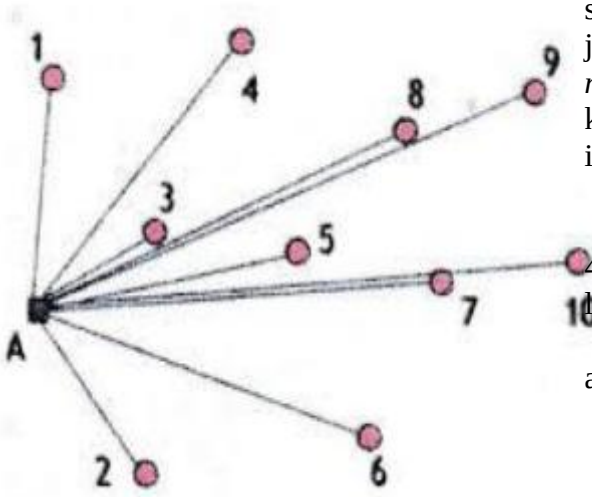
Gambar 6. Contoh *Marking* GCP (1)



Gambar 7. Contoh *Marking* GCP (2)

2.3. PENGUKURAN TITIK-TITIK KONTROL (GCP)

Pada pengukuran titik-titik kontrol (GCP) ini digunakan metode *rapid static* dengan *baseline* secara *radial* dengan alat *receiver* GPS tipe R4-3 dan Net R9 (*Trimble*). Pengukuran titik-titik kontrol (GCP) ini dilakukan dengan pengamatan GPS (*rover*) selama 10-15 menit. Sedangkan untuk pengamatan GPS yang bertindak sebagai (*base*) dilakukan selama pengamatan semua *rover* di setiap titik-titik yang ditentukan.



Gambar 8. Baseline Metode Radial



Gambar 9. Receiver GPS Tipe Geodetik

2.4. PEMOTRETAN AREA KELURAHAN/DESA DENGAN DRONE DJI PHANTOM 4

Pemotretan area yang akan dipetakan menggunakan wahana Drone DJI Phantom 4 dilakukan dengan menggunakan aplikasi dalam *android* yakni *Altizure*. Altizure ini merupakan aplikasi perencanaa jalur terbang untuk drone secara *Autoflight*, ini bisa dilakukan secara *online* dan *offline*. Akan lebih memudahkan jika dilakukan secara *online* (terhubung dengan jaringan internet) yang digunakan untuk me-*loading google map* dalam aplikasi tersebut. Jika di daerah yang jarang terhubung dengan jaringan internet maka aplikasi tersebut bisa dilkukan secara offline dengan cara me-*loading* terlebih dahulu *google map* sesuai area pemotretan di tempat yang ada jaringan internet kemudian hasil *google map* yang di-*load* tersebut bisa digunakan ke tempat/daerah yang belum ada jaringan internetnya.

Pengoperasian Drone DJI Phantom 4 ini cukup mudah. Berikut langka-langkahnya:

a. Menyiapkan peralatan Drone DJI Phantom 4, misal pastikan sudah ada *SD card* dalam drone sebagai penyimpanan hasil pemotretan nantinya.

b. Memastikan semua baterai drone sudah ter-*charge* penuh.

c. Memastikan *remote control* Drone DJI Phantom 4 juga sudah ter-*charge* penuh.

d. Memasang baterai pada Drone DJI Phantom 4.

e. Memasang *propeller* (baling-baling) pada Drone DJI Phantom 4.

f. Memasang tablet/*handphone* android dan menyambungkan pada *remote control* dengan kabel yang ada.

g. Menyalakan Drone DJI Phantom 4.

h. Membuka aplikasi Altizure pada tablet/*handphone*.

i. Memastikan Drone DJI Phantom 4 juga sudah dalam mode *Autoflight* (P).

j. Melakukan kalibrasi pada Drone DJI Phantom 4.

k. Menentukan perencanaan jalur terbang pada apliaksi Altizure.

l. Memastikan pada aplikasi tersebut sudah ter-setting bahwa: overlap 80%, sidelap 60%, camera angle 60o dan tinggi terbang adalah 75 m. Dengan pemotretan waktu maksimalnya adalah ±26 menit untuk satu kali penerbangan.

m. Mengkonfirmasi penerbangan Drone DJI Phantom 4 sesuai jalur terbang dan spesifikasi yang ditentukan.

n. Saat perencanaan jalur terbang dan pemotretan, perlu dipastikan radius drone dengan remote control masih terjangkau, biasanya maksimal radius ±400 m.

o. Setelah selesai pemoretan satu area, drone secara otomatis akan meminta konfirmasi untuk kembali.

p. Kemudian lakukan pemotretan area selanjutnya setelah melakukan penggantian baterai. Dengan mengulangi langkah dari *point* a sampai p.

q. Setelah selesai semua pemotretan, *download* foto-foto dari drone ke PC.

Berikut contoh beberapa foto hasil pemotretan dan proses pemotretan di Kelurahan Bukit Lama, Desa Kemalaraja dan Desa Sukaraya.



Gambar 10. Contoh Hasil Foto Udara dengan Drone DJI Phantom 4

2.5. PENGOLAHAN DATA GPS TITIK-TITIK KONTROL (GCP)

Setelah pengukuran *titik*-titk kontrol (GCP) dengan *receiver* GPS Trimble, maka data yang ada pada GPS tersebut perlu diolah menjadi data koordinat fix yang bersifat global (mengacu pada referensi datum geodesi secara global). Pengolahan data GPS ini menggunakan metode *post processing* menggunakan *software Trimble Business Center* yang terkoneksi dengan internet.

2.6. PENGOLAHAN FOTO UDARA MENJADI *ORTHOMOSAIC*

Setelah seluruh pemotretan daerah kelurahan/desa yang akan dipetakan selesai, maka yang perlu dilakukan selanjutnya adalah mengolah seluruh foto udara tersebut menjadi *orthomosaic*. Proses pengolahan ini menggunakan *software PIX4D Mapper Pro* yang harus terkoneksi internet dan setelah pemrosesan *orthomosaic* biasanya ada *report* terkait hasil pemrosesan tersebut yang nantinya bisa digunakan dalam analisis hasil *orthomosaic*. Pada dasarnya pengolahan foto udara dalam *software PIX4D Mapper Pro* ini terdiri dari :

1. *Initial Processing*: pada proses ini intinya dilakukan proses *matching* antar foto udara berdasarkan *keypoint*, dan optimalisasi serta perhitungan untuk kalibrasi kamera.
2. *Point Cloud and Mesh*: pada proses ini intinya dilakukan perapatan titik-titik dengan metode interpolasi titik-titik tersebut untuk pembentukan bentuk 3D.
3. *Digital Survey Model (DSM), Orthomosaic and Index*: pada proses ini intinya dilakukan proses pembentukan DSM dan *orthomosaic*.

Pada awalnya dicoba menggunakan *software Agisoft Photoscan Pro,* akan tetapi waktu yang dibutuhkan untuk pengolahan foto udara menggunakan *software Agisoft Photoscan Pro* tersebut sangat lama sedangkan kebutuhan untuk proyek ini dituntut cepat, oleh karena itu dicoba menggunakan *software PIX4D Mapper Pro*. Waktu proses pengolahan foto udara ini bergantung pada jumlah foto udara yang diolah, semakin banyak jumlah foto udara yang diproses maka waktu pemrosesan juga semakin lama. Selain itu, PC yang digunakan untuk pengolahan ini harus mempunyai spesifikasi cukup tinggi misalnya terkait RAM dari PC minimal 4 GB, menggunakan core i7, dll. Contoh hasil *orthomosaic* ditunjukkan pada Gambar 11 dan Gambar 12.



Gambar 11. Contoh Hasil *Orthomosaic* Kelurahan Bukit Lama



Gambar 12. Contoh Hasil *Orthomosaic* Desa Kemalaraja

2.7. PROSES REKTIFIKASI (*GEOREFERENSI*)

Setelah *orthomosaic* dari *kelurahan*/desa yang akan dipetakan terbentuk, selanjutnya diperlukan proses rektifikasi atau proses georeferensi. Proses rektifikasi adalah suatu proses transformasi data secara geometrik, yakni mejadi data yang mempunyai koordinat geografi dengan sistem referensi tertentu (georeferensi). Proses georeferensi ini dilakukan untuk mengikatkan hasil *orthomosaic* ke sistem koordinat koordinat global. Selain itu proses georeferensi ini berfungsi untuk meningkatkan ketepatan hitungan jarak dan luas pada hasil *orthomosaic* tersebut secara lebih teliti. Dalam proses rektifikasi (georeferensi) ini kami (penulis) menggunakan *software Global Mapper*.

2.8. PENGECEKAN KETELITIAN ANTARA HASIL *ORTHOMOSAIC* TER-GOREFRENSI DENGAN UKURAN DI LAPANGAN

Untuk mengetahui kualitas hasil *orthomosaic* yang sudah ter-georeferensi, perlu dilakukan cek ukuran lapangan yakni dengan membandingkan hasil *orthomosaic* yang sudah ter-georeferensi dengan ukuran di lapangan. Kali ini digunakan ukuran jarak untuk perbandingan. Perlu diperhatikan bahwa untuk mengukur luas bidang atau batas bidang harus diidentifikasi secara teliti antara di lapangan dan pada foto udara.

Teknisnya sangat mudah, yakni ukur di software gobal mapper jarak antara satu objek dengan objek lainnya yang bisa diidentifikasi pada *orthomosaic* yang sudah ter-georeferensi, kemudian lakukan pengukuran jarak pada objek yang sama di lapangan (alat yang digunakan disesuaikan denga kebutuhan). Berikut beberapa uji lapang yang dilakukan dengan mengukur panjang dan lebar sisi persil di Kantor Pertanahan Kabupaten Ogan Komering Ulu yang dtunjukkan pada gambar 13.

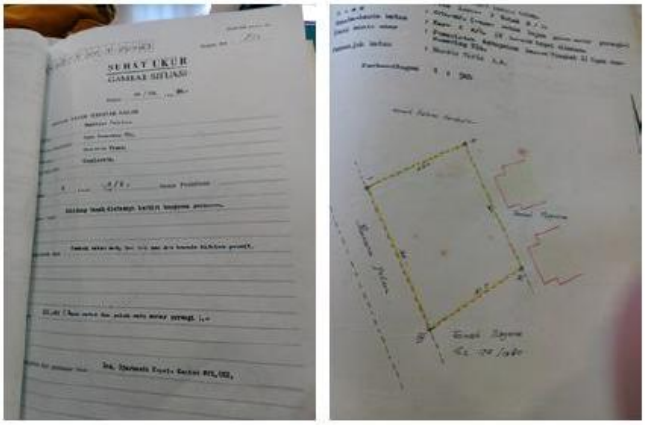


Gambar 13. Pengukuran di citra ter-georeferensi

Panjang kantor BPN OKU: - Panjang Ukuran di lapangan= 31.83 m - Panjang ukuran di citra = 31.894 m - Selisih = 0.064 m = 6.4 cm	Lebar kantor BPN OKU: - Lebar Ukuran di lapangan = 21.85 m - Lebar ukuran di citra = 21.926 m - Selisih = 0.076 m = 7.6 cm

Hasil tersebut masih perlu diteliti lagi terkait selisih tersebut merata atau tidak, atau selisih tersebut bersifat acak. Hal ini sangat penting untuk diteliti lagi mengingat kebutuhan BPN sampai ketelitian yang cukup tinggi untuk aspek posisi, delimitasi (batas), geometri dan luas persil, misal HGU (Hak Guna Usaha) yang biasanya luas tanahnya sampai Hektar-an, jika selisih tersebut diakumulasikan maka selisih nya akan semakin besar. Karena sampel pengukuran lapangan tidak banyak dilakukan, maka perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait perbedaan antara ukuran lapangan dan hasil *orthomosaic* ter-georeferensi tersebut.

Selain pengujian dengan ukuran lapangan perlu juga mempertimbangkan ukuran di sertipikat (misalnya di Surat Ukur). Hal ini akan menambah informasi sebagai bahan pengujian hasil pemetaan dengan drone dalam aspek kadastral. Berikut beberapa gambar Surat Ukur di BPN OKU.



Gambar 15. Contoh Surat Ukur (SU) di BPN OKU



Gambar 14. Pengukuran di lapangan

Diperoleh :

BAB III

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam pemetaan menggunakan teknologi fotogrametri ada beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain perencanaan jalur terbang, spesifikasi *overlap* dan *sidelap*, relief permukaan bumi daerah yang akan dipetakan, spesifikasi kamera (metrik atau non-metrik), persebaran titik kontrol di area yang akan dipetakan, penggunaan model matematis dalam transformasi sistem koordinat foto ke sistem koordinat

geografis dll. Dalam pemetaan menggunakan drone jenis *DJI Phantom 4* ini semua dilakukan secara otomatis oleh software yang digunakan. Dalam hal ini digunakan *software PIX4D Mapper Pro* untuk pengolahan foto udara. Kamera yang digunakan pada drone bukan kamera metrik, akan tetapi proses dalam software tersebut (*compatible* digunakan untuk pengolahan foto udara dari *Drone DJI Phnatom 4*) sudah memasukkan aspek kalibrasi kamera yang ada pada *Initial Processing*. Selain itu, dalam drone juga sudah ada GPS sebagai *tools* untuk menentukan posisi drone dalam akuisisi foto udara.

Pada *software PIX4D* Mapper *Pro* ini terdapat beberapa proses yang sudah mencakup fotogrametri, proses-proses tersebut dimulai dari *Initial Processing* (pada proses ini intinya dilakukan proses *matching* antar foto udara berdasarkan *keypoint*, dan optimalisasi serta perhitungan untuk kalibrasi kamera). Selanjutnya ada *Point Cloud and Mesh* (pada proses ini intinya dilakukan perapatan titik-titik dengan metode interpolasi titik-titik tersebut untuk pembentukan bentuk 3D). Proses ini merupakan proses yang cukup lama karena harus menginterpolasi objek-objek antar foto yang dipengaruhi juga oleh tingkat kecerahan. Namun, menurut kami untuk membuat peta foto orthogonal bisa saja proses ini ditiadakan karena proses ini dilakukan untuk membentuk 3D *model*. Selanjutnya proses *DSM, Orthomosaic and Index* (pada proses ini intinya dilakukan proses pembentukan DSM dan *orthomosaic*). DSM yang dihasilkan pada software tersebut merupakan hasil *generate* foto udara yang diolah.

Berdasarkan hasil *processing* dari foto-foto, banyak objek seperti bangunan, mobil,dll yang tidak sesuai dengan kenyataan, contohnya : batas atap bangunan yang masih peot-peot/tidak lurus seperti kenyataan. Hal tersebut disebabkan oleh proses *matching* yang dipengaruhi oleh tingkat kecerahan (cahaya). Foto-foto memiliki tingkat kecerahan berbeda pada objek yang sama jika dipotret dari posisi yang berbeda, cuaca dan cahaya matahari yang berbeda apalagi hari yang berbeda. Selain hal itu juga, efek angin saat pemotretan sangat mempengaruhi kualitas foto ,seperti : foto hasil potretan buram. Hal tersebut disebabkan oleh angin yang terlalu kencang sehingga pada saat memotret objek kamera belum fokus. Bentuk objek-objek pada *orthomosaic* yang tidak sesuai kenyataan (peot-peot) dipengaruhi juga oleh format/struktur penyimpanan foto yang berupa JPEG yang memiliki kompresi yang lebih besar dibanding dengan format Tiff. Hal tersebut membuat adanya kompresi warna sehingga kualitas foto kurang baik.

Setelah itu, perlu adanya transformasi ke sistem koordinat global dengan pengukuran yang lebih teliti mengingat kebutuhan BPN dalam pengukuran dan pemetaan dengan tingkat akurasi yang cukup tinggi maka dalam hal ini digunakan pengukuran GCP dengan GPS tipe geodetik dan metode rapid statik secara radial. Dan pengolahan GCP ini dilakukan secara *post processing* menggunakan *Trimble Business Center*. Dan kemudian dilakukan proses georeferensi menggunakan software *Global Mapper*. Selanjutnya dilakukan uji ketelitian jarak lapangan dengan jarak perhitungan koordinat di hasil *orthomosaic* yang sudah ter-georeferensi.

Dalam pemetaan kelurahan Bukit Lama , Desa Kemalaraja dan Desa Sukaraya terkait ketelitiannya masih perlu dilakukan penelitian lebih lanjut karena untuk menguji ketelitiannya hanya diuji terhadap jarak ± 20 meter dengan hasil selisihnya ± 7 cm. Dan untuk mengetahui selisih tersebut konstan (berdasarkan perbandingan jarak) atau tidak perlu dilakukan pengujian jarak yang lebih panjang ataupun lebih pendek dengan beberapa kali pengukuran. Hal ini menjadi sangat penting untuk melihat karaketristik kesalahan (ketidaktelitian) tersebut. Untuktingkat akurasi yang dibutuhkan BPN, karena dalam bidang pertanahan tersebut data spasial yang terkait dengan posisi, delimitasi, geometri dan luas persil berhubungan langsung dengan data

non-spasial (sebagai atribut tanah) dan juga data yuridis (aspek hukum dalam kepemilikan hak). Dengan demikian, harus ada penelitian lebih lanjut guna memungkinkan drone ini bisa menjadi salah satu inovasi dalam pemetaan skala besar untuk keperluan kadastral.

BAB IV

PENUTUP

4.1. KESIMPULAN

Kesimpulan dari studi yang dilakukan tentang uji coba pemetaaan dengan Drone DJI Phantom 4 di beberapa desa/kelurahan di Sumatera Selatan adalah sebagai berikut:

1. Pemetaan dengan Drone DJI Phantom 4 cukup baik untuk dipakai untuk areal yang memiliki areal seluas $\pm$400 HA atau satu kelurahan.

2. Masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut untuk memperdalam karakteristik ketelitian dan kesalahan-kesalahan yang dapat ditimbulkan drone DJI phantom4.

4.2 SARAN

a. Disarankan pemrosesan foto-foto pada *PIX4D Mapper Pro* diolah per-jalur terbang. Hal ini juga dapat memperkecil memori penyimpanan data sehingga dapat dilakukan proses lain di software lain seperti pada *AutoCAD*.

b. Perlu adanya pengujian dan penelitian lebih lanjut terkait pemetaan dengan drone ini utamanya dalam hal uji lapangan untuk kebutuhan kadastral dalam BPN.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin , Hasanuddin Z. (2007), "*Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*", Jakarta : Pradnya Paramita

http://www.pelagis.net/blog/workshop-pengenalan-drone-untuk-pemetaan/275/ (Diakses tanggal 26 September 2016 pukul 10.12 WIB)

http://www.bpn.go.id/Berita/Berita-Pertanahan/jokowi-minta-percepatan-reformasi-agraria-63897 (diakses pada tanggal 21 September 2016 pada pukul 22.22 WIB)

http://www.bpn.go.id/Berita/Siaran-Pers/default-63916 (diakses pada tanggal 22 September 2016 pada pukul 13.44 WIB)

http://www.bpn.go.id/Tentang-Kami/Sekilas (Diakses pada tanggal 27 September 2016 pukul 09.36

Membangun Purwarupa Aplikasi WebGIS Untuk Pelayanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah

(Di Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur)

Husnaidi[a], Bambang Suyudi[b], Muh. Arief Suhattanto[c]

[a,] Staf Kantor Pertanahan Kabupaten Bengkalis (bg417e@gmail.com) [b,c]

Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional Yogyakarta

ABSTRACT

Every land office in Ministry of Agrarian and Spatial/National Land Agency environment is obligated to provide land value and land availability information services. Most of land offices in Indonesia carry out service of land value and land availability information manually or does not use WebGIS application. Therefore, required a research with the objective is to build prototype of WebGIS Application for land value and availability information services, so later it can improve land services related to land value and land availability information.This research used research and development method with experiment approach. Land Value and Land Availability Information Services that has been built can be presenting services regarding land value information quickly, simply by entering land identification number (NIB). In addition it can also be presenting land availability information quickly, simply by entering desired land use. Furthermore there are land thematic menu, to view land thematic map, menu about this is to view whatever software used in building the application, and report menu to view result recap of land value and land availability information service that has been held.

Keywords *Prototype of WebGIS Application*

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 128 Tahun 2015 tentang Jenis dan Tarif atas Jenis Penerimaan Negara Bukan Pajak yang berlaku pada Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional dan Peraturan Menteri Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional (Permen ATR/BPN) Nomor 17 Tahun 2015 tentang Standar Pelayanan dan Pengaturan Agraria, Tata Ruang dan Pertanahan dalam Kegiatan Penanaman Modal, kantor pertanahan berkewajiban untuk menyediakan layanan pertanahan informasi nilah tanah dan ketersedian tanah.

Peraturan tersebut kemudian ditindaklanjuti dengan Surat Edaran Kepala Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia Nomor: 2/SE-100/I/2015 tentang Evaluasi Pelayanan Pemetaan Tematik dan Nilai Tanah Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2010 yang menyebutkan bahwa nilai tanah yang digunakan dalam proses pelayanan pendaftaran peralihan hak, pendaftaran surat keputusan (SK) perpanjangan dan pembaharuan surat keputusan (SK) hak wajib menggunakan nilai tanah yang ada pada Peta Zona Nilai Tanah disingkat Peta ZNT kantor pertanahan yang telah di sahkan. Selanjutnya berdasarkan Permen ATR/BPN Nomor 17 Tahun 2015 bahwa Kementerian Agraria dan Tata

Ruang/BPN memberi Pelayanan Pertanahan terkait Informasi Ketersediaan Tanah, dan layanan ketersediaan tanah ini hanya memerlukan waktu atau dapat diselesaikan dalam jangka waktu 3 jam.

Berdasarkan uraian di atas dalam rangka peningkatan pelayanan informasi nilai tanah dan ketersediaan digital yang dalam hal ini memanfaatkan beberapa aplikasi software WebGIS, sebab sebagian besar kantor pertanahan di seluruh Indonesia khususnya Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik masih menggunakan atau mengelola secara manual dan belum menggunakan aplikasi WebGIS. Oleh sebab itu diperlukan untuk Membangun Purwarupa Aplikasi WebGIS untuk Pelayanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah. Membangun purwarupa ini maksudnya adalah membangun rupa/bentuk awal atau model awal untuk tampilan aplikasi yang nanti diharapkan dapat dikembangkan ke dalam sistem Komputerisasi Kegiatan Pertanahan (KKP) Web Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional.

B. Rumusan Masalah.

1. Bagaimana proses membangun Purwarupa Aplikasi WebGIS untuk pelayanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah?
2. Bagaimana cara penggunaan Aplikasi WebGIS untuk Pelayanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah?

C. Pembatasan Masalah.

Penelitian ini dilaksanakan di Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur dengan mengambil suatu batasan desa yaitu Desa Manyarejo Kecamatan Manyar, pada Peta ZNT Kabupaten Gresik untuk Informasi Nilai Tanah dan mengambil suatu batasan kecamatan pada peta batas administrasi wilayah yaitu Kecamatan Balongpanggang untuk informasi ketersedian tanah.

D. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui proses membangun Purwarupa Aplikasi WebGIS untuk pelayanan informasi nilai tanah dan ketersedian tanah.
2. Mengetahui cara penggunaan Aplikasi WebGIS untuk pelayanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah.

II. METODE PENELITIAN

A. Jenis Metode Penelitian.

Penelitian ini membangunaplikasi layanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah untuk pelayanan pertanahan terkait informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah. Berdasarkan karakteristik penelitian ini,maka metode yang digunakan adalah Metode Penelitian dan Pengembangan atau Research and Development(R&D).Metode R&D ini menggunakan survei dan eksperimen sebagai pendekatan dalam pengumpulan data.

B. Lokasi Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan di kantor pertanahan Kabupaten Gresik, Provinsi Jawa Timur. Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik dipilih sebagai lokasi penelitian karena merupakan salah satu kantor pertanahan di Provinsi Jawa Timur yang telah memiliki Peta Zona Nilai Tanah, Peta KadasterLengkap

(KaKap) dan Peta Tematik Pertanahan yang cukup lengkap.

C. Teknik Pengumpulan Data.

1. Data Primer

Data primer yang dikumpulkan adalah hasil pengisian kuesioner oleh peneliti dari kepala sub seksi tematik dan potensi tanah dan staf mengenai Peta Zona Nilai Tanah yang digunakan sebagai sumber basisdata informasi nilai tanah. Selain itu data primer yang dikumpulkan yaitu hasil pengisian kuesioner dari kepala sub seksi penatagunaan tanah dan kawasan tertentu dan staf mengenai Peta Ketersediaan Tanah yang digunakan sebagai sumber basisdata informasi ketersedian tanah.

2. Data Sekunder

Data sekunder yang di kumpulkan adalah data hasil dokumentasi dari dokumen sebagai sumber data yang digunakan dalam penelitian ini Peta berupa softcopy dalam bentuk format shapefile (.shp), yaitu Peta Batas Administrasi Wilayah, Peta Pendaftaran Tanah Desa Manyarejo, Peta Zona Nilai Tanah, Peta Penggunaan Tanah, Peta Penguasaan Tanah, Peta Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) yang kemudian dijadikan sebagai basisdata spasial dan mengambil data atribut pada peta softcopy yang digunakan sebagai basisdata tekstual.

D. Teknik Analisis Data.

1. Analisis Kebutuhan Pengguna.

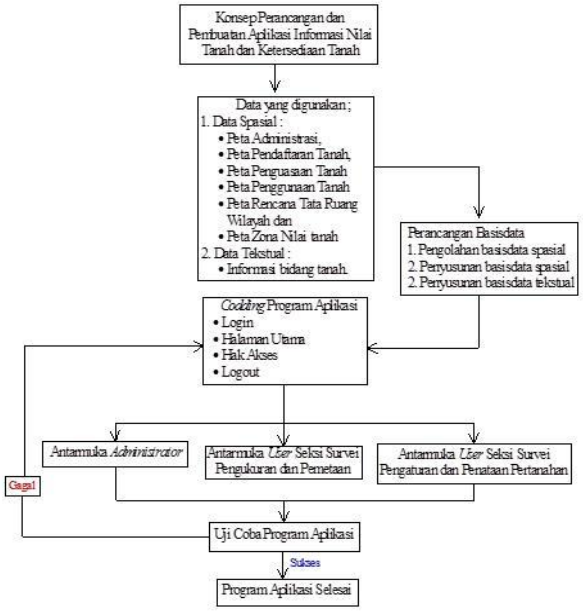
Tujuan dari analisis kebutuhan pengguna adalah agar pengembangan suatu sistem dapat diterima dan memberikan manfaat bagi pengguna yang dituju. Aplikasi Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah ini terkait pengguna, peneliti mengelompokkan menjadi tiga yaitu administrator, user petugas seksi survei pengukuran dan pemetaan dan seksi pengaturan dan penataan pertanahan. Setiap pengguna mempunyai hak akses yang berbeda satu sama lain.

2. Analisis Kebutuhan Sistem.

Analisis kebutuhan sistem bertujuan untuk menjawab permintaan pengguna yang diketahui dari hasil analisis kebutuhan pengguna. Analisis kebutuhan sistem berkaitan dengan kemampuan seberapa jauh aplikasi yang dibangun dapat memenuhi kebutuhan pengguna.

E. Kerangka Program Aplikasi.

Apabila telah selesai melakukan analisis data terhadap kebutuhan yang ada, selanjutnya dilakukan perancangan dan pembangunan aplikasi yang sesuai dengan kebutuhan pengguna maupun kebutuhan sistem. Adapun bagan alir Konsep Perancangan dan Pembuatan Aplikasi seperti gambar 1 berikut :

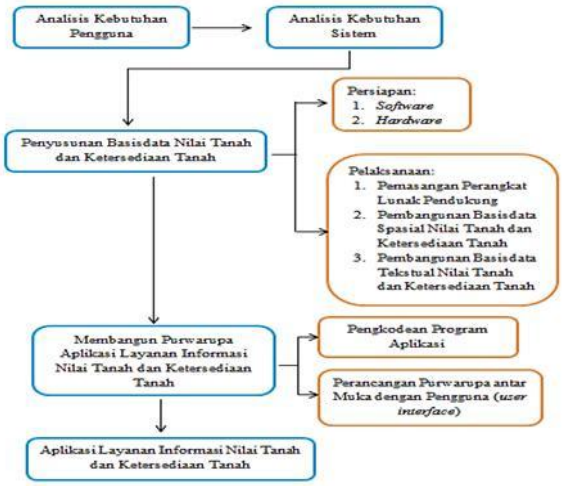


Gambar 1. Bagan Alir Konsep Perancangan dan Pembuatan Aplikasi.

III.HASIL DAN PEMBAHASAN.

A. Membangun Purwarupa Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah Dan Ketersediaan Tanah. Membangun

purwarupa aplikasi layanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah pada penelitian ini memanfaatkan beberapa software WebGIS, sehingga nantinya akan menghasilkan suatu aplikasi layanan berbasis web. Aplikasi layanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah yang akan dibangun terdiri beberapa tahapan yang harus dilakukan. Adapun beberapa tahapan dalam membangun purwarupa aplikasi layanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2. Bagan Membangun Purwarupa Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah.

1. Analisis Kebutuhan Pengguna.

Tahap awal yang dilakukan sebelum membangun aplikasi layanan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah adalah melakukan analisis kebutuhan pengguna. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah merekam semua kebutuhan yang diinginkan oleh pengguna di Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik. Perekaman semua kebutuhan pengguna ini dilakukan dengan pengisian kuesioner terhadap 6 orang pengguna (user) yang terdiri dari 3 orang di Seksi Survei Pengukuran dan Pemetaan Sub Seksi Tematik dan Potensi Tanah dan 3 orang di Seksi Pengaturan dan Penataan Pertanahan Sub Seksi Penatagunaan Tanah dan Kawasan Tertentu.

Berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, maka dibutuhkan aplikasi dengan 1 (satu) basisdata yang sama. Pada aplikasi ini terbagi menjadi tiga halaman utama untuk masing-masing pengguna. Halaman utama yang dimaksud adalah halaman beranda pada Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik. Hasil analisis kebutuhan pengguna ini juga digunakan sebagai kerangka berfikir untuk membangun Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah yang sesuai dengan harapan pengguna pada Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik.

2. Analisis Kebutuhan Sistem

Analisis kebutuhan sistem bertujuan untuk menjawab permintaan pengguna yang diketahui dari hasil analisis kebutuhan pengguna. Berdasakan kebutuhan pengguna berupa:
a. Aplikasi yang akan dibangun menyediakan sistem log-in sebagai pintu untuk dapat melakukan akses terhadap aplikasi, apabila pengguna tidak memiliki username dan password maka pengguna tidak bisa mengakses aplikasi yang telah dibangun.

b.Sistem juga mampu membedakan hak akses administrator, user dari seksi survei pengukuran dan pemetaan serta user dari

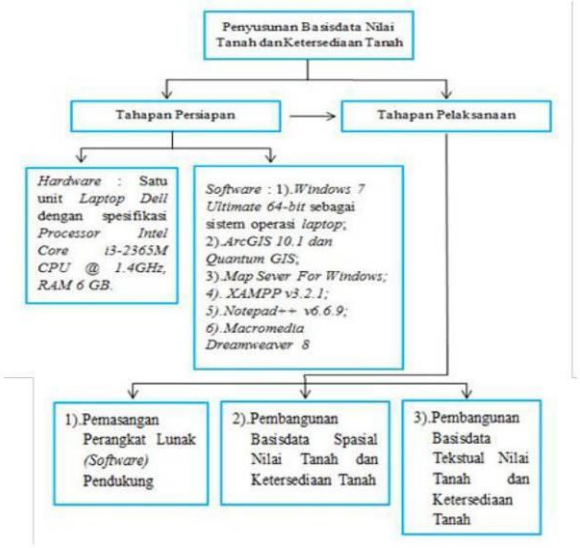
seksi pengaturan dan penataan pertanahan Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik, dimana setiap pengguna yang berbeda-beda tersebut masuk ke halaman tertentu sesuai dengan hak akses yang diberikan oleh sistem.

c. Aplikasi yang dibangun juga memberikan fitur penambahan data (input data), hapus data dan perubahan data (edit data) pada basisdata yang telah tersusun.

d. Sesuai dengan kebutuhan pengguna maka sistem menyediakan fitur pencetakan yang dalam aplikasi ini terdiri dari pencetakan: Formulir Informasi Nilai Tanah dan Formulir Informasi Ketersediaan yang dikeluarkan oleh Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik.

3. Penyusunan Basisdata Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah.

Basisdata sangat diperlukan dalam pembangunan suatu aplikasi dalam hal ini aplikasi yang dibangun membutuhkan basisdata spasial dan tekstual. Dalam kegiatan penelitian ini basisdata akan tersimpan pada sebuah komputer yang kemudian disebut komputer server, sehingga nantinya data yang ada pada server dapat di akses oleh setiap user yang telah di daftarkan oleh administrator pada aplikasi ini. Adapun proses kegiatan penyusunan basisdata dapat di lihat pada Gambar 3 berikut :



Gambar 3. Bagan Penyusunan Basisdata Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah.

B. Simulasi

1. Pelayanan Informasi Nilai Tanah.

Kewenangan untuk melaksanakan pelayanan informasi nilai tanah selain administrator adalah seksi survei pengukuran dan pemetaan sub seksi tematik dan potensi tanah. Adapun langkah-langkah user seksi 1 dalam melaksanakan layanan informasi nilai tanah:

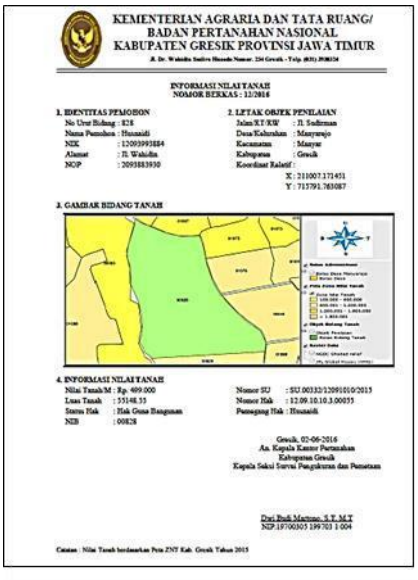
a) Buka browser google chrome/firefox mozilla/internet explorer, lalu ketik alamat url: localhost/gresik, maka sistem akan mengarahkan user kepada halaman login aplikasi. Halaman login ini berguna untuk keamanan data dan membatasi hak akses user. Ketika sudah ke halaman login, user wajib memasukkan username, password, dan kategori pengguna (pilih seksi survei pengukuran dan pemetaan) sesuai dengan data yang sudah di daftarkan pada administrator.

b) Apabila sudah memasukkan username, password, kategori pengguna, dan klik login, maka sistem langsung mengarahkan ke halaman beranda. Perbedaan halaman beranda seksi 1 dengan seksi 3 adalah terkait hak akses atau kewenangan yang diberikan oleh sistem.

c) Sebelum mencetak hasil atau produk dari layanan informasi nilai tanah, user seksi 1 terlebih dahulu harus melihat basisdata (database) nilai tanah. Untuk memastikan bidang tanah mana yang ingin di cetak informasi nilai tanahnya, user dapat melihat ke Peta ZNT Manyarejo dengan memilih menu basisdata dan sub menu Peta ZNT Manyarejo. Pada tampilan Peta ZNT Manyarejo ini, user dapat mencari bidang tanah yang akan dicetak informasi nilai tanahnya, dengan menggunakan fitur pencarian dengan memasukkan nomor identifikasi bidang tanah (NIB).

d) Setelah memastikan letak dan bidang tanah yang akan dicetak informasi nilai tanahnya, user harus menuju ke menu basisdata dan memilih sub menu nilai tanah. Pada halaman nilai tanah ini, akan di tampilkan tabel basisdata nilai tanah. Pada halaman basisdata nilai tanah ini, user seksi 1 diberikan kewenangan untuk menambah, mengubah, menghapus data nilai tanah dan mencetak hasil atau produk dari layanan informasi nilai tanah. Jika ingin mencetak hasil atau produk layanan, user dapat memilih atau mengklik cetak sesuai dengan bidang yang akan di cetak berdasarkan NIB yang diinginkan, namun jangan lupa sebelum mencetak memeriksa kelengkapan data yang ada pada tabel basisdata nilai tanah, sehingga nantinya data yang dicetak tidak ada yang kosong. Ketika mengklik cetak, sistem akan mengarahkan kehalaman form isian print nilai tanah. Form isian print ini berfungsi untuk merekam atau mencatat semua kegiatan pencetakan produk layanan informasi nilai tanah tersebut. Pada form isian print ini user harus mengisikan data berupa no berkas, nama pemohon, NIK, alamat, NOP, Jalan/RT/RW, tanggal masuk, pemegang hak dan pilih validator.

e) Apabila semua data pada form isian print sudah terisi, maka user seksi 1 dapat mencetak hasil atau produk dari layanan infomasi nilai tanah. Klik pada tombol print, maka sistem akan mengarahkan ke halaman preview print. Pada halaman perview print ini user seksi 1 dapat memilih apakah langsung dicetak atau di konvert/di ubah ke format (.pdf), dengan mengklik icon change pada tampilan. Apabila ingin langsung dicetak dapat mengklik tombol print maka akan menghasilkan produk layanan informasi tanah seperti gambar 4 berikut:


KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/
BADAN PERTANAHAN NASIONAL
KABUPATEN GRESIK PROVINSI JAWA TIMUR

INFORMASI NILAI TANAH
NOMOR BERKAS : 12/2016

1. IDENTITAS PEMOHON
No Urut Bidang : 828
Nama Pemohon : Hasanah
NIK : 3200399884
Alamat : Jl. Wahidin
NOP : 2093883930

2. LETAK OBJEK PENILAIAN
Jalan/RT/RW : Jl. Sudirman
Desa/Kelurahan : Manyarejo
Kecamatan : Manyar
Kabupaten : Gresik
Koordinat Relatif :
X : 2110071271451
Y : 715791.703087

3. GAMBAR BIDANG TANAH

4. INFORMASI NILAI TANAH
Nilai Tanah/M : Rp. 409.000
Luas Tanah : 5514L55
Status Hak : Hak Guna Bangunan
NIB : 00828
Nomor SU : SU 00332/12091010/2015
Nomor Hak : 12.09.10.10.3.00053
Pemegang Hak : Hasanah

Gresik, 02-06-2016
An. Kepala Kantor Pertanahan
Kabupaten Gresik
Kepala Seksi Survei Pengukuran dan Pemetaan

Dwi Budi Martono, S.T, M.T
NIP.19700305 199703 1 004

Catatan : Nilai Tanah berdasarkan Peta ZNT Kab. Gresik Tahun 2015

Gambar 4. Produk Layanan Informasi Nilai Tanah

2. Pelayanan Informasi Ketersediaan Tanah.

Kewenangan untuk melaksanakan pelayanan informasi ketersediaan tanah selain administrator adalah seksi pengaturan dan penataan pertanahan sub seksi penatagunaan tanah dan kawasan tertentu. Adapun langkah-langkah user seksi 3 dalam melaksanakan layanan informasi ketersediaan tanah:

a) Buka browser google chrome/firefox mozilla/internet explorer, lalu ketik alamat url: localhost/gresik, maka sistem akan mengarahkan user kepada halaman login aplikasi. Halaman login ini berguna untuk keamanan data dan membatasi hak akses user. Ketika sudah ke halaman login, user wajib memasukkan username, password, dan kategori pengguna (pilih seksi pengaturan dan penataan pertanahan) sesuai dengan data yang sudah di daftarkan pada administrator.

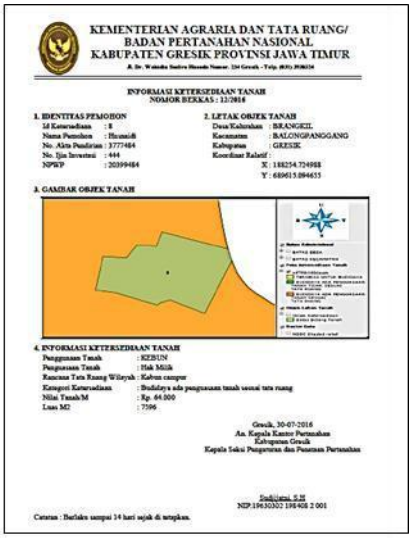
b) Apabila sudah memasukkan username, password, kategori pengguna, dan klik login, maka sistem langsung mengarahkan ke halaman beranda. Perbedaan halaman beranda seksi 3 dengan seksi 1 adalah terkait hak akses atau kewenangan yang diberikan oleh sistem.

c) Sebelum mencetak hasil atau produk dari layanan informasi ketersediaan tanah, user seksi 3 terlebih dahulu harus melihat basisdata (database) ketersediaan tanah. Untuk memastikan bidang tanah atau lahan mana yang ingin dicetak informasi ketersediaan tanahnya, user dapat melihat ke Peta Ketersediaan Balongpanggang dengan memilih menu basisdata dan sub menu Peta Ketersediaan Balongpanggang. Pada tampilan Peta Ketersediaan Balongpanggang ini, user dapat mencari bidang tanah yang akan dicetak informasi ketersediaan tanahnya, dengan menggunakan fitur pencarian dengan memasukkan penggunaan tanah yang di inginkan.

d) Setelah memastikan letak dan bidang tanah atau lahan yang akan di cetak informasi ketersediaan tanahnya, user harus menuju ke menu basisdata dan memilih sub menu ketersediaan tanah. Pada halaman ketersediaan tanah ini akan di tampilkan tabel basisdata mengenai ketersediaan tanah (dapat di lihat pada lampiran 15.g). Pada halaman ini, user seksi 3 diberikan kewenangan untuk menambah, mengubah, menghapus data ketersediaan tanah dan mencetak hasil atau produk dari layanan informasi ketersediaan tanah. Jika ingin mencetak hasil atau produk layanan, user dapat memilih atau mengklik cetak sesuai dengan bidang atau lahan yang akan di cetak berdasarkan penggunaan tanah yang di inginkan, namun jangan lupa sebelum mencetak memeriksa kelengkapan data yang ada pada tabel basisata ketersediaan tanah, sehingga nantinya data yang dicetak tidak ada yang kosong. Ketika meng-klik cetak, sistem akan mengarahkan kehalaman form isian print ketersediaan tanah. Form isian print ini berfungsi untuk merekam atau mencatat semua kegiatan pencetakan produk layanan informasi ketersediaan tanah tersebut. Pada form isian print ini user harus mengisikan data berupa no berkas, nama pemohon, no akta pendirian, no ijin investasi, NPWP, tanggal masuk dan pilih validator.

Apabila semua data pada form isian print sudah terisi, maka user seksi 3 dapat mencetak hasil atau produk dari layanan infomasi ketersediaan tanah. Klik pada

tombol print, maka sistem akan mengarahkan ke halaman preview print. Pada halaman perview print ini user seksi 3 dapat memilih apakah langsung dicetak atau di konvert/diubah ke format (.pdf), dengan mengklik icon change pada tampilan. Apabila ingin langsung dicetak dapat mengklik tombol print maka akan mengahasilkan produk layanan informasi ketersediaan tanah dapat di lihat pada gambar 5 berikut:


KEMENTERIAN AGRARIA DAN TATA RUANG/
BADAN PERTANAHAN NASIONAL
KABUPATEN GRESIK PROVINSI JAWA TIMUR

INFORMASI KETERSEDIAAN TANAH
NOMOR BEKKAS : 12/2016

1. IDENTITAS PEMOHON
Id Ketersediaan : 8
Nama Pemohon : Hasanah
No. Akta Pendirian : 3777484
No. Ijin Investasi : 444
NPWP : 20399484

2. LETAK OBJEK TANAH
Desa/Kelurahan : BRANGKAL
Kecamatan : BALONGPANGGANG
Kabupaten : GRESIK
Koordinat Relatif :
X : 188254.724988
Y : 680615.894655

3. GAMBAR OBJEK TANAH

4. INFORMASI KETERSEDIAAN TANAH
Penggunaan Tanah : KEBUN
Penguasaan Tanah : Hak Milik
Rencana Tata Ruang Wilayah : Kebun campur
Kategori Ketersediaan : Budidaya sda pengusaan tanah sesuai tata ruang
Nilai Tanah/M : Rp. 64.000
Luas M2 : 7596

Gresik, 30-07-2016
An. Kepala Kantor Pertanahan
Kabupaten Gresik
Kepala Seksi Pengaturan dan Penataan Pertanahan

Rudijanto, S.H
NIP.19630202 198406 2 001

Catatan : Berlaku sampai 14 hari sejak di terbitkan.

Gambar 5. Produk LayananInformasi Ketersediaan Tanah

IV. KESIMPULAN DAN SARAN.

1. Kesimpulan.

1. Proses membangun aplikasi WebGIS untuk informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah dimulai dari melakukan analisis kebutuhan pengguna, dan dari hasil analisis pengguna didapatkan hasil analisis kebutuhan sistem. Kemudian dilanjutkan pengolahan data spasial peta softcopy yang didapat dari kantor pertanahan (Peta Pendaftaran Desa Maanyarejo, Peta ZNT Kabupaten Gresik, Peta Batas Desa Kecamatan Balongpanggang, Peta Batas Kecamatan Balongpanggang, Peta Penggunaan Tanah, Peta Penguasaan Tanah, dan Peta Rencana Tatat Ruang Wilayah Kabupaten Gresik). Selanjutnya dilakukan penyusunan basisdata spasial kedalam server basisdata spasial yaitu Map Server For Windows (MS4W), dan kemudian dilakukan penyusunan basisdata tekstual kedalam server basisdata tekstual yaitu Xampp (Php MyAdmin), sehingga menghasilkan suatu Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah.

2. Pengguna (user) menggunakan Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah dengan baik dan benar. Berdasarkan simulasi yang telah dilakukan oleh pengguna, setiap layanan dapat dijalankan dengan mudah. Terbukti pada saat pengujian aplikasi memperoleh hasil pada rentang level bagus hingga sangat bagus untuk tampilan aplikasi, rentang level mudah hingga sangat mudah untuk kemudahan penggunaan aplikasi dan penggunaan menu pada aplikasi, rentang level membantu hingga sangat membantu untuk percepatan pelayanan, serta level sangat bermanfaat untuk kemanfaatan aplikasi.

B.Saran.

1. Aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah ini, diharapkan dapat dimanfaatkan oleh Kantor Pertanahan dalam proses pelayanan pertanahan informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah khususnya seksi survei pengukuran dan pemetaan sub seksi tematik dan potensi tanah, dan seksi pengaturan dan penataan pertanahan sub seksi penatagunaan tanah dan kawasan

tertentu sehingga nantinya dapat membantu percepatan dalam proses pelayanan pertanahan terkait informasi nilai tanah dan ketersediaan tanah.

2. Pengembangan lebih lanjut terhadap aplikasi Layanan Informasi Nilai Tanah dan Ketersediaan Tanah yang telah dibuat sangat diperlukan, sehingga aplikasi tersebut menjadi lebih sempurna dan dapat dikembangkan kedalam sistem KKP Web Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Kantor Pertanahan Kabupaten Gresik, dan rekan-rekan angkatan XXI STPN Yogyakarta.

DAFTAR PUSTAKA

Ahmadi, Murwan. (2015). Pemanfaatan Peta ZNT untuk Rancang Bangun Aplikasi Layanan PNBP, PBB, dan BPHTB, (tidak dipublikasikan). *Skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional. Yogyakarta.

Prahasta, Eddy. (2007). *Membangun Aplikasi Web-based Gis dengan MapServer,* Bandung Informatika.

Rahmad, Yulad Nur. (2012). Pembangunan Sistem Informasi Nilai Tanah dan Uji Perbedaan Peta Zona Nilai Tanah PBB terhadap Peta ZNT BPN, (tidak dipublikasikan). *Skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional. Yogyakarta.

Sugiyono. (2015). *Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D.* Bandung, Alfabeta.

Zarnuji, Muhammad. (2015). Pembangunan Sistem Informasi Kearsipan Untuk Pengelolaan Gambar Ukur Di Kantor Pertanahan Lombok Utara, (tidak dipublikasikan). *Skripsi*, Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional. Yogyakarta.

Uji Kemampuan *Low Cost GPS Receiver* ED2GPS Produk Indonesia dengan Metode *Zero Baseline* untuk Mendukung Penentuan Posisi secara Akurat

Susilo[b], Eddy Priyanto[a], Kosasih Prijatna[b], Edwin Hendrayana[a], dan Joni Efendi[a]

[a,] Badan Informasi Geospasial, Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46 Cibinong, 16911 (susilo@big.go.id)
[b,] Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha 10 Bandung, 40132

ABSTRACT

In recent years the development of manufacturing technology of a GPS receiver is already highly developed, in terms of the dimensions of size and ability. Accuracy of GPS positioning is getting better, while the price getting cheaper. This condition will greatly help of GPS applications in all fields, especially in fast and accurate positioning. This paper describes the performance test of the accuracy low-cost GPS receiver ED2GPS PRO made in Indonesia for positioning. By using a zero baseline method and the observation data 5', 10', 15 ', and 30', we get the distance difference of 0.2 mm, 0.3 mm, 0.3 mm, and 0.3 mm respectively. These results shows that the ED2GPS PRO give the good accuracy so it can be used to determine the position with high accuracy.

Keywords *low cost GPS receiver,* ED2GPS PRO, Indonesia, positioning

Pendahuluan

Pemanfaatan teknologi GPS dalam penentuan posisi semakin berkembang di masyarakat. Hal ini ditandai dengan semakin banyaknya penggunaan GPS dalam berbagai aplikasi penentuan posisi seperti penentuan kerangka koordinat, pemetaan secara cepat dan akurat, studi geodinamika, studi atmosfer, transportasi, dan sebagianya (Abidin, 2007). Karakteristik ketelitian penentuan posisi dengan GPS salah satunya sangat bergantung pada receiver GPS yang digunakan.

Abidin, 2007 memberikan gambaran tentang karakteristik ketelitian posisi dengan harga berbagai macam tipe receiver, mulai dari geodetik, pemetaan, navigasi. Semakin tinggi ketelitian posisi yang diinginkan maka semakin mahal juga harga dari receiver GPS-nya.

Studi ini akan melakukan uji kemampuan receiver ED2GPS Pro yang merupakan karya anak bangsa Indonesia untuk penentuan posisi secara akurat.

Metodologi

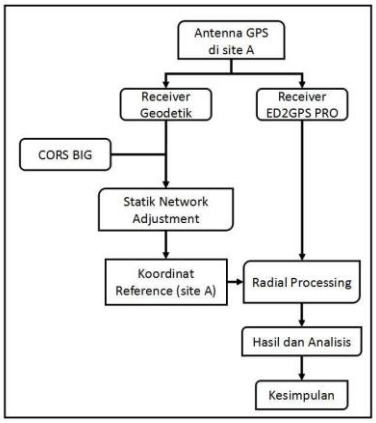
Pengujian kinerja sebuah receiver GPS dapat dilakukan dengan melihat beberapa indikator, yaitu dari kualitas data pengukuran dan akurasi posisi yang dihasilkan (Prijatna, komunikasi pribadi). Kualitas data pengukuran dapat ditentukan dari berberapa faktor, antara lain: (i) stabilitas receiver pada saat pengukuran, (ii) sensitivitas receiver terhadap efek lingkungan, (iii) daya tahan receiver pada saat pengukuran, (iv) stabilitas radio komunikasi (untuk receiver yang bisa melayani mode RTK). Keempat faktor penyebab tersebut bisa dipelajari dengan menganalisis beberapa parameter sebagai berikut: *Signal-to-Noise ratio* (SNR), nilai multipath, jumlah satelit yang teramati, jumlah cycle slip, panjangnya data pengukuran. Indikator selanjutnya adalah akurasi posisi yang dihasilkan. Receiver yang baik harus bisa melayani berbagai macam penentuan posisi secara statik/kinematik, absolut/relatif dan *real-time kinematic*. Dalam hal ini beberapa parameter bisa digunakan (untuk melihat kualitas posisi yang dihasilkan): repeatibilitas posisi, *root mean square* (RMS), *standard deviation* dan residual pengamatan.

Metodologi yang digunakan dalam studi ini terlihat pada Gambar 1, dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengukuran GPS menggunakan metode zero baseline, dengan mengamati GPS menggunakan satu antenna dan dua receiver secara bersamaan. Dua receiver GPS yang digunakan adalah receiver GPS tipe geodetik (rcv_01) dan receiver GPS ED2GPS PRO (rcv_02). Interval data pengamatan adalah 1 detik.
2. Pengolahan data dari rcv_01 yang terikat ke 4 stasiun CORS BIG yang kemudian dilakukan perataan jaringan untuk

mendapatkan koordinat yang teliti dari titik A. Koordinat hasil perataan jaringan ini selanjutnya diasumsikan sebagai koordinat yang benar dan akurat dari titik A.

3. Pengolahan secara radial data rcv_02 terhadap rcv_01. Lama data pengamatan yang digunakan dalam tahapan ini adalah 5", 10" 15" 30" dan 1 jam.
4. Analisis hasil pengujian, yang meliputi analisis selisih koordinat dari tahapan no 2 dan 3.



Gambar 1. Metode uji kemampuan receiver ED2GPS PRO

ED2GPS PRO

ED2GPS PRO adalah sebuah receiver dual frekuensi yang diproduksi oleh perusahaan di Indonesia. Receiver ini merupakan tipe receiver *low cost.* Bentuk dari receiver ini seperti terlihat pada Gambar 2. Ukuran receiver yang kecil diharapkan dapat mempermudah pengguna dalam melakukan survey penentuan posisi tapa harus memikirkan tempat penyimpanan yang luas.



Gambar 2. Bentuk receiver ED2GPS PRO

Receiver ED2GPS mempunyai beberapa varian, yaitu: ED2GPS Lite, ED2GPS Max, dan ED2GPS Pro. Dalam penelitian ini, receiver GPS yang digunakan adalah ED2GPS Pro, dengan spesifikasi terlihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi ED2GPS Pro

Kategori	Spesifikasi
Fitur utama	- 100% Android OS - Akurasi sentimeter RTK (CORS) - Kontroler *Smartphone*
Sensor GPS	Frekuensi: L1, C/A code, L1/L2 P code (GNSS *optional*) *Channel*: 120-*channel parallel tracking* *Update rate: 1 Hz Default* Akurasi RTK *single baseline*: 10 mm Akurasi NRTK: 10 mm Akurasi DGPS: 50 cm *Standalone*: 2 m
Komunikasi	Data transmisi: Bluetooth Data Protokol: NMEA0183, Binary Status LED: Power, GPS, Bluetooth Indikator Baterai: 4 LED
Power	Tipe Baterai: 2 x 18650 LIPO Kapasitas Baterai: 2 x 3000mAH Voltase Antena: 5 Volt DC Impedance Antena: 50 Ohms Charger: 5 Volt DC
Mekanikal	Material: plastik Konektor antena: SMA *female* Konektor *charger*: mikroUSB
Aktivitas Survei	DGPS Realtime, L1/L2 RTK, PPP, Single

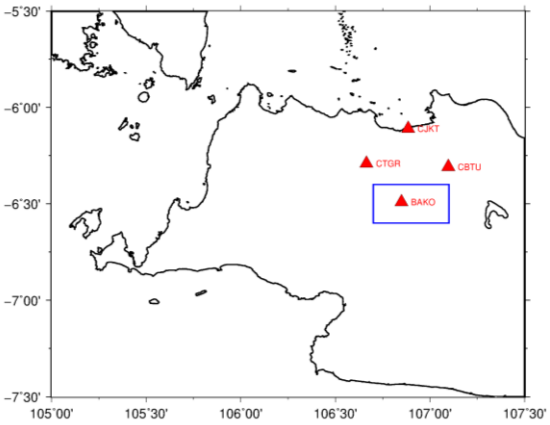
Hasil dan Pembahasan

Uji kemampuan receiver ED2GPS Pro menggunakan beberapa stasiun GPS kontinu BIG sebagai referensi untuk penentuan posisi titk yang dijadikan sebagai referensi ketika melakukan pengolahan data dengan metode *zero baseline.* Sebaran dari stasiun GPS kontinu BIG yang digunakan dalam studi ini terlihat pada Gambar 3. Dengan sebaran stasiun GPS sebagai titik referensi seperti terlihat pada Gambar 3, diharapkan dapat menghasilkan ketelitian penentuan posisi dalam jarak pendek sampai menengah (50 m - 50 km).

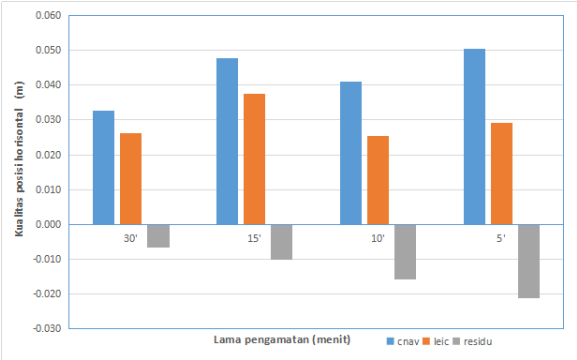
Kualitas posisi dari hasil pengolahan data terhadap keempat titik referensi dengan metode jaraing dapat dilihat pada Gambar 4.

Dari nilai residual kualitas posisi horisontal yang diperoleh dapat dilihat bahwa sangat bergantung pada lama pengamatan yang dilakukan, akan tetapi dengan lama pengamatan selama 5' dengan interval data 1" perbandingan

kualitas posisi dengan hasil receiver geodetik < 3 cm. Hal ini menunjukkan bahwa receiver ED2GPS Pro sangat memungkinkan digunakan untuk penentuan posisi secara cepat dan akurat.



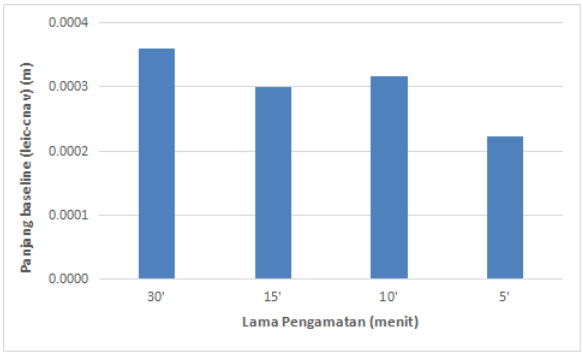
Gambar 3. Sebaran titik GPS yang digunakan dalam penelitian ini; kotak biru merupakan lokasi titik untuk uji kemampuan receiver ED2GPS Pro.



Gambar 4. Kualitas posisi horisontal dan residualnya hasil pengolahan metode jaring terhadap titik referensi; leic adalah receiver tipe geodetik dua frekuensi, cnav adalah receiver ED2GPS Pro.

Zero Baseline

Metode zero baseline dilakukan dengan mengolah data pengamatan pada satu titik yang diamati dengan menggunakan dua receiver. Sebagai titik referensi digunakan koordinat dari titik leic, dimana receiver yang digunakan adalah receiver tipe geodetik dua frekuensi. Pengolahan data dilakukan dengan selang data pengamatan 30', 15' 10' dan 5'. Kualitas hasil pengolahan data dengan menggunakan metode zero baseline dalam studi ini dilihat dari jarak baseline antara leic dan cnav dan standar deviasinya. Jarak baseline yang dihasilkan dalam studi ini terlihat pada Gambar 5.



Gambar 4. Jarak baseline antara leic dan cnav.

Nilai jarak baseline yang dihasilkan adalah < 1 mm, hal ini menandakan bahwa koordinat yang dihasilkan dari penentuan posisi menggunakan receiver ED2GPS Pro sangat teliti, karena hasilnya mendekati koordinat dari receiver tipe geodetik.

Kesimpulan dan Saran

Dari studi yang dilakukan untuk uji kemampuan receiver ED2GPS Pro dapat disimpulkan bahwa receiver ED2GPS Pro mempunyai kemampuan utnuk digunakan sebagai alat penentuan posisi dengan akurasi yang tinggi. Hal ini ditandai dengan hasil residual kualitas penentuan posisi menggunakan receiver ED2GPS Pro < 3 cm, jika menggunakan data pengamatan selama 5' dengan interval 1". Untuk mendapatkan kualitas posisi horisontal < 1 cmm diperlukan data pengamatan selama ~30' dengan interval 1'.

Jarak baseline dari hasil pengujian dengan menggunakan metode zero baseline < 1 mm. Hal ini mengidikasikan akurasi koordinat yang dihasilkan oleh receiver ED2GPS Pro mendekati atau hampir sama dengan akurasi koordinat dari receiver tipe geodetik.

Dari dua metode yang digunakan untuk uji kemampuan receiver ED2GPS Pro dapat disimpulkan bahwa receiver ED2GPS Pro mempunyai kemampuan yang sangat baik digunakan untuk penentuan posisi dengan akurasi tinggi.

Ucapan terima kasih

Studi ini didukung oleh ITB dan BIG. Sebaran titik GPS diplot menggunakan GMT 5.1.0 (Wessel dkk. 2013)

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z., 2007, *Penentuan Posisi dengan*

GPS da Aplikasinya, Cetakan ke-3, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.

Wessel P., W. H. F. Smith, R Scharroo, J F. Luis, dan F. Wobbe, (2013) Generic Mapping Tools: Improved version realeased, *EOS Trans. AGU, 94*, 409-410.

Pembuatan Model Primitif 3D Bangunan Benteng Vredeburg dari Data *Terrestrial Laser Scanner*

Wahyu Marta Mutiarasari[a*], Gondang Riyadi[a], Istarno[b], Ruli Andaru[a]

[a,] Staf Pengajar Prodi D-III Teknik Geomatika, Departemen Teknologi Kebumian SV-UGM
[b,] Staf Pengajar Prodi Teknik Geodesi Departemen Teknik Geodesi FT-UGM
wahyu.marta.m@gmail.com, gondang@ugm.ac.id, istarno@ugm.ac.id, ruli.andaru@gmail.com

Abstract

3D modeling can be done easily by using Terrestrial Laser Scanner data. 3D modeling is useful to know the construction and shape of the building, to support decision making and policy making which are related to spatial planning. This study created a 3D primitive model of the Benteng Vredeburg (Vredeburg Fort) structures based on Terrestrial Laser Scanner data. The data, in the form of point clouds, are the result of measurement by using Terrestrial Laser Scanner (TLS) Faro Focus 3D X330. 3D point clouds data of the measurement results was registered using Faro Scene 5.3.3 software with the target-to-target and cloud-to-cloud methods. Furthermore, the registration point clouds were exported so that the data can be processed using Leica Cyclone software. With this software, the researchers did geo-referencing and filtering stages to the point clouds data. Furthermore, primitive 3D modeling was done with Leica Cyclone by implementing the principle of merging the 3D primitive objects in the form of cylinder, box, sphere, cone and torus. The results of Benteng Vredeburg 3D modeling is a combination of primitive forms, such as: solid, surface and mesh.

Keywords 3D Primitive Model, Terrestrial Laser Scanner, Point Clouds

Pendahuluan

Model 3 dimensi merupakan kumpulan geometri yang terdiri dari titik-titik x, y, z pada ruang 3 dimensi. Pemodelan 3 dimensi bisa menjadi salah satu cara dokumentasi keruangan. Manfaat dokumentasi keruangan adalah untuk mengetahui konstruksi dan bentuk bangunan serta dapat digunakan untuk keperluan rekonstruksi atau pemugaran. Pada akhirnya, pemodelan 3 dimensi dapat mendukung pengambilan keputusan dan pembuatan kebijakan yang dilakukan oleh pemangku kepentingan.

Untuk mendukung dokumentasi keruangan tersebut, perkembangan teknologi geospasial dalam melakukan pemetaan geospasial dapat dimanfaatkan. Salah satu metode pemetaan geospasial yang akurat, detail dan efisien adalah dengan menggunakan teknologi *Terrestrial Laser Scanning* (Riyadi dkk, 2016).

Teknologi *Terrestrial Laser Scanning (TLS)* dapat menghasilkan model 3 dimensi terhadap objek yang diukur. *TLS* ini merupakan suatu instrumen yang memancarkan sinar laser untuk memindai *(scan)* segala objek yang ada di sekitarnya (Adefan, 2016). Kelebihan dari alat ini dibandingkan dengan alat survei lain adalah dapat melakukan akuisisi data di lapangan lebih cepat karena tidak memerlukan banyak titik poligon yang diketahui koordinatnya (Quintero dkk, 2008).



Gambar 1. Akuisisi data dengan *TLS* dan hasil model 3 dimensi

Sumber : Riyadi dkk (2016)

Hasil pengukuran dengan teknologi *TLS* ini adalah titik-titik dengan jumlah yang sangat banyak dan memiliki koordinat 3 dimensi. Titik-titik hasil pemindaian ini disebut dengan *point clouds*. *Point clouds* merupakan kumpulan data titik dalam ruang 3D dalam suatu sistem koordinat (Sitek, 2006). Berdasarkan *point clouds* tersebut dapat diolah dan diperoleh model 3 dimensi suatu objek. *Point clouds* hasil perekaman dengan *TLS* ini akurat dengan waktu pengukuran yang relatif singkat. Artinya, data mencakup semua bagian objek tanpa terkecuali. Dengan adanya data yang lengkap dan komprehensif

ini bisa dimanfaatkan untuk berbagai kepentingan.

Dalam Adefan (2016) dilakukan pemodelan 3 dimensi dengan memanfaatkan data dari pengukuran *TLS*. Objek penelitan adalah gedung bertingkat Teknik Geodesi UGM. Selain menghasilkan model 3 dimensi, dalam penelitian tersebut juga dilakukan pemetaan untuk keperluan kadaster 3 dimensi.

Dalam penelitian ini, dilakukan pemodelan 3 dimensi dengan menggunakan data hasil pengukuran dengan teknologi *TLS*. Pemodelan 3 dimensi yang dibuat adalah dengan bentuk primitif 3 dimensi, yaitu dengan menggabungkan objek-objek primitif 3 dimensi. Adapun objek penelitian adalah Benteng Vredeburg yang berada di kawasan nol kilometer Yogyakarta.

Metodologi

Data

Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *point clouds* dan koordinat titik kontrol. Data *point clouds* adalah data hasil pemindaian di lapangan dengan alat *Terrestrial Laser Scanner* (TLS) dari beberapa *scan world* yang digabungkan. Data *point clouds* tersebut mencakup seluruh bangunan Benteng Vredeburg yang merupakan objek dalam penelitian ini.

Koordinat titik kontrol merupakan titik yang dipasang dan diukur di sekitar Benteng Vredeburg. Titik kontrol ini digunakan untuk proses *geo-referencing*.

Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian mencakup perangkat keras dan perangkat lunak. Perangkat keras yang dimaksud adalah satu unit komputer untuk pengolahan data. Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *Windows 7 Ultimate*, *Microsoft Office 2013*, *Faro Scene 5.3.3* yang digunakan untuk proses registrasi antar *scan world* dan *Leica Cyclone 6.1* yang digunakan untuk proses *geo-referencing* dan filterisasi *noise* hasil dari proses pemindaian di lapangan.

Metodologi

Pelaksanaan penelitian mencakup beberapa tahapan, antara lain tahap registrasi data hasil pengukuran, tahap *export* data hasil registrasi, tahap *geo-referencing*, tahap filterisasi dan tahap pembuatan model 3 dimensi.

Tahapan pertama dalam penelitian adalah melakukan registrasi terhadap data hasil pengukuran yang berupa *scan world*. Tahapan registrasi ini dilakukan agar semua *scan world* tergabung dalam satu sistem koordinat tunggal. Untuk melakukan tahapan ini digunakan perangkat lunak *Faro Scene 5.3.3*. Perangkat lunak ini merupakan perangkat lunak bawaan alat *TLS Faro focus 3D X330*. Dalam penelitian ini dilakukan dua tahapan registrasi, yaitu registrasi *target to target* dan registrasi *cloud to cloud.*

Registrasi *target to target* dilakukan dengan berdasarkan target berupa *sphere* yang dipasang saat pemindaian objek di lapangan. Target *sphere* tersebut dapat dideteksi secara otomatis dengan fitur *pre processing* pada perangkat lunak *Faro Scene 5.3.3*. Target *sphere* yang terdeteksi pada perangkat lunak dimungkinkan ada yang berwarna hijau dan ada yang berwarna kuning. Pada pengukuran di lapangan sebelumya digunakan *resolution scan* 1/8 sehingga *sphere* terdeteksi sempurna pada jarak ≤ 15 meter dari posisi berdiri alat. Jika target *sphere* berada pada jarak antara 15 meter sampai 20 meter dari posisi berdiri alat maka target *sphere* akan terdeteksi kurang sempurna.

Tahapan registrasi selanjutnya adalah registrasi *cloud to cloud*. Registrasi *cloud to cloud* dilakukan dengan menyamakan atau mendekatkan *point clouds* yang sama antar *scan world*. Registrasi ini dilakukan jika target *sphere* di lapangan tidak terdeteksi sehingga registrasi *target to target* sebelumnya belum sempurna. Registrasi ini dapat digunakan pula untuk menyambungkan data hasil pengukuran pada hari yang berbeda. Pada pengukuran di lapangan sebelumnya dilakukan pengukuran selama dua hari sehingga registrasi *cloud to cloud* digunakan untuk menyambungkan data hasil pengukuran pada hari pertama dan hari kedua. Pendekatan yang dilakukan terhadap *point clouds* yang sama antar *scan world* ini dilakukan dengan fitur *correspondent view* pada perangkat lunak *Faro Scene 5.3.3*.

Dalam tahap registrasi penelitian ini, terdapat dua *cluster* pemisah. Masing-masing *cluster* tersebut dilakukan proses registrasi *target to target* dan *cloud to cloud*. Jika angka RMSE menunjukkan kurang dari 7 mm, kedua *cluster* dapat digabung dengan mengunci setiap *cluster*. Selanjutnya, gabungan kedua *cluster* tersebut diregistrasi dengan *target to target* dan *cloud to cloud*.

Data *point clouds* hasil registrasi tersebut selanjutnya akan diolah dengan perangkat lunak *Leica Cyclone*. Perangkat lunak ini hanya dapat membaca data *point clouds* dengan format .pts. Oleh karena itu, dilakukan tahapan *export* untuk mengubah format data hasil registrasi ke dalam format .pts. Tahapan *export* terhadap *point clouds* dilakukan dengan fitur *export scan point* pada perangkat lunak *Faro Scene 5.3.3*. Dalam tahapan ini terjadi pengurangan jumlah *point clouds* yang bertujuan untuk meringankan pekerjaan dengan perangkat *Leica Cyclone.*

Pengolahan data *point clouds* dengan perangkat lunak

Leica Cyclone diawali dengan tahapan *geo-referencing*. Tahapan *geo-referencing* bertujuan untuk membawa data *point clouds* ke suatu sistem koordinat tanah sesungguhnya di atas permukaan bumi. Tahapan ini dilakukan dengan fitur *set coordinate system from point* pada perangkat lunak *Leica Cyclone*. Pada proses ini diperlukan dua titik kontrol. Titik kontrol yang pertama digunakan sebagai acuan masukan nilai koordinat x, y dan z dalam sistem koordinat UTM. Titik kontrol yang kedua digunakan sebagai acuan orientasi azimut.

Selanjutnya dengan perangkat lunak *Leica Cyclone* dilakukan tahapan filterisasi. Tahapan filterisasi bertujuan untuk menghilangkan data *point clouds* yang tidak diperlukan. Untuk melakukan proses tersebut, digunakan fitur *fence* pada perangkat lunak *Leica Cyclone*. Prinsip dari fitur *fence* adalah mendefinisikan batas antara daerah yang diperlukan dan daerah yang tidak diperlukan. Penggunaan fitur ini dapat dipilih antara *delete inside* atau *delete outside*. *Delete inside* dapat menghilangkan *point clouds* yang berada di dalam batas sedangkan delete *outside* dapat menghilangkan *point clouds* yang berada di luar batas. Dalam penelitian ini, yang diperlukan adalah *point clouds* pada bangunan Benteng Vredeburg, *point clouds* di luar bangunan dihapus atau dihilangkan dengan fitur *fence*.

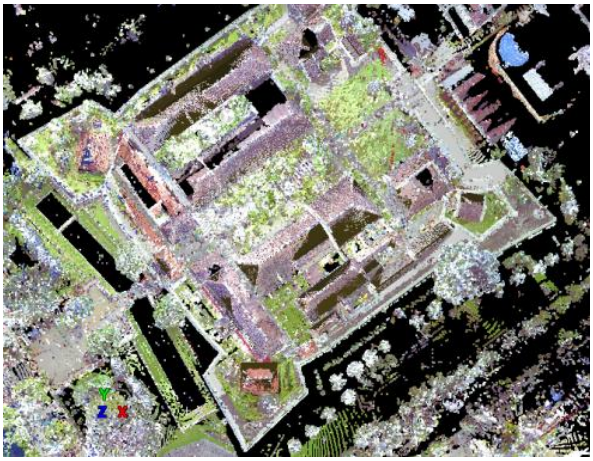
Tahapan selanjutnya adalah pembuatan model 3 dimensi yang berupa bentuk primitif 3 dimensi. Tahapan ini menggunakan *point clouds* yang sudah difilterisasi sebelumnya. Pembuatan model primitif 3 dimensi ini dilakukan dengan perangkat lunak *Leica Cyclone* memanfaatkan fitur *insert object*. Prinsip pemodelan primitif 3 dimensi ini adalah dengan memodelkan bangunan Benteng Vredeburg dari gabungan objek-objek primitif 3 dimensi. Adapun objek primitif 3 dimensi yang digunakan antara lain *cylinder, box, sphere, cone* dan *torus.* Setelah pemodelan selesai dapat dilakukan pewarnaan terhadap model. Pemberian warna terhadap model primitif 3 dimensi dapat dilakukan dengan fitur *edit color/material*. Tujuan pewarnaan adalah untuk membedakan setiap bagian bangunan dan untuk aspek keindahan objek.

Hasil dan Pembahasan

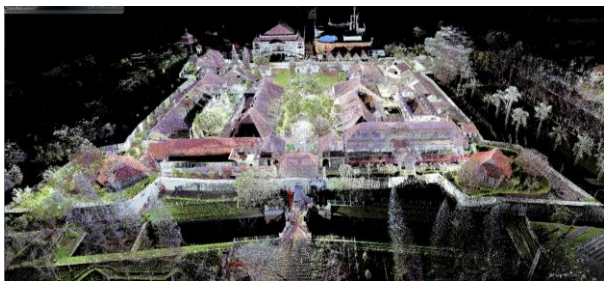
Hasil dalam penelitian ini adalah model primitif 3 dimensi bangunan Benteng Vredeburg. Di dalam satu model 3 dimensi Benteng Vredeburg ini terdiri dari bentuk primitif yang *solid, surface* maupun *mesh.*

Dalam proses registrasi *target to target*, perangkat lunak *Faro Scene 5.3.3* dapat menunjukkan ketelitian registrasinya. Ketelitian registrasi diindikasikan dengan warna. Batasan-batasan *Term of reference (TOR)* dari indikator warna tersebut adalah warna hijau < 10 mm, warna kuning $\geq$ 10 mm dan $\leq$ 20 mm, dan merah > 20 mm. Warna hijau menunjukkan bahwa target *sphere* terdeteksi secara sempurna sedangkan target *sphere* yang berwarna kuning tidak terdeteksi sempurna. Kesempurnaan deteksi target *sphere* dipengaruhi oleh jarak antara *sphere* dan posisi berdiri alat sedangkan jarak maksimal deteksi target *sphere* tersebut dipengaruhi oleh *resolution scan.*

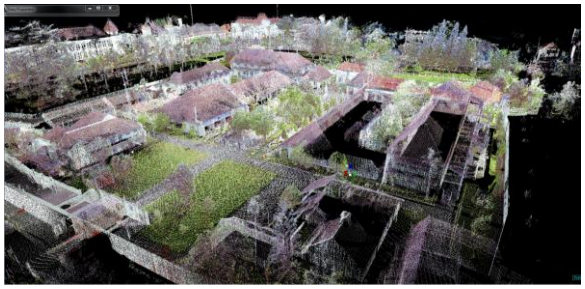
Proses akuisisi data di Benteng Vredeburg dilakukan selama dua hari. Hari pertama, pengukuran dilakukan di dalam benteng bagian bawah. Pada hari kedua, pengukuran dilakukan di benteng bagian atas. Proses akuisisi data yang berbeda hari dan terbagi-bagi beberapa lokasi menyebabkan proses registrasi menggunakan metode kombinasi. Bagian pertama yang disebut *cluster 1* adalah benteng bagian dalam, diregistrasi dahulu dengan metode kombinasi. Selanjutnya, *cluster* 2 yaitu benteng bagian luar diregistrasi juga dengan metode kombinasi. Hasil registrasi kedua *cluster* tersebut kemudian digabung dengan registrasi metode *cloud to cloud*.



Gambar 2. Hasil registrasi Benteng Vredeburg (tampak atas)

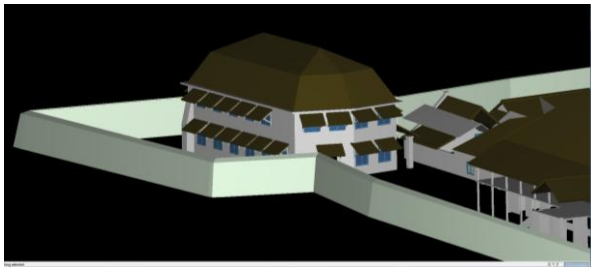


Gambar 3. Hasil registrasi Benteng Vredeburg (tampak depan)

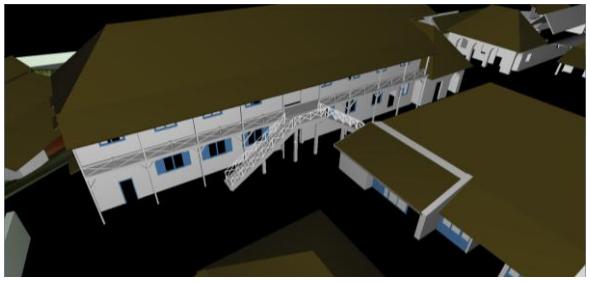


Gambar 4. Hasil registrasi Benteng Vredeburg (tampak bagian dalam)

Hasil registrasi kemudian dimodelkan dengan perangkat lunak *Leica Cyclone*. Pemodelan menggunakan bentuk primitif *solid*, *surface* ataupun *mesh*. Adapun hasil pemodelan primitif 3 dimensi disajikan pada Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8 berikut.



Gambar 5. Hasil pemodelan 3 dimensi (pojok benteng)



Gambar 6. Hasil pemodelan 3 dimensi (bagian tengah benteng)

Pembuatan model primitif diawali dengan pembuatan pilar dan dinding bangunan Benteng Vredeburg. Model primitif 3 dimensi yang digunakan adalah bentuk *solid*. Setelah pemodelan seluruh pilar dan dinding bangunan, dilakukan pembuatan atap bangunan benteng. Pembuatan atap benteng menggunakan bentuk primitif *surface* dengan fitur *insert object*.



Gambar 8. Hasil pemodelan 3 dimensi (tampak atas)

Berdasarkan hasil pemodelan 3 dimensi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7, dapat dilihat bahwa pemodelan 3 dimensi bangunan Benteng Vredeburg sangat detail. Bangunan dimodelkan mulai dari bagian bawah benteng, bagian atas benteng hingga atap. Bahkan detil seperti jendela, pintu, pilar dan anak tangga dapat disajikan dalam model 3 dimensi yang baik.

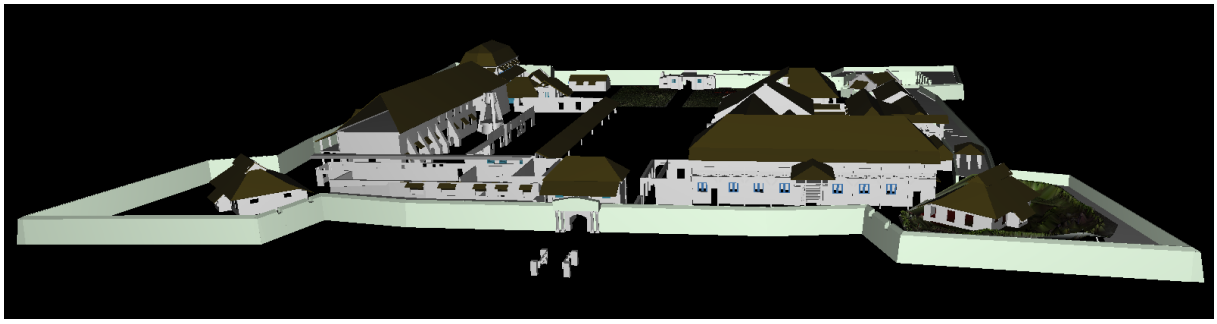
Kesimpulan dan Saran

Beberapa kesimpulan yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Hasil *scanning TLS* dapat digunakan untuk membentuk model *solid* primitif 3D bangunan Benteng Vredeburg secara detail dan realistik.

61. Model primitif 3D yang terbantuk bisa digunakan sebagai dokumentasi digital 3D bangunan Benteng Vredeburg dengan dimensi dan ukuran yang sama dengan kondisi sebenarnya.

62. Dengan data digital 3D ini maka pengambil



Gambar 7. Hasil pemodelan 3 dimensi (tampak depan)

keputusan dan pembuat kebijakan akan terbantu karena bisa merencanakan segala sesuatu dengan lebih cepat dan dengan data yang komprehensif.

Saran yang dapat disampaikan terkait penelitian yang sudah dilakukan adalah perlu dilakukan kajian akurasi hasil pemodelan primitif 3D ini dengan membandingkan dengan pengukuran langsung di lapangan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristek dan DIKTI atas dukungannya sebagai fasilitator melalui skema Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT). Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait, yaitu LPPM UGM, Sekolah Vokasi UGM, Teknik Geomatika SV UGM, Teknik Geodesi UGM dan pengelola Benteng Vredeburg atas bantuannya dalam melaksanakan penelitian. Semoga bantuan yang diberikan menjadi amal ibadah bagi kita semua. Amin.

Daftar Pustaka

Adefan, A.A., 2016, "Pembuatan Peta dari Ekstraksi Data Point Clouds 3D Hasil Pengukuran Terrestrial Laser Scanning dalam Penyediaan Data Spasial Kadaster 3D", *Skripsi*, Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.

FARO, 2015, *SCENE User Manual*, FARO Technologies Inc, USA.

Marsh, D., 2005, "Applied Geometry for Computer Graphics and CAD", Second Edition, *Springer-Verlag*, London, Berlin, Heidelberg.

Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M., dan Barnes, S., 2008, *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning Project (3DriskMapping)*, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna.

Reddington, J., 2005, *HDS Training manual*, Leica Geosystem.

Reshetyuk, Y., 2009, *Terrestrial Laser Scanning, Error Sources, Self-Calibration and Direct Georeferencing*, Royal Institute of Technology, Berlin.

Rusinkiewicz, S., *Efficient Variants of the ICP Algorithm*, Stranford University.

Riyadi, G., Istarno, dan Rahardjo, U., 2016, "Model Prototype 3D Bangunan Heritage Berbasis Geospasial untuk Mendukung Keistimewaan Yogyakarta", *Laporan Kemajuan*, Teknik Geomatika SV UGM, Yogyakarta.

Sitek, 2006, "Tomographic Reconstruction Using an Adaptive Tetrahedral Mesh Defined by a Point Cloud", *IEEE Trans. Med. Imag.* ***25*** *1172*