

PROSIDING

**Konferensi Teknik dan
Sains Informasi Geospasial ke-1**

**Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik
untuk Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan**

**(Good Geospatial Information Governance for
Sustainable National Development)**

21-22 November 2012

Gedung University Club Universitas Gadjah Mada

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS GADJAH MADA**



**The 1st Conference on Geospatial Information
Science and Engineering**

ISBN 978-979-98731-4-9



9 789799 987314

Prosiding

Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial ke-1

The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering

Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik untuk

Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan

Good Geospatial Information Governance for

Sustainable National Development

Yogyakarta, 21-22 November 2012

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Yogyakarta, 2012

Editor:

Heri Sutanta

Abdul Basith

Harintaka

Parseno

Purnama Budi Santosa

Reviewer:

Abdul Basith

Catur Aris Rokhmana

Dedi Atunggal

Djawahir

Djurdjani

Fahmi Amhar

Heri Sutanta

Purnama Budi Santosa

Sumaryo

Kata Pengantar

Puji dan syukur kita panjatkan kepada Tuhan YME atas segala kemudahan dari-Nya sehingga acara Seminar Nasional ini dapat terselenggarakan dengan lancar termasuk kehadiran buku prosiding ini.

Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial ke-1 ini diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada dengan tema **“Tatakelola Informasi Geospasial yang Baik untuk Pembangunan Nasional yang Berkelanjutan”**. Melalui konferensi ini, para akademisi, peneliti, praktisi, dan pemangku kepentingan pelaksanaan pembangunan daerah dapat bertukar ide dan temuan terbaru terkait teknologi survei, pemetaan dan pengelolaan informasi geospasial yang bermanfaat dalam pembangunan nasional yang berkelanjutan.

Panitia konferensi mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu sekalian atas kontribusi makalahnya maupun atas kehadirannya pada acara ini. Tak lupa, terima kasih yang sebesar-besarnya kami haturkan pada seluruh jajaran panitia yang tidak dapat kami sebutkan satu-persatu, pihak sponsor dan kontributor lainnya atas bantuannya baik secara moril maupun materiil.

Kami juga menyadari, meskipun dengan sekuat tenaga acara telah direncanakan dengan matang, tetapi jika dalam penyelenggaraan acara ini masih terdapat kekurangan, kami mohon maaf sebesar-besarnya.

Yogyakarta, 21 November 2012

Konferensi Teknik dan Sain Informasi Geospasial

Teknik Geodesi FT-UGM

Ketua Panitia,

Dr.Eng. Purnama Budi Santosa

Daftar Isi Prosiding

Halaman Judul	i
Susunan Panitia	ii
Kata Pengantar	iii
Daftar Isi	iv
Kumpulan Makalah Konferensi	
1. Aplikasi Basis Data Jaring Kontrol Geodesi Guna Mendukung Percepatan Penyebarluasan Informasi Geospasial (IG) [Refereed Paper] <i>Arisauna M. Pahlevi, Marsono J.T.P</i>	1
2. Menuju Tata Kelola Data Garis Pantai Nasional dalam Kaitannya dengan <i>One Map Policy</i> [Refereed Paper] <i>Fajar Triady Mugiarto, Kusumo Widodo</i>	9
3. Urgensi Penegakan Hukum Dalam Tata Kelola Informasi Geospasial [Refereed Paper] <i>Akbar Hiznu Mawanda</i>	15
4. Keterbukaan Informasi Publik Data Spasial Bidang Tanah Untuk Menjamin Kepastian Hukum Pendaftaran Tanah [Refereed Paper] <i>Tjahjo Arianto</i>	25
5. Migrasi Metadata Spasial Nasional dari SNI 7335:2008 ke Metadata Nasional Berdasarkan ISO 19115 <i>Trias Aditya, Agung Indrajit, Antonius B. Wijanarko, Purnama B. Santosa, Tandang Y. Putra</i>	33
6. Crowdsourcing Geoportals for Rapid Post-disaster Damage Mapping <i>Arie Yulfa</i>	39
7. Penatakelolaan dan Berbagi Data dan Informasi Geospasial Komunitas dengan OpenStreetMap dan JOSM Editor <i>Purnama Budi Santosa</i>	49
8. Purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi Berbasis Desktop <i>Yanto B., Trias Aditya, Rochmad M.</i>	55
9. Penerapan Struktur Topologi Pada Basisdata Spasial 3 Dimensi Untuk Kadaster 3 Dimensi <i>Wahyu Marta M., Trias Aditya, Waljiyanto</i>	65

10. Pemanfaatan Terintegrasi Data Citra Satelit dan SIG dalam Mendukung Kebijakan Pengelolaan Pertanahan
*Budi Jaya Silalahi, Irawan Sumarto, Asmadi Adnan
Purnomo Hadi, Faus Tinus Handi Feryandi* _____ **75**
11. Pembangunan Model Distribusi Populasi Penduduk Pada Sistem Grid Skala Ragam (Studi Kasus: Wilayah Bandung) [Refereed Paper]
Reneica Ayu Pratiwia, Akhmad Riqqi, R. Driejana _____ **81**
12. LIDAR Block Adjustment Self Calibration Using General Least Square Method [Refereed Paper]
Soetaat, Agung Setianto, G.H. Anto, Handy _____ **89**
13. DSM LIDAR Sebagai Data Pendukung Pemetaan Rupabumi Skala 1:10000
Wildan Firdaus, Aldino Rizaldy _____ **93**
14. Orthorectification and Visualization of Mobile Laser Scanning (MLS) Data in the Context of Large Scale Mapping
W. Tampubolon, E. Hendrayana, M. Hahn _____ **97**
15. Perbedaan Ketelitian Metode Registrasi Data *Laser Scanner* Menggunakan Koordinat Station dan Koordinat Target *Backsight*
Sigit Riyanto _____ **105**
16. Robust and Fully Automated Mosaicing UAV Images : A Preliminary Result [Refereed Paper]
Martinus Edwin Tjahjadi, Hery Purwanto, Silvester Sari Sai. _____ **113**
17. Metode Cepat, Ekonomis, dan Akurat Penentuan Deformasi Struktur Material Jembatan Baja dengan Kamera SLR [Refereed Paper]
Pradono Joanes D. Deo, Silvester Sari Sai, Martinus Edwin Tjahjadi _____ **119**
18. Pemodelan Kondisi Bangunan Candi Borobudur Pasca Erupsi Merapi dengan UAV-based Fotogrametri
Ruli Andaru, Catur Aries Rokhmana _____ **125**
19. Potensi Sistem Penginderaan Jauh dengan Wahana Udara Nir-Awak Untuk Pemetaan Tata Ruang Wilayah Urban
Catur Aries Rokhmana _____ **131**
20. Modelling Deformation at Sunda Strait Based on GPS Observation of Year 2006-2011
Fajriyanto, Irwan Meilano, Parluhutan Manurung, Eko Rahmadi _____ **135**

21. GNSS Kinematic of Doppler Noise Effect with Respect to Airborne Precision: Case Study in Sangatta, East Kalimantan Island, in Indonesia
Sunantyo ARIS, Istarino, and Haryanto Bambang _____ 145
22. Pemanfaatan BPN Web CORS Station / Spiderweb untuk Keperluan Survei Kadastral BPN RI [Refereed Paper]
Rangga Bayu Prasetya , Carisma Bramantio , Adhityo Susilo Nugroho _____ 155
23. Pemanfaatan GNSS CORS untuk Penentuan Titik Dasar Teknik Orde 3 Menggunakan Metode Rapid Static dengan Moda Radial [Refereed Paper]
Nurrohmat Widjajanti, Margareta Ellya Lim Putraningtyas, Amon Yoga Mausara _____ 161
24. Pengaruh Penggunaan Titik Ikat GPS untuk Penentuan Posisi Offshore Platform [Refereed Paper]
Hidayat Panuntun, Nurrohmat Widjadjanti, T. Aris Sunantyo, Djawahir, Parseno 171
25. Pemodelan Spasial Ladaan Tsunami Menggunakan Variasi Lokasi Sumber dan Magnitude Gempa Studi Kasus Kota Padang
Abdul Basith, Widjo Kongko, Nadya Oktaviani _____ 179
26. Analisis Persebaran Sedimentasi Waduk Berdasarkan Data Multi Epoch Hasil Pengukuran Bathymetry yang Terikat Pada Stasiun GNSS-CORS
Bambang Kun Cahyono, Dedi Atunggal SP _____ 187
27. Artificial Neural Network Analysis for Landslide Susceptibility Modeling in Karanganyar Regency
Faus Tinus Handi Feryandi, Albert Remke, Jorge Mateu, Pedro Cabral _____ 195
28. Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob Kota Semarang [Refereed Paper]
Arief L.N, Purnama B.S., Trias Aditya _____ 207
29. Penanganan dan Aplikasi Data Pasang Surut IOC untuk Menunjang Perencanaan Sosial Wilayah Pesisir Daerah
Abdul Basith, Anggun Wara Pangesti _____ 219
30. Kontrol Kualitas Data Pasang Surut Jaring *Permanent Service for Mean Sea Level* (PSMSL) di Pulau Jawa
Leni S. Heliani, Danardono, Irwan Endaryanto, Anggun Pangesti, Ari D. Hartanto _____ 227
31. Perbandingan Segmen Batas Wilayah yang Berbatasan Antara Dua Daerah yang Berbeda Tahun Pembentukannya: Studi Kasus Kabupaten Kepahiang dan

Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu [<i>Refereed Paper</i>]	
<i>Hary L. Prabowo</i>	233
32. Sebuah Alternatif Terhadap Pelaksanaan Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 [<i>Refereed Paper</i>]	
<i>Bambang Riadi, Fahmi Amhar</i>	241
33. Aspek Geospasial dalam Sengketa Pulau Berhala	
<i>Sumaryo</i>	247
34. Delimitasi Batas Maritim Antara Indonesia dan Malaysia di Perairan Tanjung Berakit	
<i>I Made Andi Arsana, Farid Yuniar</i>	257
35. Identifikasi Daerah Resapan Air dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang)	
<i>Bandi Sasmito, Bambang Sudarsono, Fajar Dwi Hastono</i>	269
36. Program Aplikasi Android Berbasis GIS Untuk Mencari Lokasi ATM (Anjungan Tunai Mandiri)	
<i>Agung Setiawan, Andri Suprayogi</i>	277
37. Pengelola Tanah Kas Desa (Studi Kasus: Desa Panggunharjo Bantul)	
<i>Djurdjani, Parningotan HS</i>	283
38. Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Lokasi Papan Iklan di Wilayah Kota Semarang	
<i>Andri Suprayogi, Arwan Putra Wijaya, Lea Kristi Agustina</i>	289
39. Pembinaan Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP untuk Menyiapkan Lulusan yang Memiliki Kompetensi Bidang Informasi Geospasial	
<i>Bambang Sudarsono</i>	295

Aplikasi Basisdata Jaring Kontrol Geodesi Guna Mendukung Percepatan Penyebarluasan Informasi Geospasial (IG)

Arisauna M. Pahlevi, Elisa Harlia S., Diyah Novita K., Marsono J.T.P

Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika, Badan Informasi Geospasial

Jln. Raya Jakarta-Bogor KM. 46 Cibinong-Bogor, Telp. +062-21-8757329, Email: arisauna.pahlevi@gmail.com

Abstract

Law No. 4 of 2011 about Geospatial Information provides legal and binding rules on the implementation of geospatial information. Geospatial Information Agency (GIA; In Bahasa Indonesia BIG) as the agency that organizes geospatial information, has made stage of implementation geospatial information. Stages are collection geospatial data, processing geospatial data and geospatial information, storage and security geospatial data and geospatial information, dissemination geospatial information and use of geospatial information. One of geospatial information is geodetic control networks. Geodetic control network data collection has been done ever since Dutch colonial, but dissemination is less. So, we need application to facilitate geodetic control networks access, especially National Horizontal Control Networks (JKHN) and National Vertical Control Networks (JKVN). The data used in the making of this application are Indonesia spatial data, data and information of JKHN and JKVN managed by BIG, and territorial information in Indonesia. Making these application using Open source Geoserver map provider, MySQL database program, Openlayers and JQuery (JavaScript library) for rendering map, and programming language PhpMyAdmin and apache. This application, a refinement of the previous database application. Users can use facility click on map, input coordinate and search by order to find JKHN/JKVN data and information. For public access requires policies, rules and regulations. If this application can be accessed widely by the people, it will facilitate dissemination and exchange geodetic control networks data and information as mandated Law No. 4 of 2011 clause 41 about geospatial information dissemination.

Keywords: geospatial information dissemination, geodetic control networks, JKHN, JKVN.

Pendahuluan

Latar belakang

Jaring kontrol geodesi menurut Undang-Undang No. 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial (UU-IG) terdiri dari Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN), Jaring Kontrol Vertikal Nasional (JKVN), dan Jaring Kontrol Gayaberat Nasional (JKGN). Wujud Jaring Kontrol Geodesi (JKG) direpresentasikan oleh Titik Kontrol Geodesi (TKG). TKG adalah posisi di muka bumi yang ditandai dengan bentuk fisik tertentu yang dijadikan sebagai kerangka acuan posisi untuk Informasi Geospasial (IG).

Adanya UU-IG memberikan suatu payung hukum dan aturan yang mengikat terkait dengan penyelenggaraan IG khususnya Informasi Geospasial Dasar (IGD) dalam hal ini JKG. Penyelenggaraan IG dilakukan melalui tahapan sebagai berikut, pengumpulan data Data Geospasial (DG); pengolahan DG dan IG; penyimpanan dan pengamanan DG dan

IG; penyebarluasan DG dan IG; serta penggunaan IG. Yang termasuk dalam penyebarluasan DG dan IG adalah kegiatan pemberian akses, pendistribusian, dan pertukaran DG dan IG yang dapat dilakukan dengan menggunakan media elektronik dan media cetak.

Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai Instansi penyelenggara IG, khususnya IGD, dalam hal ini JKG, telah melakukan kegiatan pengumpulan data JKG, bahkan sejak jaman pendudukan Belanda dengan metode dan peralatan yang disesuaikan dengan masa nya hingga sekarang. BIG juga telah melakukan pengolahan data JKG dan menjadikannya sebagai informasi JKG, serta melakukan penyimpanan dan pengamanan data dan informasi tersebut secara terus menerus dari tahun ke tahun. Selanjutnya upaya penyebarluasan data dan informasi JKG sampai saat ini dirasa kurang maksimal, mengingat BIG tidak mempunyai kantor perwakilan/cabang dan belum adanya suatu aplikasi yang bisa diakses bebas oleh masyarakat luas. Penyebarluasan data dan informasi

ini akan berimbas pada penggunaan data dan informasi. Jika penyebaran data dan informasi berjalan optimal, maka penggunaan data dan informasi akan lebih optimal, begitu pula sebaliknya.

Permasalahan

Kebutuhan akan data dan informasi JKG semakin luas dan bertambah, namun belum tersedianya suatu aplikasi yang bisa diakses secara bebas oleh masyarakat luas. Di dalam tulisan ini akan dibahas mengenai sekilas status JKG di Indonesia dan pembuatan aplikasi basisdata JKG, khususnya JKHN dan JKVN dengan area studi di seluruh wilayah Indonesia, serta pemanfaatannya guna ikut serta dalam mempercepat penyebaran IG.

Maksud dan Tujuan

Tulisan ini bermaksud untuk memaparkan sekilas mengenai status JKG di Indonesia dan pembuatan aplikasi basisdata JKG, khususnya JKHN dan JKVN, serta pemanfaatan aplikasi guna mempercepat penyebaran IG. Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah agar masyarakat mengetahui mengenai status JKG di Indonesia dan adanya aplikasi tentang basisdata JKG, khususnya JKHN dan JKVN.

Metodologi

JKG yang akan dibahas di dalam tulisan ini adalah: 1) JKHN, yaitu sebaran titik kontrol geodesi horizontal yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi, 2) JKVN, yaitu sebaran titik kontrol geodesi vertikal yang terhubung satu sama lain dalam satu kerangka referensi.

Data JKHN dan JKVN yang dimaksud dalam tulisan ini adalah JKHN dan JKVN dalam bentuk **pilar/titik**. Sedangkan untuk mendapatkan data dan informasi mengenai JKHN dan JKVN perlu dilakukan tahapan sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir Survei JKHN dan JKVN

- a. Perencanaan survei; perencanaan survei merupakan tahapan awal untuk mendapatkan data dan informasi JKHN dan JKVN. Di dalam perencanaan survei terdapat kegiatan

perencanaan area/daerah survei, metode yang digunakan saat survei, peralatan yang dipakai saat survei dan jumlah peralatannya, jumlah tim survei, lama waktu survei, serta biaya yang dibutuhkan saat survei. Perencanaan survei dilakukan selama kurang lebih 2-3 bulan sebelum survei pendahuluan.

- b. Survei pendahuluan; survei pendahuluan atau yang lebih dikenal dengan pra-survei/rekonesen adalah kegiatan yang dilaksanakan untuk mengetahui kondisi lingkungan area survei, yang termasuk dalam kegiatan ini adalah pencarian lokasi pilar/titik JKHN/JKVN sesuai dengan rencana(desain awal), pengurusan izin survei di pemerintah daerah setempat, pembuatan pilar/titik JKHN/JKVN, serta pembuatan deskripsi pilar/titik JKHN/JKVN.
- c. Pengukuran dan pengamatan; kegiatan pengukuran dan pengamatan merupakan kegiatan pengambilan data menggunakan peralatan yang sesuai dengan kebutuhan survei. Untuk JKHN menggunakan peralatan GNSS dengan spesifikasi tertentu, sedangkan untuk JKVN menggunakan peralatan digital leveling dengan spesifikasi tertentu. Hasil dari kegiatan ini adalah raw data dan logsheet pengukuran.
- d. Pengolahan data; kegiatan pengolahan data adalah kegiatan mengolah data yang diambil di lapangan menjadi suatu informasi sesuai dengan pemanfaatannya. Yang dihasilkan dari pengolahan data adalah nilai koordinat (X, Y, Z) untuk JKHN, koordinat tinggi orthometrik untuk JKVN, deskripsi wilayah, sketsa wilayah detil dan umum.
- e. Verifikasi hasil; setelah dilakukan pengolahan data, perlu adanya kontrol kualitas. Upaya ini dilakukan agar data dan informasi yang akan diberikan ke masyarakat luas merupakan data dan informasi yang benar.
- f. Penyimpanan data; penyimpanan data dilakukan sesuai dengan standar operating prosedur penyimpanan yang berlaku.

Setelah dilakukannya tahapan dalam pembuatan data dan informasi yang telah dijelaskan pada point a-f, data yang telah tersimpan, kemudian dimasukkan kedalam basisdata. Selanjutnya, dilakukan pembuatan aplikasi basisdata JKG, tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Data yang dibutuhkan :
 - Form logsheet dan Deskripsi yang dihasilkan saat survei JKHN dan JKVN;
 - Hasil perhitungan JKHN dan JKVN yang telah tervalidasi/terverifikasi (berupa koordinat X, Y, Z dan tinggi orthometrik);

- Peta administrasi wilayah Indonesia dalam bentuk SHP.

BADAN KOORDINASI SURVEY DAN PEMETAAN NASIONAL
Bidang Kerangka Geodesi-PUSAT GEODESI DAN GEODINAMIKA
Jl. Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cikemang 15911, Telp. 021-8797522

DOKUMEN PENGAMATAN (LOGSHEET) GPS

Unit Pengamatan: Luring Kontrol Vertikal (LKV) - Janda Tanggal: 2010

Revisi: 0021 (4 Revisi) No. GPS: TTG.0021

Distrik: Bojonegara Kecamatan: Cempaka

Kelurahan: Cempaka Desa: Jambu Tengah

Kelompok: Pn. Sinarwati Nama: Ulfah Pekerjaan: CCB/PTG

Peralatan dan Parameter Pengamatan GPS

Revisi: 0021 Model: Leica SR122000 SN: 411598

Antena: Topcon Model: Leica AT122000 SN: 00200009

Panjang Kabel Antena: 30m Tinggi Antena (dibaca): 1,115m Sebelum: 1,115m

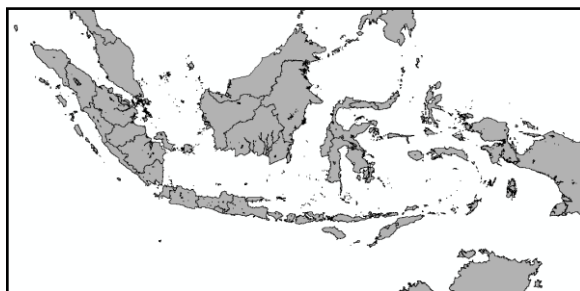
Waktu Pengamatan: 30 detik Suhu: 0

PENGAMATAN	WAKTU		TANGGAL		MAGN	DDY
	LOKAL	UTC	LOKAL	UTC		
MULAI	11:52	04:51	26:05	26:05	000	148
BERAKHIR	05:30	23:30	27:05	27:05	000	148

Rincian Pengamatan (catat setiap 1 jam pengamatan kemudian setiap 2 - 4 jam)

Waktu (UTC)	05:52	07:58	09:52	11:58	13:01	17:51	21:02	22:17
Tinggi (P)	1008.4	1009.2	1007.5	1008.8	1009.2	1008.9	1007.8	1007.8
Suhu (T)	23.0°C	29.2°C	28.0°C	28.0°C	28.5°C	28.0°C	28.5°C	28.0°C
Kelembaban	108	98	108	98	108	94	98	103
Status Baterai	100%	100%	100%	91%	95%	94%	92%	91%
Sisa Memory	29402	29224	29069	28825	28583	28433	28110	28091

Gambar 2. Contoh Logsheet hasil survei JKHN dan JKVN



Gambar 3. Peta administrasi wilayah Indonesia dalam bentuk SHP

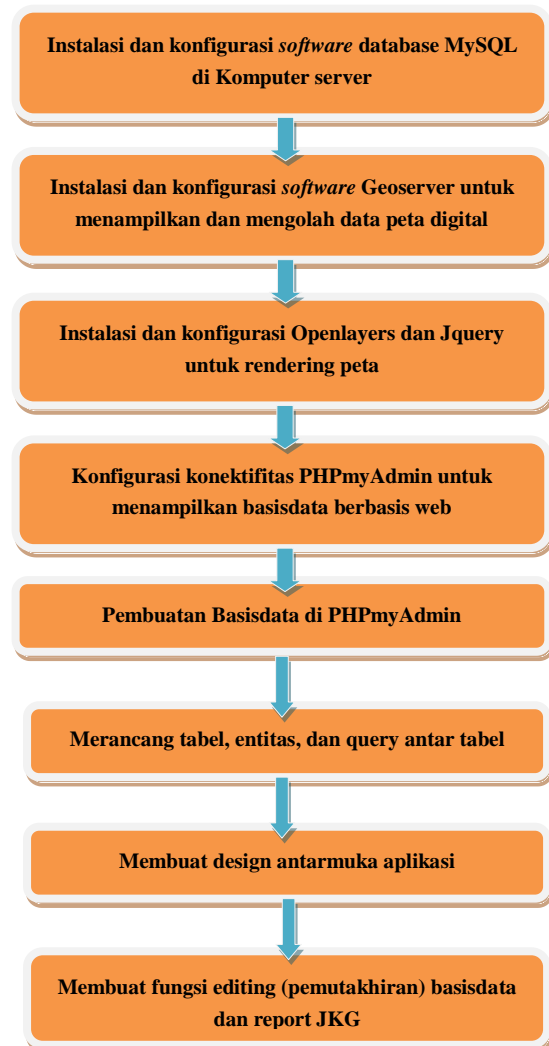
2) Peralatan:

- Perangkat lunak yang mendukung pembuatan aplikasi basisdata;
 - Geoserver, merupakan *map provider*, digunakan sebagai *interface*, *share*, *editing* dan *layouting* data geospasial;
 - Open layer dan jQuery (Java script library), digunakan untuk *rendering* peta yang kemudian ditampilkan di *web browser*;
 - MySQL dan MS.Access digunakan dalam pembuatan basisdata;
 - PHPMyAdmin merupakan bahasa pemrograman untuk pembuatan aplikasi;

- Apache merupakan program server yang digunakan dalam pembuatan aplikasi ini.

- Perangkat keras yang digunakan adalah:
 - Server data dan server internet;
 - Komputer dan laptop.
- 3) Penyusunan sistem basisdata

Penyusunan sistem basis data didalamnya terdapat kegiatan instalasi dan konfigurasi semua perangkat lunak yang dibutuhkan, merancang tabel, merancang query antar tabel, merancang desain tampilan, merancang report yang akan di hasilkan dan merancang untuk pemutakhiran basisdata termasuk didalamnya menghapus dan merubah isi basis data. Dapat dijelaskan dalam diagram alir berikut:



Gambar 4. Diagram alir penyusunan sistem basisdata

- 4) Inventarisasi dan identifikasi data dan informasi yang relevan

Tahapan selanjutnya adalah inventarisasi dan identifikasi data dan informasi yang relevan. Pengumpulan data dan informasi JKHN dan JKVN secara resmi dimulai sejak tahun 1980, data dan informasi tersebut disimpan dalam beberapa tempat penyimpanan (*storage*), yaitu *harddisk* komputer, CD, DVD, *harddisk eksternal*, bahkan data dan informasi dalam bentuk *hardcopy* disimpan di dalam lemari penyimpanan. Kondisi penyimpanan yang demikian membuat data dan informasi sulit untuk dilakukan inventarisasi. Oleh karena itu, dalam tahapan ini dilakukan pengumpulan semua data baik berupa *hardcopy* maupun *softcopy*. Adapun data dan informasi yang dikumpulkan adalah:

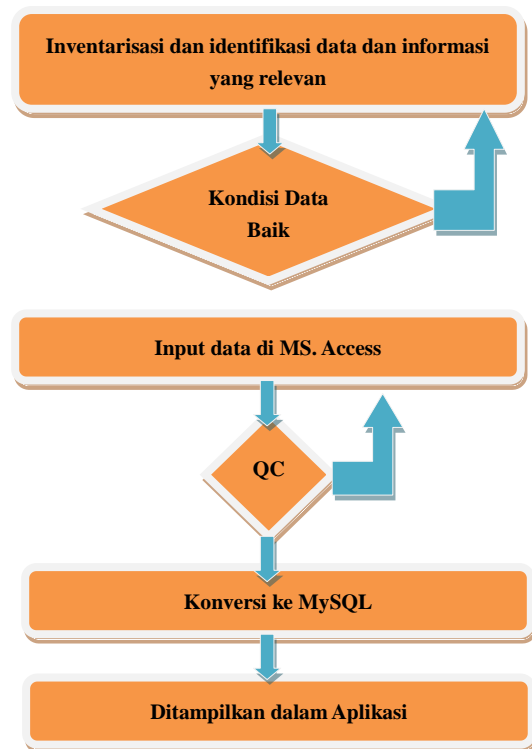
- logsheet pengukuran;
- deskripsi titik yang di survei;
- sket umum dan sket detail;
- nilai koordinat horizontal maupun vertikal;
- serta semua informasi kewilayahan yang nantinya akan memudahkan dalam pengisian basis data dan penginformasian ke masyarakat mengenai titik yang disurvei.

Setelah data dan informasi berhasil dikumpulkan, kemudian dilakukan identifikasi data dan informasi yang relevan. Sehingga diharapkan tidak terdapat kesalahan mengenai data dan informasi.

5) Integrasi data dan informasi kedalam basisdata

Integrasi data dan informasi ke dalam basisdata dilakukan setelah semua data terkumpul dan benar. Integrasi data dilakukan di microsoft office access terlebih dahulu, untuk

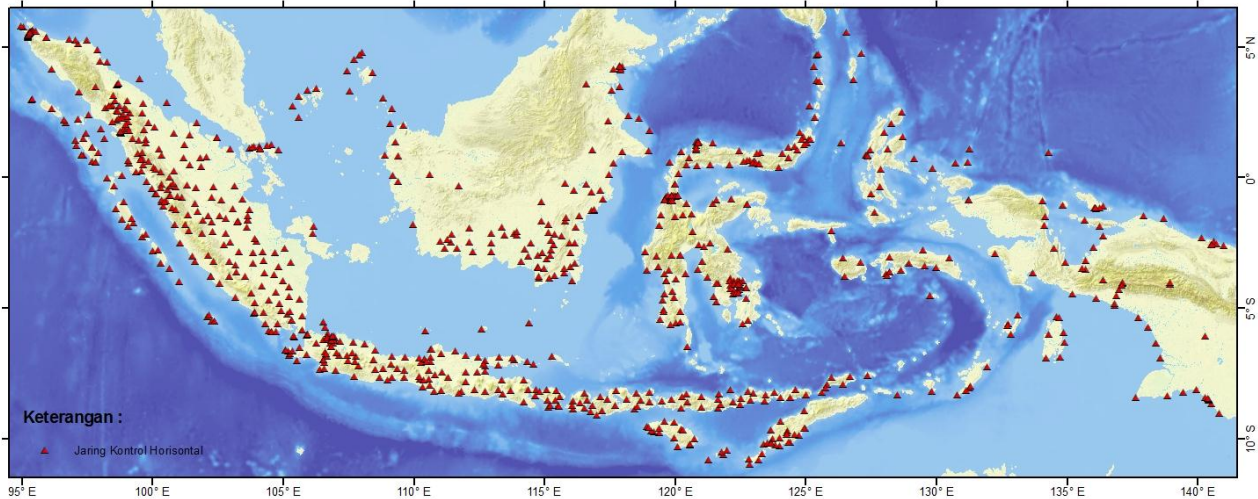
mempermudah proses editing jika terdapat kesalahan, setelah data dan informasi terintegrasi dengan benar-benar baik, kemudian dikonversi ke dalam mysql di phpmyadmin. Setelah semuanya terkonversi, baru ditampilkan ke dalam aplikasi. Penjelasan tersebut dapat disederhanakan dalam diagram alir berikut:



Gambar 5. Diagram alir integrasi data dan informasi

6) Uji Coba sistem

Uji coba sistem dilakukan untuk menguji apakah sistem dan basisdata yang dibuat sudah terintegrasi dengan benar. Uji coba sistem ini dilakukan berulang-ulang sampai hasil akhir yang diharapkan sesuai dengan tujuan kegiatan.



Gambar 6. Peta Sebaran JKHN

Hasil dan Pembahasan

Status JKHN dan JKVN

Pengukuran JKHN sudah dimulai sejak jaman pendudukan Belanda di Indonesia. Metode yang digunakan yaitu dengan pengukuran triangulasi yang terdapat di puncak bukit dan gunung, yang antara satu titik dengan titik lainnya saling terlihat. Pengukuran ini telah dimulai pada tahun 1862. Seiring dengan perkembangan teknologi penentuan posisi, terdapat sistem satelit navigasi Doppler, dan BIG (dahulunya Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional) menggunakan teknologi ini pada tahun 1974. Selanjutnya berkembang sistem satelit Global Positioning System (GPS), yang sekarang bernama Global Navigation Satellite System (GNSS), dimulai pada tahun 1989, BIG juga menggunakan teknologi ini untuk pengukuran JKHN. Saat ini teknologi GNSS juga digunakan untuk pengukuran JKVN, dengan metode GNSS Heighting.

Sampai tahun 2012, jumlah JKHN orde 0 dan 1 yang

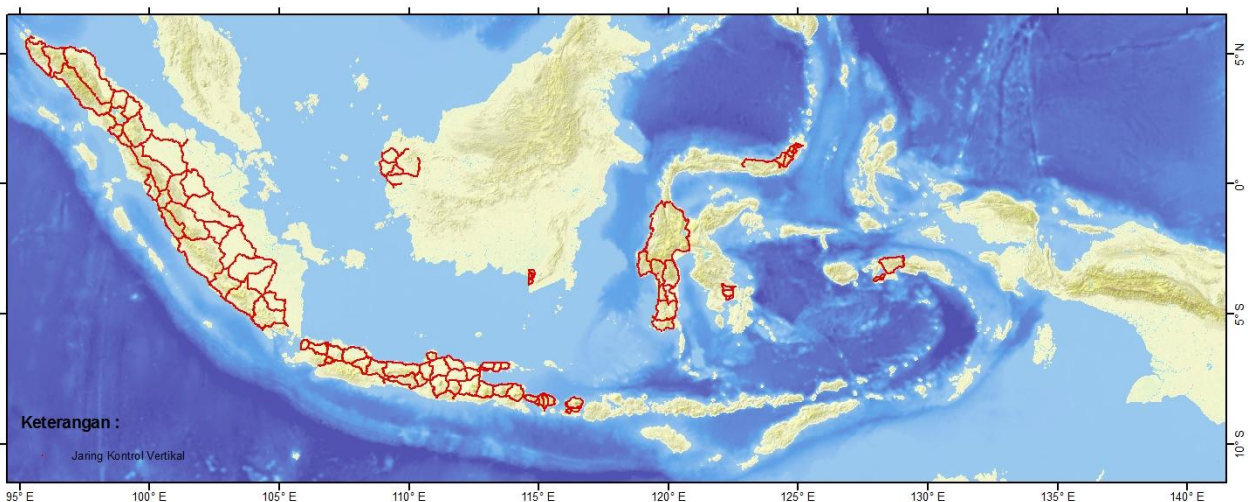
dikelola BIG berjumlah 700 pilar/titik, dengan penyebaran di hampir setiap kabupaten di seluruh wilayah Indonesia.

Pengukuran JKVN dimulai sejak tahun 1986 hingga 2012. Jumlah JKVN orde 1 dan 2 yang dikelola BIG adalah 5911 pilar/titik, dengan persebaran di sepanjang jalan propinsi di Pulau Jawa, Pulau Sumatera, Bali, Lombok, Kalimantan Barat, Sebagian Kalimantan Selatan, Sulawesi dan Pulau Ambon.

Dimulai sejak tahun 2010 dilakukan pemeliharaan pilar JKVN, dihasilkan 30.39 % JKVN yang telah dipelihara, dari total JKVN yang telah dipelihara, terdapat 64.31 % pilar dalam kondisi baik, 6.4 % rusak, dan 29.29 % hilang (Hidayah, 2012).

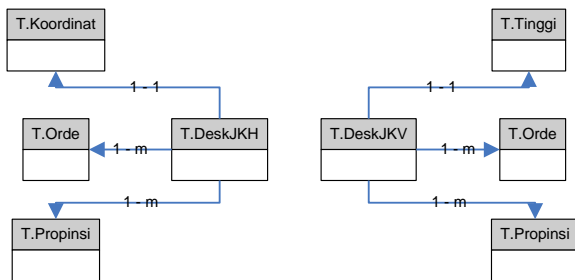
Desain Basisdata

Sebelum adanya aplikasi basisdata JKG yang diberi nama dengan Sistem Informasi Geodesi 2012 (Sigeob2012), BIG khususnya Pusat Jaringan Kontrol Geodesi dan Geodinamika telah mempunyai Sistem Informasi Geodesi 2003 (Sigeob03). Sigeob03 memakai perangkat lunak basisdata MS. Access. Dan



Gambar 7. Peta Sebaran JKVN

mempunyai desain basisdata sebagai berikut:

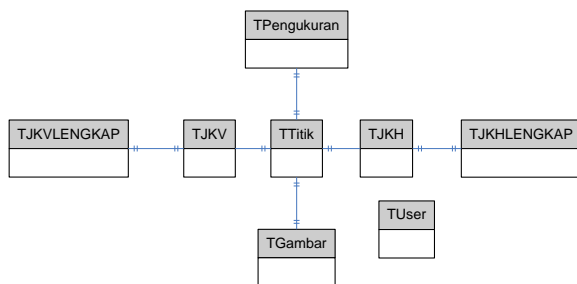


Gambar 8. Desain Basisdata Sigeob03

Terdapat beberapa kelemahan terhadap desain basisdata pada Sigeob03 yaitu:

1. Informasi JKHN dan JKVN tidak terhubung, mengakibatkan jika terdapat satu pilar/titik JKHN yang juga merupakan JKVN maka harus mengisi informasinya satu persatu.
2. Tabel belum normal, masih terdapat redundansi.

Pada Sigeob12 desain basisdata telah sedikit diperbaiki, namun belum sempurna, terdapat masalah pada normalisasi tabel basisdata MySQL dan tipe datanya. Dikarenakan masalah normalisasi pada tabel Sigeob03, maka pada database MySQL Sigeob12 ini sengaja dibuat redundance agar data Sigeob03 yang redundance dapat diterima. Desain basisdata pada Sigeob12 adalah:



Gambar 9. Desain Basisdata Sigeob012

Hubungan antar tabel/entitas adalah 1 – 1. Setiap TPengukuran wajib mempunyai Ttitik, begitu pula sebaliknya. Setiap Titik bisa mempunyai TJKH/TJKV, namun TJKH/TJKV wajib mempunyai Ttitik. Sedangkan TJKH/TJKV wajib mempunyai TJKHLENGKAP/TJKVLENGKAP. Titik wajib mempunyai Tgambar, begitu pula sebaliknya. Untuk Tuser merupakan tabel aksesibilitas pengguna dalam mengakses aplikasi. Misalkan pengguna yang login dengan nama guest, maka akan diberi hak untuk melihat sebaran JKHN/JKVN saja, tidak bisa melihat informasi koordinat/tinggi. Pengguna yang diberi akses sebagai operator, bisa melihat sebaran, informasi titik, serta koordinat/tinggi. Sedangkan pengguna yang diberi akses sebagai admin, bisa memakai semua fasilitas termasuk merubah isi, menghapus, dan menambahkan data dan informasi

JKHN/JKVN. Tabel Ttitik berisi informasi kewilayahan (Idtitik, Propinsi, Kabupaten, Kecamatan, Desa, Nama setempat, Uraian lokasi, Akomodasi dan jalan menuju lokasi, kenampakan menonjol, dan kondisi pilar). Tabel TPengukuran berisi informasi pengukuran (nama surveyor pengukur, tanggal pengukuran, alat ukur, jenis pilar, nama jalur dan tahun update). Tabel TJKH/TJKV berisi dengan informasi koordinat teliti dari JKHN/JKVN. Tabel TJKHLENGKAP/ TJKVLENGKAP berisi dengan informasi detail tentang pilar/titik JKHN/JKVN. TGambar berisi informasi sketsa umum, sketsa detail, dan foto JKHN/JKVN. Setiap tabel dilakukan query antar tabel sehingga menghasilkan report seperti pada gambar 10, yang informasinya dipakai acuan dalam berbagai keperluan survei baik praktis maupun penelitian.

BADAN INFORMASI GEOSPASIAL (BIG)		Nama Titik
PUSAT JARING KONTROL GEODESI DAN GEODINAMIKA Jl. Baso Jakarta - Bogor Km. 46 Cikarang 40131 PG. Box 46 C31 Telp. (021) 879631, 879333 Fax. (021) 879631, 879647 Email: info@bakosurtanal.gov.id SISTEM INFORMASI GEODESI (SIG)		N.0001
JARING KONTROL HORIZONTAL NASIONAL		
DESKRIPSI TITIK GPS		
Nomor Pilar : TTK.0001	Nama Setempat : BIG (dekat BAKOSURTANAL)	
Desa / Kelurahan : Sempora	Kecamatan : Cibinong	
Kabupaten / Kota : Bogor	Provinsi : Jawa Barat	
Keterangan Pilar : Standard Pilar TTK Orde Satu / Pilar Stasiun Tetap GPS (23101M002+)		
Koordinat Geodetik (GGM05/WGS84)		Zona UTM Zona 48
Lintang = 6° 29' 27.7958" S	Timur = 704462.046 meter	
Bujur = 106° 50' 56.0750" E	Utara = 9282139.677 meter	
Tinggi Elipsoid = 158.167 meter	Faktor Skala = 1,000117	
	Konvergensi Grid = 12' 42.72"	
Koordinat Kartesian (ETRF 2000 Epoch 1998,0)		
X = -1836969.0518 meter		Z = -716257.8062 meter
Jalan Ke Lokasi : Dari Kota Bogor ke arah Jakarta sekitar 15 km (km. 46 dari Jakarta), belok kanan menuju ke Kantor Bakosurtanal. Pilar terletak di kawasan halaman depan.		
Uraian Lokasi : Pilar terletak di depan gedung nama Bakosurtanal, dekat Pos penjagaan, kira-kira 20 m ke Utara.		
Kenampakan Menonjol : Gedung Bakosurtanal		
Sketsa Umum		Sketsa Detail
Catatan : Bila Pilar hilang/rusak, hubungi alamat diatas		Basisdata Dibuat/Update Tahun: 2004
		Ditask Tanggal: 11/02/2012 05:23 PM

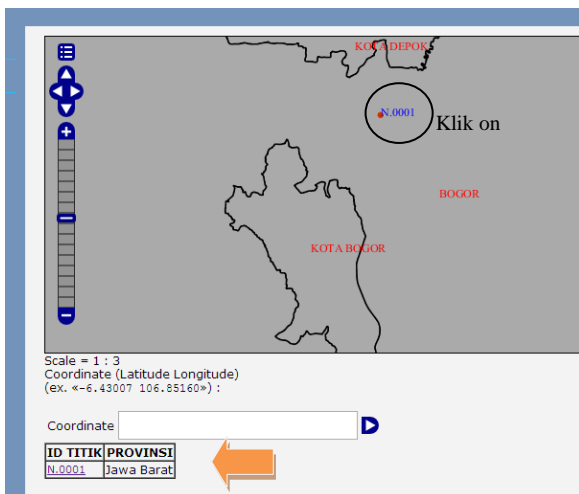
Gambar 10. Contoh Report JKHN

Aplikasi Basisdata JKG

Hasil dari aplikasi basisdata JKG yang diberi nama Sigeob2012 ini adalah adanya fitur-fitur untuk mempermudah pengguna mencari data dan informasi JKHN dan JKVN. Fitur-fitur yang terdapat dalam aplikasi ini adalah:

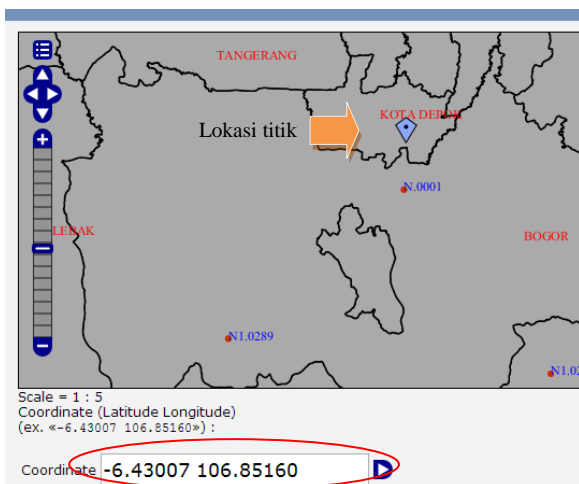
1. *Click on Map*; dengan memilih titik JKHN/JKVN yang terdapat di dalam peta, pengguna bisa mendapatkan informasi mengenai JKHN/JKVN

yang diinginkan.



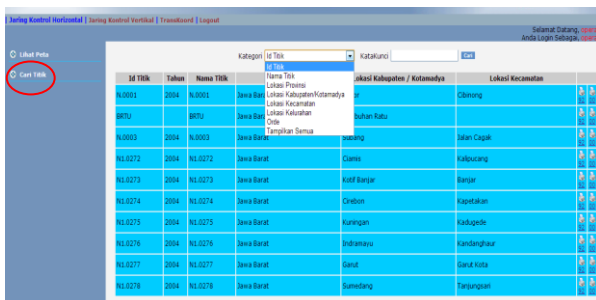
Gambar 11. Fitur *Klik On Map*

2. *Input coordinate*; dengan mengisi koordinat di kolom *input coordinate*, pengguna bisa dengan mudah mengetahui lokasi koordinat tersebut, dan lokasi JKHN/JKVN yang terdekat.



Gambar 12. Fitur *Input Koordinat*

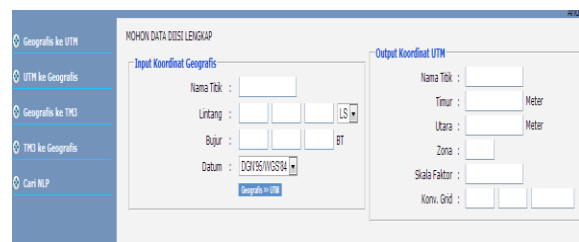
3. *Search*; dengan memilih menu cari titik, pengguna bisa mencari JKHN/JKVN berdasar nama titik, lokasi provinsi, kabupaten, kecamatan dan orde.



Gambar 13. Fitur *Search*

4. *Transkoordinat*; merupakan menu untuk transformasi koordinat dari geografis ke UTM dan sebaliknya, juga geografis ke TM-3 dan sebaliknya, serta

menu untuk mencari Nomor Lembar Peta (NLP).



Gambar 14. Fitur *Transkoordinat*

Selain itu dengan adanya aplikasi ini basisdata JKHN dan JKVN tersusun secara rapi dan terpusat, yaitu di server. Sehingga jika ada penambahan, pembaharuan dan penghapusan data dan informasi bisa dilakukan di satu tempat.

Pemanfaatan Aplikasi Guna Mempercepat Penyebarluasan IG

Sebelumnya BIG telah mempunyai sistem basisdata dengan menggunakan MS. Access yang diberi nama dengan Sigeob03, namun aplikasi tersebut mempunyai keterbatasan kapasitas penyimpanan data dan kurang bagus jika di akses melalui jaringan. Setelah itu dibuat satu aplikasi berbasis web dengan menggunakan *map provider* ms4w dan program basisdata MySQL. Permasalahan sebelumnya tentang keterbatasan kapasitas dan kurang *compatible* jika digunakan di jaringan terselesaikan, namun ms4w kurang interaktif menampilkan data geospasial. Untuk mengatasi kurangnya interaktif tampilan data geospasial, digunakanlah *map provider* geoserver. Pada tabel 1. Terdapat karakteristik, kelebihan dan kelemahan sigeob03 dengan sigeob2012.

Tabel 1. Karakteristik, Kelebihan dan Kelemahan Sigeob03 dengan Sigeob2012

Sigeob03	Sigeob2012
<u>Karakteristik</u>	<u>Karakteristik</u>
- Menggunakan software basisdata MS.Access	- Menggunakan software basisdata MySQL
<u>Kelemahan</u>	- Menggunakan Web server
- Kapasitas penyimpanan basisdata terbatas, sehingga penyimpanan gambar dan basisdata terpisah	<u>Kelebihan</u>
- Tidak terdapat peta untuk visualisasi	- Kapasitas penyimpanan data besar
- Kurang bagus jika diakses melalui jaringan	- Terdapat peta untuk visualisasi
	- bisa diakses melalui jaringan
	- Tampilan user friendly
	<u>Kelemahan</u>
	- Belum bisa diakses online (Tergantung dari

	kebijakan institusi) - Terbatas menampilkan JKHN dan JKVN. Belum bisa menampilkan informasi JKG/Jaringan Pasut/Stasiun CORS.
--	---

Sampai saat ini aplikasi basisdata JKG hanya bisa diakses oleh internal BIG, sehingga ketika masyarakat menginginkan data dan informasi tersebut harus menghubungi pihak BIG atau datang secara langsung di kantor BIG. Aplikasi ini bisa diakses masyarakat luas dengan menggunakan cara:

- Membuat domain aplikasi
Aplikasi basisdata ini sudah dilengkapi dengan IP Public, sehingga untuk bisa diakses masyarakat dengan alamat tertentu dilakukan registrasi domain.
- Aplikasi terintegrasi dengan web BIG atau dengan Ina-Geoportal
Untuk terintegrasi dengan web BIG atau Ina-Geoportal, aplikasi ini harus menyesuaikan dengan konfigurasi yang telah ada di web BIG atau Ina-Geoportal.

Pemilihan cara pengaksesan aplikasi disesuaikan dengan kebijakan, aturan dan perundangan yang berlaku. Apabila aplikasi ini sudah bisa diakses secara luas oleh masyarakat, maka akan mempermudah pendistribusian dan pertukaran data dan informasi JKG, sebagaimana yang diamanatkan UU-IG pasal 41 tentang penyebaran IG. Dengan mengakses secara luas, masyarakat dapat ikut berperan aktif dalam memberikan informasi mengenai kondisi JKG disuatu lokasi, sehingga akan sedikit meringankan tugas BIG dalam pemeliharaan JKHN/JKVN yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia.

Kesimpulan dan Saran

Sampai saat ini terdapat JKHN sebanyak 700 pilar dan JKVN sebanyak 5911 pilar yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia. Untuk memberikan data dan informasi mengenai JKHN dan JKVN diperlukan suatu aplikasi yang interaktif dan bisa diakses masyarakat luas. Dengan adanya aplikasi yang bisa diakses masyarakat luas, akan mempermudah pendistribusian dan pertukaran data dan informasi JKG, khususnya JKHN dan JKVN. Sehingga aplikasi ini bisa digunakan untuk mempercepat penyebaran IG.

Dari kesimpulan diatas, dapat disarankan bahwa kebijakan pemilihan cara akses aplikasi harus segera diputuskan, mengingat banyaknya permintaan dari masyarakat. Untuk kedepannya diharapkan aplikasi

ini tidak hanya berisi JKHN dan JKVN pilar/titik saja, melainkan juga JKG, Stasiun CORS, Stasiun Pasut dan Undulasi Geoid.

Ucapan Terimakasih

Kepala Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika, Kepala Bidang Jaring Kontrol Horizontal dan Vertikal, Kepala Bidang Geodinamika, Kepala Bidang Jaring Kontrol Gayaberat dan Pasang Surut, Enjang Syamsul Bahri, Ketut Saha Aswina Darmawan, I.G.N Willy, dan Adi Wibawa Putu R. Serta rekan-rekan di Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika,.

Daftar Pustaka

- Anonim. September 2012. *Geoserver*. <http://geoserver.org/display/GEOS/Welcome>. (Akses tanggal 12 Oktober 2012)
- Anonim. *OpenLayers: Free Maps for the Web*. <http://openlayers.org/> (Akses tanggal 12 Oktober 2012)
- Anonim. 2012. *Jquery.is a new kind of JavaScript Library*. <http://jquery.com/> (Akses tanggal 12 Oktober 2012)
- Bidang Kerangka Geodesi, 2010, *Laporan Akhir Densifikasi Jaring Kontrol Horizontal Nasional (JKHN) Di Sulawesi*, BIG, Bogor.
- Bidang Kerangka Geodesi, 2011, *Laporan Kegiatan Tahunan, Basisdata Kerangka Geodesi*, BIG, Bogor.
- Hidayah, A., 2012, *Jaring Kontrol Geodesi: Kondisi Kekinian dan Tantangan*, BIG, Bogor.
- Pangastuti, D., 2012, *Grand Design Geodesi dan Geodinamika. Referensi Tunggal untuk Kemajuan Pembangunan Indonesia*, BIG, Bogor.
- Republik Indonesia, 2011, *Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial*, DPR-RI, Jakarta.

Menuju Tata Kelola Data Garis Pantai Nasional dalam Kaitannya dengan *One Map Policy*

Fajar Triady Mugiarto ^a, Ir. Kusumo Widodo ^b

^a Staf Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai, BIG

^b Kepala Bidang Pemetaan Lingkungan Pantai, Pusat PKLP, BIG

Jl. Raya Jakarta Bogor km 46, Cibinong, Bogor 16911

Telepon 021-87901255, Email : ftmugiarto@gmail.com

Abstract

Indonesia is an archipelago, with a long coastline of 95,181 km. In the perspective of administrative and geographic region of Indonesia consists of 33 provinces and 264 cities are coastal and marine areas. RI Law No.27/ 2007 on Management of Coastal Areas and Small Islands, is a set of spatial planning of coastal areas to support the RI Law No. 26/ 2007 on Spatial Planning. To realize that goal will greatly require geospatial information, particularly coastal and marine areas. With the birth of RI Law No.4/ 2011 on Geospatial Information, one of which is discussed Geospatial Information Base (IGD), the Geospatial Information Agency (BIG) to the institution responsible for the availability of geospatial data base. One of the basic map data or components that must be provided is set forth in the coastline LPI Map and LLN Map.

In Indonesia Law No.4/2011, LPI and LLN maps are basic frame to be used for Thematic Geospatial Information (IGT), and is a basic requirement in creating one map policy on the coastal and marine areas for various sector in all parts on Indonesia, such as the determination of administrative boundaries, coastal zoning, and so on. By recognizing the importance of Marine Base Geospatial Information, for the base map LPI and LLN, should be guaranteed up to date and accurate, and organized in concert with regional interest and priorities of the organizers and users Thematic Marine Geospatial Information.

In this paper will discuss data governance for national coastline is run by the status, plans short term and long term to accelerate the process of surveying and mapping, particularly the coastline, as well as constraints the challenges the emerged.

Keyword : tata kelola, garis pantai, “one map policy”, peta LPI, peta LLN

Pendahuluan

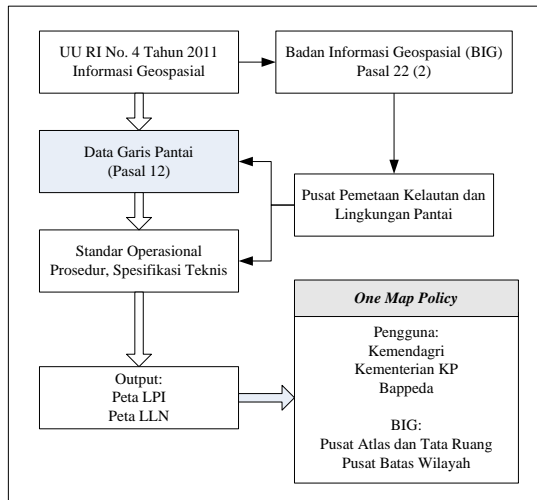
Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) merupakan negara kepulauan, yang didominasi oleh laut terhadap daratannya, adalah merupakan wilayah yang unik. Menurut Dewan Kelautan Indonesia, (<http://www.goblue.or.id>), panjang garis pantai Indonesia sekitar 95.181 km atau terpanjang ke-4 di dunia, setelah Amerika Serikat, Kanada dan Rusia. Dalam perspektif administratif dan geografis, wilayah NKRI yang terdiri dari 33 provinsi dan 264 kabupaten/kota (data tahun 2006) merupakan wilayah pesisir dan laut (Wisayantono, 2010). Untuk itu terbitlah Undang-Undang RI No.27 tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, yang mengatur

penataan ruang wilayah pesisir guna mendukung Undang-Undang RI No.26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang. Hal ini juga sejalan dengan Rencana Pembangunan Jangka Panjang (RPJP) tahun 2005-2025 yang mempunyai sasaran pokok terwujudnya Indonesia menjadi negara kepulauan yang mandiri, maju, kuat dan berbasiskan kepentingan nasional.

Dalam rangka mewujudkan tujuan diatas maka informasi geospasial akan sangat diperlukan, khususnya informasi geospasial wilayah pesisir dan laut. Untuk itu dengan lahirnya Undang-Undang RI No.4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, yang salah satunya adalah membahas tentang Informasi Geospasial Dasar

(IGD), maka Badan Informasi Geospasial (BIG) menjadi lembaga yang bertanggung jawab terhadap tersedianya data-data geospasial dasar. Salah satu data atau komponen peta dasar yang harus disediakan adalah **garis pantai** (Pasal 12) yang dituangkan dalam Peta Lingkungan Pantai Indonesia (Peta LPI) dan Peta Lingkungan Laut Nasional (Peta LLN), sesuai dalam Pasal 7.

Secara umum tata kelola data garis pantai nasional adalah seperti dalam Gambar 1.



Gambar 1. Tata Kelola Data Garis Pantai

Mengacu pada Undang-Undang RI No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, peta dasar LPI dan LLN – merupakan *frame* (bingkai) yang akan digunakan untuk pemetaan Informasi Geospasial Tematik (IGT), dan merupakan persyaratan dasar dalam mewujudkan kebijakan satu peta (*one map policy*) pada wilayah pesisir dan laut untuk berbagai sektor di seluruh wilayah Indonesia, seperti seperti penentuan batas wilayah administrasi, zonasi pesisir, perhitungan Pendapatan Asli Daerah (PAD), dan sebagainya. Dengan menyadari pentingnya Informasi Geospasial Dasar Kelautan, untuk itu Peta dasar LPI dan LLN harus dijamin kemutakhiran dan keakuratannya serta diselenggarakan secara terpadu dengan kepentingan dan prioritas kewilayahan para penyelenggara dan pengguna Informasi Geospasial Tematik Kelautan.

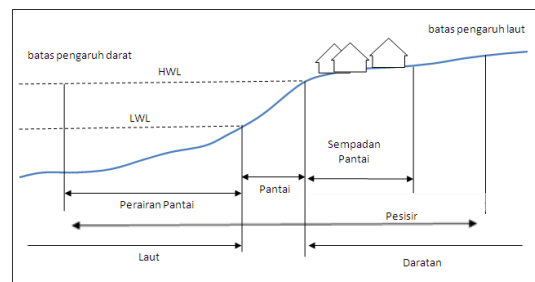
Peta LPI menurut UU No.4 tahun 2011 adalah peta dasar yang memberikan informasi secara khusus untuk wilayah pesisir. Ini berkaitan dengan salah satu tugas dan fungsi Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai (Pusat PKLP) – BIG, dulu Pusat PDKK, Bakosurtanal, yaitu menyelenggarakan data dasar di wilayah pantai, termasuk garis pantai, yang disajikan dalam bentuk Peta LPI. Sebagai peta dasar yang meliputi wilayah pesisir, peta LPI menyajikan informasi

laut maupun darat dalam satu lembar peta. Penyediaan peta LPI diharapkan dapat membantu program perencanaan, pengelolaan dan pemanfaatan sumberdaya alam khususnya wilayah pesisir dan pantai.

Dalam tulisan ini akan dibahas tentang tata kelola data garis pantai nasional yang selama ini dijalankan oleh Pusat Pemetaan Kelautan dan Lingkungan Pantai, BIG, mulai dari status terkini, rencana jangka pendek dan jangka panjang untuk mempercepat proses survei dan pemetaan, khususnya garis pantai, serta kendala-kendala yang dihadapi.

Definisi Pesisir dan Pantai

Menurut UU No.27 tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil, bahwa definisi wilayah pesisir adalah daerah peralihan antara ekosistem darat dan laut yang dipengaruhi oleh perubahan di darat dan laut. Untuk itu dalam pengelolaan wilayah pesisir harus dilakukan terpadu antara wilayah laut dan daratnya.



Gambar 2. Definisi dan Batasan Pantai

(Sumber : Triatmodjo, B, 1999 dengan modifikasi)

Sedangkan pantai biasanya didefinisikan sebagai daerah yang dibatasi oleh dinamika laut akibat pasang surut, yaitu daerah diantara batas surut terendah dan pasang tertinggi. Menurut IHO dan UNCLOS III, garis pantai adalah pertemuan antara daratan dengan *Mean High Water Line* (MHWL) yaitu, suatu kondisi muka air laut pada saat pasang tertinggi rata-rata, pada saat pasang purnama atau pasang perbani (Asehat, 1997).

Dalam UU No.4 tahun 2011 pasal 13 ayat 4, disebutkan bahwa pada Peta LPI dan Peta LLN, garis pantai ditetapkan berdasarkan kedudukan muka air laut surut terendah. Untuk mengantisipasi perbedaan referensi vertikal akibat penggunaannya yang berbeda untuk berbagai sektor, maka di dalam peta LPI, ada 3 (tiga) jenis referensi vertikal yang digambarkan, yaitu garis air surut terendah, muka laut rerata dan garis air pasang tertinggi.

Metode Survei dan Pemetaan Garis Pantai

Dalam melakukan survei dan pemetaan garis pantai, khususnya untuk keperluan pembuatan peta LPI skala 1:50.000, mengacu pada ketelitian survei hidrografi dari International Hydrographic Organization (IHO) orde 2, *Standards for Hydrographic Surveys 4th Edition, Special Publication No. 44*, seperti pada tabel berikut:

Tabel 1. Ketelitian pengukuran garis pantai

No	Deskripsi	Orde 2
1	Akurasi horisontal	20 m + 5% dari kedalaman rata-rata
2	Alat bantu navigasi tetap dan kenampakan yang berhubungan dengan navigasi	5 m
3	Garis pantai	20 m
4	Alat bantu navigasi terapung	20 m
5	Kenampakan topografi	20 m
6	Akurasi Kedalaman	a = 1,0 m b = 0,023

Catatan:

a dan b adalah variabel yang digunakan untuk menghitung ketelitian kedalaman.

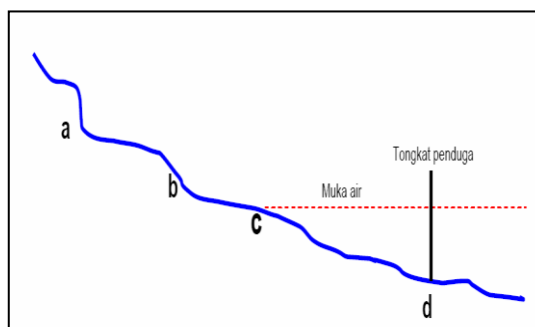
Beberapa metode survei garis pantai yang telah dilakukan, adalah sebagai berikut:

1. Metode Terestris
2. Metode *Sounding* dengan Tongkat Penduga
3. Metode Penginderaan Jauh (Citra Satelit)

Sedangkan proses pemetaannya akan dibedakan berdasarkan jenis pantainya. Jenis pantai seperti karang, hutan bakau, bangunan pantai, dan sebagainya dalam proses pemetaannya akan dibedakan juga dari sisi kartografisnya.

Metode Terestris

Metode ini dilakukan dengan menggunakan GPS *Absolute Positioning* (GPS Navigasi), yang dilakukan langsung menyusuri garis pantai. Adapun detail yang disurvei adalah sebagai berikut seperti pada gambar 3.



Gambar 3. Metode Terestris Survei Garis Pantai

Keterangan:

- a = titik pasang tertinggi
- b = titik pasang tertinggi rata-rata (MHWL), biasanya ditandai dengan timbunan sampah, perbedaan sedimen akibat air laut, bangunan pantai dan lain-lain
- c = titik pertemuan muka air dan darat pada saat tertentu
- d = titik yang mempunyai kedalaman pada saat tertentu

Titik a diambil di daerah yang pernah dicapai oleh air laut pada pasang tertinggi atau seringkali diambil di wilayah yang kemungkinan besar air laut tidak pernah mencapainya. Titik a ini biasanya hanya digunakan sebagai titik kontrol dalam proses pemetaan untuk penarikan garis pantai.

Titik b yang merupakan titik pasang tertinggi rata-rata, biasanya diambil di tempat-tempat di pantai yang ditandai oleh timbunan sampah, perbedaan sedimen, bangunan pantai buatan manusia (seperti *groin*, *sea wall*, *jetty* dan sebagainya). Titik b inilah yang telah digunakan untuk proses penarikan garis pantai pada peta LPI selama ini, atau dengan kata lain garis pantai titik b ini mempunyai nilai elevasi nol. Hal ini yang membedakan dengan peta rupabumi yang menggunakan *Mean Sea Level* (MSL) sebagai referensi vertikalnya.

Titik detail c dan d, digunakan untuk mendukung dalam penentuan nilai nol dari kedalaman air laut atau *Chart Datum*, yang dihitung dari hasil perhitungan data pasang surut di wilayah tersebut. Data utama dalam penentuan *Chart Datum* ini tetap menggunakan data dari survei batimetri yang berada di wilayah yang dangkal di dekat pantai, dimana kapal survei sudah tidak bisa lagi mendekati ke pantai.

Metode terestris ini hanya efektif digunakan pada pantai yang tidak terlalu landai, sehingga semua detail dapat diambil dengan mudah. Untuk

wilayah pantai yang sangat landai, akan lebih sulit untuk mendapatkan titik-titik detail di atas. Begitu juga untuk daerah pantai yang terjal, dimana untuk mengakses ke lokasinya akan sulit dan berbahaya.

Untuk keperluan praktis di lapangan, terutama dalam hal aksesibilitas dan efektivitas, metode terestris dengan menggunakan GPS tipe navigasi sering dikombinasikan dengan metode *sounding* menggunakan tongkat penduga yang dibantu menggunakan wahana kapal kecil.

Dari segi ketelitian GPS *Absolute Positioning* yang berkisar antara 3 – 5 meter (Abidin, 2006), maka untuk keperluan peta LPI skala 1:50.000, ketelitian tersebut masih dalam batas toleransi ketelitian peta.

Untuk jenis pantai dengan tumbuhan bakau, maka garis pantai atau titik b, diambil pada garis terluar dari tanaman bakau yang berbatasan langsung dengan air laut.

Metode Penginderaan Jauh

Metode ini digunakan terutama untuk daerah pantai yang terjal. Daerah yang terjal ini akan sulit bila menggunakan metode terestris, baik melalui darat maupun menggunakan kapal, karena akan membahayakan keselamatan tim survei.

Dengan mendeliniasi garis pantai pada citra satelit, maka garis pantai untuk daerah yang terjal akan mudah dilakukan. Pada kenyataannya garis pasang tertinggi dan surut terendah, pada daerah pantai yang terjal akan berhimpit, sehingga cukup diwakili oleh satu garis saja.

Biasanya jenis citra yang digunakan adalah citra Landsat dengan resolusi spasial sekitar 30 meter, maka untuk keperluan peta LPI skala 1:50.000 sudah cukup memadai dari segi ketelitian petanya.

Pembahasan dan Analisis

Dari beberapa metode survei garis pantai yang dilakukan diatas, sampai saat ini baru terealisasi sekitar 35% dari seluruh wilayah pesisir di Indonesia. Untuk itu memang dirasakan masih belum maksimal baik dari segi teknis maupun dari percepatan pemetaan garis pantai seluruh Indonesia yang sudah sangat mendesak untuk dipetakan sesuai dengan amanat UU No.4 tahun 2011.

Metode terestris hanya efektif dilakukan di wilayah pantai yang tidak terlalu landai dan mudah diakses baik dari arah darat maupun laut. Tetapi metode ini memiliki keterbatasan ketika menemui jenis pantai yang sangat landai,

sehingga akan kesulitan menentukan titik air pasang tertinggi rata-ratanya. Dan untuk pantai yang sangat landai biasanya aksesibilitasnya cukup sulit mengingat sebagian besar tutupan lahannya adalah daerah pantai berlumpur atau rawa. Untuk wilayah pantai yang terjal, metode terestris juga akan menemui kesulitan dalam mengakses pantai ini, kecuali daerah-daerah pantai terjal yang memang dekat dengan sarana transportasi darat.

Metode *sounding* dengan tongkat penduga atau rambu ukur, menggunakan kapal kecil, cukup membantu dalam pengambilan setiap titik detail pantai. Hanya untuk daerah pantai yang mempunyai gelombang cukup tinggi yang berada di dekat pantai, metode ini akan membahayakan keselamatan tim survei.

Metode penginderaan jauh menggunakan citra satelit Landsat, selama ini pengaplikasiannya masih terbatas pada jenis pantai yang terjal atau berkarang saja. Dengan mendeliniasi pantai pada citra, maka akan didapatkan garis pantai untuk peta LPI. Tentunya teknik ini perlu dikembangkan untuk bisa diaplikasikan pada jenis pantai yang lain, dan didukung oleh data pasang surut setempat, sehingga garis pantai (MHWL) dapat dihitung dan ditentukan posisinya.

Untuk keperluan pengukuran atau survei garis pantai, dalam hal ini Pusat PKLP akan mengembangkan berbagai metode untuk meningkatkan kualitas atau ketelitian garis pantainya, mengingat untuk peta LPI tidak hanya untuk skala 1:50.000 tetapi juga untuk skala 1:25.000 dan 1:10.000. Di samping dari segi kualitas, maka diharapkan juga dari segi percepatan pekerjaan, sehingga volume pekerjaan dapat semaksimal mungkin.

Beberapa rencana penelitian yang akan dilakukan adalah kajian data LiDAR (*Light Detecting And Ranging*) untuk penentuan garis pantai dan kedalaman air laut di wilayah dangkal.

Kesimpulan dan Saran

Dari pemaparan diatas, ada beberapa hal yang dapat disimpulkan, yaitu:

1. Metode survei dan pemetaan garis pantai yang sudah dilakukan oleh Pusat PKLP BIG, masih harus dikembangkan untuk dapat meningkatkan kualitas dan ketelitiannya, juga agar terjadi percepatan yang signifikan dalam mencapai volume pekerjaan yang diharapkan
2. Perlu kajian garis pantai dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh yang lain seperti penggunaan data LiDAR dan data InSAR.

Ucapan Terima Kasih

Diberikan kepada semua pihak yang telah mendukung tata kelola data dan informasi geospasial kelautan, khususnya kepada Kepala BIG, Deputi Bidang IGD dan Kepala Pusat PKLP. Beberapa masukan dari dosen Teknik Geodesi dan Geomatika ITB, dosen Teknik Geodesi UGM, Dishidros TNI-AL, Kepala Bidang Medan Gayaberat dan Pasang Surut, BIG, dalam acara rapat kerja kajian garis pantai.

Daftar Pustaka

Abidin, H.Z. (2006), *Modul Kuliah GD 3211 Survei Satelit*, Teknik Geodesi dan Geomatika, ITB, Bandung

Asehat, E. (1997), Model Penentuan Garis Pantai pada peta laut skala besar, *Skripsi*, Teknik Geodesi, ITB, Bandung

<http://www.goblue.or.id>, diakses pada tanggal 30 November 2011

Undang Undang Republik Indonesia No. 4 Tahun 2011 tentang *Informasi Geospasial*

Undang Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2007 tentang *Rencana Pembangunan Jangka Panjang 2005 - 2025*

Undang Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 tentang *Penataan Ruang*

Undang Undang Republik Indonesia No.27 Tahun 2007 tentang *Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil*

Wisayantono, D. (2010), *Materi Kuliah GD 6204 Perencanaan Zona Pesisir*, Program Pasca Sarjana Teknik Geodesi dan Geomatika, FITB, ITB

International Hydrographic Organization (IHO) orde 2, *Standards for Hydrographic Surveys 4th Edition, Special Publication No. 44*,

Triatmodjo, B. (1999), *Teknik Pantai*, Beta Offset, Yogyakarta

Urgensi Penegakan Hukum Dalam Tatakelola Informasi Geospasial

Akbar Hiznu Mawanda

^aBadan Informasi Geospasial (BIG)

Jln. Raya Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong, Bogor,
Telp. +062-8563221482, Email: punya.akbar@gmail.com

Abstract

In recent years, the term of "Geospatial Information" became so familiar. Especially after Law Number 4 Year 2011 on Geospatial Information existed at 21st April 2011. Geospatial Information is an important part to create an information system that can be used to support public sector. The government and private can use these information to plan, implement, development evaluation, and decision making.

This law became a Indonesia milestone in geospatial information governance existing. The purpose of this law is to be a legal basis for geospatial information management in Indonesia. It contains how to manage geospatial information in Indonesia. In this law, there is five steps to manage Indonesia's geospatial information. They are Geospatial Data Collection, Geospatial Data and Information Processing, Geospatial Data and Information Storage and Security, Geospatial Data and Information Dissemination, and Geospatial Data and Information utilization. In order to realize geospatial information governance in Indonesia, one of part that must be notice is about the law enforcement. Without that, the law will just become a paper and the geospatial information governance that everyone dream can not become a reality.

Keywords: penegakan, hukum, tata, kelola, informasi geospasial

PENDAHULUAN

Beberapa tahun belakangan ini, istilah Informasi Geospasial begitu akrab di telinga kita. Terlebih lagi setelah Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial lahir pada tanggal 21 April 2011. Di dalam Undang-Undang tersebut, pengertian Informasi Geospasial 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 kebumihantian. Sedangkan data geospasial sendiri 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. Pengertian-pengertian tersebut dapat dilihat di dalam Pasal 1 angka 3 dan 4 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011.

Secara sederhana, Informasi Geospasial dapat diidentikkan dengan peta. Pendapat ini tidak sepenuhnya benar. Ini disebabkan karena sebagian besar produk informasi geospasial sampai saat ini masih berupa peta.

Informasi Geospasial merupakan bagian penting dalam mewujudkan sistem informasi yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung sektor publik dalam melaksanakan perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembangunan, baik pada pemerintahan tingkat pusat maupun tingkat daerah, dan juga pada sektor perorangan dan kelompok orang. Informasi Geospasial juga menjadi komponen penting dalam mendukung pengambilan keputusan. Lahirnya Undang-Undang tersebut menjadi tonggak sejarah dalam hal eksistensi Informasi Geospasial di Indonesia. Dengan adanya Undang-Undang ini, maka diharapkan penyelenggaraan Informasi Geospasial di Indonesia dilaksanakan dengan tepat dan tepat serta informasi yang dihasilkan pun berkualitas.

Untuk mewujudkan suatu Informasi Geospasial dan tata kelolanya sesuai amanah Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 di Indonesia, salah satu hal yang harus diperhatikan adalah penegakan hukumnya. Unsur penegakan hukum menjadi sangat penting karena tanpa adanya penegakan hukum, tidak hanya Undang-Undang tentang Informasi Geospasial

melainkan juga seluruh peraturan perundang-undangan di Indonesia yang telah dibuat tidak akan ada gunanya.

Rumusan masalah yang akan dibawa dalam tulisan ini adalah urgensi penegakan hukum dalam tata kelola Informasi Geospasial di Indonesia.

METODOLOGI

Tulisan ini disusun dari hasil penelitian. Karena penelitiannya yang bersifat yuridis normatif yang sesuai dengan karakter perspektif ilmu hukum yaitu hukum sebagai norma sosial, maka pendekatan yang digunakan penulis dalam proses pembuatan tulisan ini adalah pendekatan Peraturan Perundang-undangan (*statue approach*) dan pendekatan konseptual (*conceptual approach*). Pendekatan peraturan perundang-undangan dilakukan dengan menelaah peraturan perundang-undangan. Sedangkan pendekatan konseptual dilakukan dengan menelaah kerangka filosofis dan konsep-konsep hukum umum yang terdapat di literatur-literatur.

INFORMASI GEOSPASIAL PASCA KELUARNYA UNDANG-UNDANG NOMOR 4 TAHUN 2011

Informasi Geospasial Sebelum Lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011

Sebelum lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, kondisi tata kelola informasi geospasial di Indonesia masih sangat carut marut. Keadaan ini disebabkan karena tidak belum ada peraturan perundang-undangan yang mengaturnya secara komprehensif. Akibatnya informasi geospasial yang dihasilkan tidak berkualitas dan cenderung parsial. Salah satu akibatnya adalah kebijakan yang dibuat terkait kewilayahan terutama oleh masing-masing instansi pemerintah menjadi *overlap*.

Beberapa permasalahan yang muncul sebelum lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 adalah antara lain :

1. Informasi Geospasial yang belum tersedia secara lengkap dan mutakhir.

Belum lengkapnya Informasi Geospasial yang tersedia secara nasional erat kaitannya dengan prioritas pembangunan dan ketersediaan anggaran. Ketidaklengkapan Informasi Geospasial secara nasional mengakibatkan kualitas perencanaan maupun pelaksanaan pembangunan menjadi tidak berkualitas. Salah satu implikasi sosial yang muncul adalah munculnya perbedaan tingkat kesejahteraan.

2. Informasi Geospasial belum terintegrasi secara nasional. Sebelum lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011, penyelenggaraan informasi geospasial belum seluruhnya merujuk pada satu sistem referensi nasional. Ini menyebabkan tidak adanya jaminan atas kualitas Informasi Geospasial yang dihasilkan.
3. Informasi Geospasial belum dapat diakses dengan mudah. Aksesibilitas merupakan aspek yang berhubungan langsung dengan hak masyarakat atau publik dan juga instansi pemerintah. Kesan yang timbul pra lahirnya Undang-Undang ini adalah semua Informasi Geospasial bersifat rahasia. Para Penyelenggara Informasi Geospasial menyimpan sendiri Informasi Geospasial yang telah dihasilkannya. Akibatnya masing-masing Penyelenggara menyelenggarakan sendiri Informasi Geospasialnya sehingga seringkali terjadi pengulangan pemetaan di suatu daerah oleh instansi yang berbeda. Ini menyebabkan pemborosan anggaran pembangunan yang luar biasa. Selain itu, keadaan ini menyebabkan banyaknya Informasi Geospasial yang beredar di masyarakat pun berbeda-beda sehingga timbul keraguan pengguna untuk menggunakan suatu Informasi Geospasial.

Harapan begitu besar muncul pasca keluarnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan sebagaimana dijelaskan diatas.

Tata Kelola Informasi Geospasial Pasca Lahirnya Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011

Apabila ditelaah lebih lanjut, Undang-Undang ini cukup komprehensif dalam mengatur tata kelola informasi geospasial di Indonesia. Bahkan dapat dikatakan ruang lingkup Undang-Undang ini mengatur proses hulu ke proses hilir dalam suatu Penyelenggaraan Informasi Geospasial. Pasal 25 Undang-Undang tersebut menyebutkan bahwa Penyelenggaraan Informasi Geospasial dilakukan melalui lima tahapan yaitu:

1. Pengumpulan data geospasial;
2. Pengolahan data geospasial dan informasi geospasial;
3. Penyimpanan dan pengamanan data geospasial dan informasi geospasial;
4. Penyebarluasan data geospasial dan informasi geospasial; dan

5. Penggunaan informasi geospasial.

Dari kelima tahapan tersebut dapat disimpulkan bahwa Undang-Undang ini secara tersirat mengatur tentang tata kelola informasi geospasial di Indonesia.

Mari kita bahas secara singkat tahapan tersebut satu persatu. Tahapan pertama adalah pengumpulan data geospasial. Ketentuan mengenai tahapan ini dapat dilihat di dalam ketentuan Pasal 26 sampai dengan Pasal 29 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011. Pengumpulan Data Geospasial adalah bagian penting dalam tata kelola informasi geospasial di Indonesia. Ini karena di tahapan inilah semua kegiatan pengelolaan Informasi Geospasial dimulai. Tahapan ini sangat menentukan untuk menghasilkan Data Geospasial yang berkualitas yang nantinya akan diolah menjadi suatu Informasi Geospasial. Di dekade ini, banyak metode dan instrumen yang dapat digunakan dalam melakukan pengumpulan Data Geospasial. Namun secara garis besar ada dua metode umum yang digunakan pada saat pengumpulan Data Geospasial. Metode tersebut antara lain menggunakan instrumen ukur maupun rekam (seperti *Global Positioning System* dan citra satelit) dan pencacahan (survei melalui interaksi di lapangan). Undang-Undang ini mengatur juga tentang bagaimana pengumpulan Data Geospasial dilakukan. Menurut Pasal 27 Undang-Undang tersebut ada tiga cara yang digunakan untuk melakukan pengumpulan data geospasial. Cara tersebut antara lain:

- a. Survei dengan menggunakan instrumentasi ukur dan/atau rekam yang dilakukan di darat, pada wahana air, pada wahana darat, dan atau pada wahana angkasa;
- b. Pencacahan; dan
- c. Cara lain sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi.

Selain mengatur tentang caranya, hal yang paling penting dalam pengumpulan Data Geospasial adalah standar yang digunakan dalam pengumpulan Data Geospasial. Standar ini menjadi penting agar Data Geospasial yang sudah dibuat dapat juga digunakan oleh pihak lain sehingga tidak terjadi pemborosan. Tentu saja berbagi pakai Data Geospasial ini harus juga memenuhi ketentuan perundang-undangan seperti Undang-Undang tentang keterbukaan informasi publik.

Izin pengumpulan Data Geospasial juga merupakan hal yang penting dalam proses pengumpulan Data Geospasial. Lahirnya Undang-Undang ini mengubah paradigma izin yang selama ini ada di Indonesia. Sebelum lahirnya Undang-Undang Informasi Geospasial, semua pengumpulan Data Geospasial harus memiliki izin. Namun pasca lahirnya Undang-Undang ini, rezim izin pun ikut berubah.

Menurut Undang-Undang tersebut, hanya tiga kegiatan pengumpulan Data Geospasial yang mewajibkan untuk mendapatkan izin. Menurut Pasal 28 Undang-Undang Informasi Geospasial, kegiatan pengumpulan Data Geospasial harus mempunyai izin jika :

- a. Berada di daerah terlarang;
- b. Berpotensi menimbulkan bahaya; atau
- c. Menggunakan wahana milik asing selain satelit.

Tujuan pengaturan ini adalah untuk mendorong semakin banyaknya pelaku kegiatan pengumpulan Data Geospasial. Dalam proses pengelolaan data dan informasi geospasial, jumlah Data Geospasial sangat berpengaruh untuk menentukan kualitas Informasi Geospasial yang dihasilkan. Semakin banyaknya Data Geospasial yang dikumpulkan, semakin besar kemungkinan untuk menghasilkan Informasi Geospasial yang berkualitas.

Tahapan yang kedua adalah pengolahan Data Geospasial dan Informasi Geospasial. Pada tahapan ini Data Geospasial yang sudah dikumpulkan akan diolah untuk menjadi suatu Informasi Geospasial. Informasi Geospasial yang dihasilkan tersebut di suatu waktu dapat berubah menjadi Data Geospasial yang kemudian diolah menjadi Informasi Geospasial yang baru. Kemungkinan ini juga diatur di dalam Undang-Undang ini.

Pengolahan Data dan Informasi Geospasial dibagi menjadi dua yaitu pemrosesan Data Geospasial dan penyajian Informasi Geospasial. Pemrosesan Data Geospasial harus dilakukan dengan standar yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial. Standar tersebut terdiri dari:

- a. sistem proyeksi dan sistem koordinat yang dengan jelas dan pasti dapat ditransformasikan ke dalam sistem koordinat standar nasional; dan
- b. format, basisdata, dan metadata yang dapat dengan mudah diintegrasikan dengan Informasi Geospasial lain.

Tujuan pengaturan ini adalah agar Informasi Geospasial yang dihasilkan dapat diintegrasikan ke dalam satu sistem sehingga dapat dimanfaatkan oleh semua pemangku kepentingan.

Penyajian Informasi Geospasial adalah salah satu tahapan dalam kegiatan pengolahan Data dan Informasi Geospasial. Ini menjadi penting karena menentukan apakah suatu hasil dari pemrosesan Data Geospasial dapat digolongkan menjadi Informasi Geospasial atau tidak. Di dalam Pasal 35 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 menyebutkan bahwa penyajian Informasi Geospasial dilakukan dalam bentuk :

- a. tabel informasi berkoordinat;
- b. peta cetak, baik dalam bentuk lembaran maupun buku
- c. atlas;
- d. peta digital;
- e. peta interaktif, termasuk yang dapat diakses melalui teknologi informasi dan komunikasi;
- f. peta multimedia;
- g. bola dunia; atau
- h. model tiga dimensi.

Pengaturan ini menimbulkan implikasi bahwa bentuk Informasi Geospasial selain sebagaimana dimaksud di atas tidak dapat dikategorikan sebagai suatu Informasi Geospasial.

Dalam Pasal 31 Undang-Undang tersebut menyebutkan bahwa pengolahan Data Geospasial dan Informasi Geospasial dilakukan dengan perangkat lunak yang berlisensi dan/atau bersifat bebas dan terbuka. Di dalam pasal yang sama, Undang-Undang ini mengamanahkan pemerintah untuk mendorong pembangunan, pengembangan, dan penggunaan perangkat lunak pengolah Data dan Informasi Geospasial yang bebas dan terbuka. Salah satu bentuk dorongan tersebut adalah melalui pemberian insentif.

Selain itu, Undang-Undang ini juga mengharuskan kegiatan pengolahan Data dan Informasi Geospasial dilakukan di dalam negeri. Namun apabila kondisi tidak memungkinkan untuk mengolah Data dan Informasi Geospasial di dalam negeri, maka pengolahan Data dan Informasi Geospasial dapat dilakukan di luar negeri dengan seizin Badan Informasi Geospasial. Tujuan dari pengaturan ini tidak lain adalah sebagai media pengawasan terhadap arus data nasional.

Tahapan tata kelola Informasi Geospasial di dalam Undang-Undang Informasi Geospasial selanjutnya adalah Penyimpanan dan Pengamanan Data dan Informasi Geospasial. Di dalam Undang-Undang tersebut, tahapan ini dapat dilihat di dalam ketentuan Pasal 37 sampai dengan Pasal 40. Urgensi pengaturan menangani tahapan ini adalah terkait bagaimana agar Data dan Informasi Geospasial yang sudah dihasilkan dapat digunakan di kemudian hari meski ada kejadian yang luar biasa terjadi di lingkungan tempat Data dan Informasi Geospasial tersebut disimpan. Salah satu contoh riil adalah ketika terjadi peristiwa tsunami Aceh yang meluluhlantakkan seluruh infrastruktur dan merusak hampir seluruh data dan informasi terkait pemerintahan yang sudah disimpan. Ini mengakibatkan proses *recovery* arsip menjadi sangat lambat dan implikasinya ketiadaan Data dan Informasi Geospasial tersebut juga mempengaruhi

proses pemulihan kondisi di Aceh. Keadaan ini yang harus dihindarkan di masa depan.

Dalam Undang-Undang ini, setiap Data dan Informasi Geospasial harus diarsipkan dengan cara melakukan penyimpanan dan pengamanan baik dengan media elektronik maupun media cetak. Selain Data dan Informasi Geospasial, khusus untuk pengamanan, maka infrastruktur Data dan Informasi Geospasial yaitu jaring kontrol yang berupa tanda fisik seperti pilar juga harus dilakukan pengamanan.

Selain itu, Undang-Undang ini mengamanahkan bahwa seluruh duplikat Data dan Informasi Geospasial wajib disimpan dan dilindungi dengan menyerahkannya ke Perpustakaan Nasional Dan Arsip Nasional. Kedua lembaga tersebut adalah lembaga yang diwajibkan menerima seluruh duplikat Data dan Informasi Geospasial

Menurut Pasal 40 ayat (2), pengamanan ini dilakukan untuk menjamin agar Informasi Geospasial tetap selalu tetap tersedia dan terjaga keutuhannya serta terjaga kerahasiaannya untuk Informasi Geospasial yang bersifat tertutup. Secara tersirat dapat disimpulkan bahwa tujuan dari pengaturan ini tidak lain adalah untuk mengantisipasi apabila penyelenggara Informasi Geospasial kehilangan Data dan Informasi Geospasial, Data dan Informasi Geospasial tersebut tidak hilang begitu saja dan tetap dapat diakses oleh pihak-pihak yang berkepentingan

Penyebarluasan Data Geospasial dan Informasi Geospasial adalah tahapan selanjutnya dalam tata kelola Informasi Geospasial. Menurut Pasal 41 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, penyebarluasan Data dan Informasi Geospasial merupakan kegiatan pemberian akses, pendistribusian, dan pertukaran Data dan Informasi Geospasial yang dapat dilakukan dengan menggunakan media elektronik dan media cetak. Disini Undang-Undang menerangkan bahwa semua Informasi Geospasial Dasar adalah bersifat terbuka. Sedangkan Informasi Geospasial Tematik yang dihasilkan oleh Pemerintah Daerah dan Instansi Pemerintah bersifat terbuka kecuali diatur lain oleh peraturan perundang-undangan.

Ketentuan mengenai penyebarluasan Data dan Informasi Geospasial dapat dilihat di dalam ketentuan Pasal 41 sampai dengan Pasal 46. Keterbukaan adalah aspek penting di dalam tahapan ini karena salah satu sasaran pengaturan ini adalah untuk mewujudkan kedayagunaan dan keberhasilangunaan Informasi Geospasial dalam penyelenggaraan pemerintahan dan berbagai aspek kehidupan masyarakat. Mengingat posisi Informasi Geospasial yang menjadi acuan pada proses perencanaan dan eksekusi pembangunan serta menjadi acuan pengambilan keputusan-keputusan ekonomi dan bisnis untuk dapat memilih atau

meletakkan objek investasi yang sesuai dengan pertimbangan lokasi, kedekatan dengan sumber daya alam, ketersediaan sumber daya manusia dan akses infrastruktur, maka kiranya tepat jika asas keterbukaan adalah salah satu asas yang mendasari tahapan ini. Bahkan apabila kita melihat Pasal 44 ayat (3) Undang-Undang tersebut, dapat dilihat bahwa Pemerintah dapat memberikan penghargaan bagi setiap orang yang membantu untuk menyebarluaskan Informasi Geospasial yang bersifat terbuka. Dan apabila kita melihat ketentuan selanjutnya, maka dapat dijumpai pengaturan yang “mewajibkan” pemerintah untuk membangun jaringan Informasi Geospasial secara elektronik secara bertingkat dan terintegrasi. Yang dimaksud terintegrasi disini adalah adanya integrasi antara jaringan Informasi Geospasial pusat yang dilaksanakan oleh Badan Informasi Geospasial dengan jaringan Informasi Geospasial Daerah yang dilaksanakan oleh Pemerintah Daerah. Beberapa pengaturan tersebut membuktikan bahwa Undang-Undang ini sangat *concern* untuk mendorong penyebaran Informasi Geospasial yang terbuka.

Tahapan selanjutnya sekaligus tahapan terakhir dalam tata kelola Informasi Geospasial adalah penggunaan Informasi Geospasial itu sendiri. Tujuan pengaturan ini adalah agar Informasi Geospasial yang dihasilkan tetap terjamin kualitasnya. Apabila kita melihat ketentuan Pasal 49 Undang-Undang Informasi Geospasial, maka dapat dilihat bahwa produk Informasi Geospasial harus memuat beberapa hal seperti metadata dan/atau riwayat data dalam suatu format tertentu. Selain pengaturan mengenai kualitas data, Undang-Undang ini mengatur juga mengenai kewajiban, dalam hal untuk keperluan pengurangan bencana, setiap orang untuk menyerahkan semua Informasi Geospasial Tematik yang dimilikinya apabila diminta oleh Instansi Pemerintah dan Pemerintah Daerah.

Apabila kita melihat tahapan-tahapan tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kini pengelolaan informasi geospasial jauh teratur, lebih baik, terukur, dan yang paling penting adalah mempunyai landasan hukum sehingga Penyelenggaraan Informasi Geospasial dapat dilaksanakan secara terarah dan Informasi Geospasial yang dihasilkan pun berkualitas sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan kebijakan.

PENEGAKAN HUKUM SEBAGAI UNSUR PENTING DALAM TATA KELOLA INFORMASI GEOSPASIAL

Undang-Undang, bahkan seluruh peraturan perundang-undangan, tidak akan berhasil diaplikasikan tanpa ada unsur penegakan hukumnya. Begitu pula Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Segala pengaturan di

dalam Undang-Undang tersebut tidak akan dapat diaplikasikan jika tidak ada unsur penegakan hukumnya.

Hukum sendiri adalah aturan secara resmi yang mengikat masyarakatnya berupa larangan-larangan dan peraturan-peraturan yang dibuat untuk mengatur masyarakat suatu negara. Hukum juga dapat diartikan sebagai perantara utama dalam hubungan sosial antar masyarakat terhadap kriminalisasi dalam hukum pidana, perdata, dan juga sebagai perlindungan hak asasi manusia. Menurut Aristoteles, hukum adalah kumpulan peraturan yang tidak hanya mengikat masyarakat tetapi juga hakim. Sedangkan menurut (Soeroso, S.H. 1990), hukum adalah himpunan peraturan yang dibuat oleh yang berwenang dengan tujuan mengatur tata kehidupan bermasyarakat yang mempunyai ciri memerintah dan melarang serta mempunyai sifat memaksa dengan menjatuhkan sanksi hukuman bagi yang melanggarnya.

Indonesia adalah negara yang sistem hukumnya menganut sistem hukum eropa kontinental. Sistem hukum Eropa Kontinental adalah suatu sistem hukum dengan ciri-ciri adanya berbagai ketentuan-ketentuan hukum kodifikasi (dihimpun) secara sistematis yang akan ditafsirkan lebih lanjut oleh hakim dalam penerapannya. Selain di Indonesia juga berlaku sistem hukum adat dan sistem hukum agama yang mengikat masyarakatnya.

Dalam kaitannya dengan tata kelola informasi geospasial, Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 dan semua peraturan turunannya adalah landasan hukum dalam pelaksanaan tata kelola informasi geospasial di Indonesia. Peraturan perundang-undangan tersebut yang akan menjadi dasar untuk menentukan legalitas dari suatu penyelenggaraan Informasi Geospasial di Indonesia.

Salah satu bagian dari penegakan hukum adalah sanksi. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 juga mengatur tentang sanksi di dalamnya. Menurut *Black Law Dictionary Seventh Edition*, sanksi (*sanction*) adalah “*A penalty or coercive measure that results from failure to comply with a law, rule, or order (a sanction for discovery abuse)*” (sebuah hukuman yang diakibatkan atas suatu kegagalan dalam menaati hukum, peraturan perundang-undangan, atau perintah – terjemahan bebas dari penulis)). Disini dapat dilihat bahwa sanksi adalah suatu instrumen hukum untuk menegakkan suatu aturan.

Ada dua rezim sanksi di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011. Yang pertama adalah sanksi administratif dan yang kedua adalah sanksi pidana. Kita akan membahas sanksi administratif terlebih dahulu. Dalam hukum administrasi, sanksi adalah alat kekuasaan yang bersifat hukum publik yang dapat digunakan oleh pemerintah sebagai reaksi atas

ketidapatuhan terhadap kewajiban yang terdapat dalam norma hukum administrasi negara. Menurut (B.J.M Ten Berge, 2011) “sanksi merupakan inti dari penegakan hukum administrasi”. Sedangkan (JJ. Oosternbrink, 2011) berpendapat “sanksi administratif adalah sanksi yang muncul dari hubungan antara pemerintah-warga negara dan yang dilaksanakan tanpa perantara pihak ketiga (kekuasaan peradilan), tetapi dapat secara langsung dilaksanakan oleh administrasi sendiri.

Sanksi administratif sendiri dalam Undang-Undang tersebut dapat dilihat di dalam ketentuan Bab IX Pasal 63. Sanksi administratif dikenakan kepada setiap orang yang melanggar ketentuan Pasal 20, Pasal 46, Pasal 49 ayat (2), Pasal 50 atau Pasal 55 Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011.

Pasal 20

Dalam membuat IGT dilarang:

- a. *mengubah posisi dan tingkat ketelitian geometris bagian IGD; dan/atau*
- b. *membuat skala IGT lebih besar daripada skala IGD yang diacunya.*

Pasal 46

Dalam hal IG memiliki kekuatan hukum, IG tersebut wajib disahkan oleh pejabat yang berwenang sebelum diumumkan dan disebarluaskan.

Pasal 49 ayat (2)

Penyelenggara IG wajib memberitahukan kualitas setiap IG yang diselenggarakannya dalam bentuk metadata dan/atau riwayat data.

Pasal 50

Instansi Pemerintah, Pemerintah daerah, dan setiap orang yang membuat produk turunan suatu IG dengan maksud untuk diperjualbelikan wajib mendapat izin dari pemilik IG.

Pasal 55

- (1) *Pelaksanaan IG sebagaimana dimaksud dalam Pasal 54 yang dilakukan oleh orang perseorangan wajib memenuhi kualifikasi kompetensi yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.*
- (2) *Pelaksanaan IG yang dilakukan oleh kelompok orang wajib memenuhi kualifikasi sebagai kelompok yang bergerak di bidang IG sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.*

Dalam teori hukum administratif, dilihat dari segi sarannya, sanksi administratif dibagi menjadi tiga yaitu

a. Sanksi reparatoir (*reparatoir sancties*)

Pengertian dari jenis sanksi ini adalah sanksi yang diterapkan merupakan reaksi atas pelanggaran norma yang ditujukan untuk mengembalikan pada kondisi semula atau menempatkan pada situasi yang sesuai dengan hukum.

b. Sanksi punitif (*punitive sancties*)

Tujuan dari pemberian sanksi ini adalah semata-mata digunakan untuk memberikan hukuman (*straffen*) pada seseorang.

c. Sanksi regresif

Sanksi ini diberikan sebagai reaksi atas ketidapatuhan terhadap ketentuan-ketentuan yang terdapat ketetapan yang diterbitkan.

Karena sifatnya yang *Reparatoir-Condemnatoir* (mengembalikan ke keadaan semula dan memberikan hukuman), maka sanksi administratif mempunyai kekhasan sendiri dalam bentuk sanksinya. Apabila kita melihat Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011, maka kita dapat melihat sifat dari sanksi administratif itu sendiri. Dalam Pasal 63 ayat (2) jenis sanksi-sanksi yang diberikan terhadap pelanggaran administratif, yaitu :

- a. Peringatan tertulis;
- b. Penghentian sementara sebagian atau seluruh kegiatan;
- c. Denda administratif; dan/atau
- d. Pencabutan izin

Dari jenis-jenis sanksi tersebut, dapat dilihat bahwa tujuan pemberian sanksi administratif adalah mengembalikan ke keadaan semula sekaligus juga mengandung unsur hukuman. Sasaran dari sanksi administratif ini lebih ke arah perbuatan dan bukan orangnya. Dalam pelaksanaannya pun nanti akan jauh berbeda dengan hukum pidana. Seperti yang telah dijelaskan di atas, sanksi administratif diberikan tidak melalui media peradilan melainkan langsung dari pemerintah. Implikasi dari keadaan ini adalah alur beracara yang baru akan melibatkan peradilan setelah ketetapan tersebut disahkan. Peradilan yang memiliki kewenangan absolut untuk memproses permohonan gugatan terhadap pemberian sanksi administratif adalah Peradilan Tata Usaha Negara. Ini karena objek yang menjadi gugatan tersebut adalah ketetapan atas pemberian sanksi tersebut.

Rezim yang kedua adalah sanksi pidana. Pidana berasal dari kata *straf* (Belanda), yang pada dasarnya dapat dikatakan sebagai suatu penderitaan (nestapa) yang sengaja dikenakan/dijatuhkan kepada seseorang

yang telah terbukti bersalah melakukan tindak pidana. Sedangkan hukum pidana sendiri adalah hukum yang mengatur tentang pelanggaran-pelanggaran dan kejahatan-kejahatan terhadap kepentingan umum, perbuatan mana diancam dengan hukuman yang merupakan suatu penderitaan atau siksaan. (Van Hamel, 1984) memberi pengertian pidana adalah

“een bijzonder leed, tegen den overtreder van een door den staat gehandhaafd rechtsvoorschrift, op den enkelen grond van die overtreding, van wege den staat als handhaver der openbare rechtsorde, door met de rechtsbedeeling belaste gezag uit te spreken.”

(suatu penderitaan yang bersifat khusus, yang telah dijatuhkan oleh kekuasaan yang berwenang untuk menjatuhkan pidana atas nama negara sebagai penanggung jawab dari ketertiban hukum umum bagi seorang pelanggar, yakni semata-mata karena orang tersebut telah melanggar suatu peraturan hukum yang harus ditegakkan oleh negara.)

Menurut (Satochid Kartanegara, 1954), pidana itu bersifat siksaan atau penderitaan, yang oleh undang-undang hukum pidana diberikan kepada seseorang yang melanggar sesuatu norma yang ditentukan oleh undang-undang hukum pidana, dan siksaan atau penderitaan itu dengan keputusan hakim dijatuhkan terhadap diri orang yang dipersalahkan itu. Sifat yang berupa siksaan atau penderitaan itu harus diberikan kepada hukuman (pidana), karena pelanggaran yang dilakukan oleh seseorang terhadap norma yang ditentukan oleh undang-undang hukum pidana itu merupakan pelanggaran kepentingan hukum yang justru akan dilindungi oleh undang-undang hukum pidana. Kepentingan hukum yang justru akan dilindungi itu adalah sebagai berikut :

1. Jiwa manusia;
2. Keutuhan tubuh manusia;
3. Kehormatan seseorang;
4. Kesusilaan;
5. Kemerdekaan pribadi; dan
6. Harta benda/kekayaan.

Sedangkan menurut (Moeljatno, 2005) hukum pidana adalah bagian dari keseluruhan hukum yang berlaku di suatu negara, yang mengadakan dasar-dasar dan aturan untuk:

- 1) Menentukan perbuatan-perbuatan mana yang tidak boleh dilakukan, yang dilarang, dengan disertai ancaman atau sanksi berupa pidana tertentu bagi barang siapa melanggar larangan tersebut;
- 2) Menentukan kapan dan dalam hal-hal apa kepada mereka yang telah melanggar

larangan-larangan itu dapat dikenakan atau dijatuhi pidana sebagaimana yang telah diancamkan

- 3) Menentukan dengan cara bagaimana pengenaan pidana itu dapat dilaksanakan apabila ada orang yang disangka telah melanggar larangan-larangan tersebut

Tujuan dari pidana itu adalah untuk mencegah timbulnya kejahatan atau pelanggaran. Dan apabila kita melihat pengertian hukum pidana diatas, maka dapat disimpulkan bahwa nestapa atau penderitaan itu merupakan suatu unsur yang memang selalu adalah suatu pidana.

Ketentuan pidana di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial dapat dilihat di dalam ketentuan Pasal 64 sampai dengan Pasal 69. Apabila kita menelaah ketentuan tersebut, maka dapat dilihat bahwa sanksi pidana diberikan terhadap perbuatan-perbuatan yang dapat membahayakan bagi jiwa manusia maupun harta kekayaan. Perbuatan-perbuatan tersebut antara lain :

1. menghilangkan, merusak, mengambil, memindahkan, atau mengubah tanda fisik yang merupakan bagian dari JKHN, JKVN, dan JKGN serta instrumen survei yang sedang digunakan secara tanpa hak dan melawan hukum (Pasal 58)
2. mengubah IGD tanpa izin dari Badan dan menyebarluaskan hasilnya.(Pasal 59 ayat (1))
3. menyebarluaskan IGD yang diubah-tanpa izin dari Badan.(Pasal 59 ayat (2))
4. mengubah IGT tanpa izin dari penyelenggara IGT dan menyebarluaskan hasilnya. Pasal 60 ayat (1))
5. menyebarluaskan IGT yang diubah tanpa izin dari penyelenggara IGT. Pasal 60 ayat (1))
6. membuat IG yang penyajiannya tidak sesuai dengan tingkat ketelitian sumber data yang mengakibatkan timbulnya kerugian orang dan/atau barang. (Pasal 61)
7. menyebarluaskan IG yang belum disahkan (Pasal 62)

Perbuatan-perbuatan tersebut dianggap sebagai perbuatan yang apabila dilakukan akan merugikan harta kekayaan dan bahkan menghilangkan jiwa seseorang. Untuk memudahkan dalam memahami ketentuan pidana ini, berikut salah satu ilustrasinya.

Si Amir menyebarluaskan Informasi Geospasial yang belum disahkan. Perbuatan yang dilakukan Amir ini dapat menyebabkan kesesatan dalam penggunaan Informasi Geospasial yang ada di masyarakat. Akibatnya masyarakat memanfaatkan Informasi

Geospasial yang salah sehingga dapat berakibat kerugian bagi baik pengguna maupun penerima manfaat. Salah satu kerugian yang dapat terjadi adalah adanya kesalahan dalam perencanaan teknis sehingga kemungkinan terjadi kesalahan dalam pelaksanaan perencanaan tersebut. semakin besar. Implikasinya adalah hasil perencanaan yang gagal dan hasil perencanaan tersebut dapat mengancam jiwa atau harta kekayaan seseorang.

Ketentuan pidana yang terdapat di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 ini merupakan pengaturan pidana yang lebih khusus (*lex specialis*) yaitu di bidang Informasi Geospasial. Meski begitu ketentuan yang terdapat di dalam peraturan perundang-undangan lain termasuk juga Kitab Undang-Undang Hukum Pidana (KUHP) dapat juga dikenakan kepada pelanggar Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 dengan format alternatif, kumulatif, atau subsider, dengan catatan perbuatan yang dilakukan terdakwa tersebut memenuhi unsur-unsur perbuatan pidana dalam peraturan perundang-undangan tersebut.

Akibat langsung apabila kita melakukan suatu perbuatan pidana adalah kita akan dikenakan sanksi pidana. Pengaturan umum mengenai jenis sanksi pidana terdapat di dalam Pasal 10 KUHP. Jenis-jenis sanksi pidana dalam ketentuan tersebut antara lain :

- a. Pidana Pokok
 - a. Pidana Mati
 - b. Pidana Penjara
 - c. Pidana Kurungan
 - d. Pidana Denda
 - e. Pidana Tutupan
- b. Pidana Tambahan
 - a. Pencabutan hak-hak tertentu
 - b. Perampasan barang-barang tertetu
 - c. Pengumuman putusan hakim

Ketentuan tersebut merupakan dasar penentuan sanksi pidana di dalam peraturan perundang-undangan yang lebih khusus. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial hanya menggunakan dua jenis sanksi pidana yaitu pidana penjara dan pidana denda. Apabila ditelaah lebih dalam, maka dapat dilihat bahwa sifat pembedaan dari Undang-Undang ini adalah alternatif. Ini berarti pengenaan pidana penjara tidak dapat dikenakan secara bersamaan dengan pidana denda.

Dalam memutuskan, hakim wajib memilih jenis

hukuman yang dikenakan kepada terdakwa. Apakah pidana penjara atau pidana denda. Tentu saja pertimbangan pemilihan sanksi pidana yang dijatuhkan ini adalah kekuasaan mutlak hakim berdasarkan fakta-fakta yang terdapat di dalam persidangan. Hukum acara yang digunakan di untuk melaksanakan ketentuan pidana ini adalah tetap menggunakan ketentuan yang terdapat di dalam Undang-Undang Nomor 8 Tahun 1981 tentang Hukum Acara Pidana atau sering dikenal dengan Kitab Undang-Undang Hukum Acara Pidana (KUHAP). Ini berarti segala pelanggaran pidana terhadap Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 akan diproses, baik penyelidikan, penyidikan, penuntutan, persidangan, maupun perlawanan, sesuai dengan ketentuan yang terdapat di dalam KUHAP.

Apabila kita dilihat secara singkat, sanksi yang diberikan terhadap pelanggaran pidana di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 cukup berat. Untuk pidana penjara, kisaran jangka waktu penjara di dalam undang-undang tersebut adalah satu hari sampai dengan enam tahun penjara. Sedangkan denda yang dikenakan adalah paling banyak satu milyar dua ratus lima puluh juta rupiah.

Jika kita melihat dua rezim sanksi yang terdapat di dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 sebagaimana telah dijelaskan di atas, dapat disimpulkan bahwa semua pelanggaran terhadap semua ketentuan di dalam Undang-Undang dapat dikenakan sanksi hukum yang cenderung sangat berat. Seharusnya semua ancaman hukuman ini dapat menimbulkan efek takut bagi seluruh pemangku kepentingan untuk melanggar ketentuan yang ada di dalam Undang-Undang tersebut. Harapannya dengan adanya sanksi hukum yang berat, tata kelola informasi geospasial yang telah diatur di dalam undang-undang Nomor 4 Tahun 2011 dapat terlaksana dengan baik sehingga Informasi Geospasial yang dihasilkan adalah informasi yang berkualitas sehingga semua kebijakan atau perencanaan yang dihasilkan dari Informasi Geospasial tersebut adalah kebijakan dan/atau perencanaan yang tepat.

Mengingat usia Undang-Undang ini masih relatif sangat muda, alangkah baiknya jika para pemangku kepentingan di bidang informasi geospasial belajar juga dari nasib peraturan perundang-undangan yang beberapa diantaranya cenderung *unapplicable* di masyarakat sehingga maksud dan tujuan dari lahirnya peraturan perundang-undangan tersebut tidak tercapai. Ada beberapa faktor yang menyebabkan suatu perundang-undangan tersebut menjadi tidak bertaji. Faktor-faktor tersebut antara lain :

1. Substansi peraturan perundang-undangan
Salah satu sebab suatu peraturan

perundang-undangan tersebut tidak bertaji adalah substansi peraturan perundang-undangan tersebut tidak dapat atau tidak mungkin mengakomodasi perkembangan situasi yang ada di masyarakat.

2. Faktor Penegak hukumnya

Penyebab suatu penegakan hukum tidak dapat dilaksanakan dengan baik adalah kualitas dan integritas penegak hukum itu sendiri.

3. Faktor sarana atau fasilitas yang mendukung penegakan hukum

Sarana dan prasarana adalah salah satu bagian penting dalam melakukan penegakan hukum. Tanpa sarana dan prasarana yang memadai, penegakan hukum tidak akan maksimal. Salah satu contoh kurangnya sarana dan prasarana dalam penegakan hukum adalah sering sekalinya kejadian *illegal logging* dan *illegal fishing*. Aparat penegak hukum kita kesulitan untuk menangkap pelaku karena kurangnya peralatan yang canggih.

4. Faktor masyarakat

Salah satu faktor yang berperan penting dalam penegakan hukum adalah masyarakatnya itu sendiri. Penegakan hukum berasal dari masyarakat dan bertujuan untuk mencapai kedamaian dalam masyarakat. Oleh karena itu, dipandang dari sudut tertentu, masyarakat dapat mempengaruhi penegakan hukum tersebut. Ada kalanya hukum yang berlaku bertentangan dengan kebiasaan atau kebudayaan masyarakat. Pertentangan ini ditambah dengan sosialisasi yang tidak maksimal menyebabkan munculnya resistensi masyarakat untuk mematuhi peraturan perundang-undangan yang ada.

Faktor-faktor tersebut adalah beberapa faktor utama yang dapat menentukan suatu penegakan hukum tersebut berfungsi atau tidak. Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 sangat berpotensi sebagai peraturan perundang-undangan yang dapat melakukan tata kelola informasi geospasial di Indonesia. Tentu saja undang-undang ini terancam tidak akan *applicable* apabila unsur penegakan hukumnya tidak berjalan. Karena pada dasarnya hukum itu bisa dikatakan berhasil apabila sudah bisa menjadi *social engineering* dan *social control* bagi masyarakatnya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Tata Kelola Informasi Geospasial yang terdapat dalam Undang-Undang Nonmor 4 Tahun 2011

tentang Informasi Geospasial tidak akan dapat terwujud apabila hukum yang terdapat di dalam Undang-Undang tersebut tidak ditegakkan. Penegakan hukum sangat penting dalam pengaplikasian Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 dan juga peraturan perundang-undangan turunannya. Namun sebagaimana yang terjadi di peraturan perundang-undangan terdahulu, penegakan hukum informasi geospasial harus didukung oleh seluruh pemangku kepentingan. Oleh sebab itu, saran yang dapat diajukan di dalam tulisan ini antara lain :

1. Perlunya sosialisasi Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 dan peraturan turunannya yang efektif dan efisien kepada seuruh pemangku kepentingan termasuk juga kepada aparat penegak hukum.
2. Penegakan hukum di bidang Informasi Geospasial mempunyai kekhasan tersendiri dibandingkan dengan penegakan hukum di bidang yang lain. Ini karena sifat informasi geospasial yang tidak menyentuh langsung masyarakat namun apabila salah menggunakannya masyarakat akan terkena dampak yang begitu luar biasa. Oleh sebab itu, nantinya penegakan hukum tidak selalu berhubungan dengan aparat penegak hukum namun juga wajib didukung oleh seluruh pemangku kepetingan terkait informasi geospasial.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak-pihak yang membantu penulis dalam menyelesaikan karya ilmiah. Pihak-pihak tersebut antara lain :

1. Kepala Bagian Hukum Badan Informasi Geospasial beserta stafnya atas masukan dan saran serta sarana yang diberikan kepada penulis selama penulisan karya ini.
2. Pihak-pihak lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu. Terima kasih atas dukungannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, Penelitian Tentang Efektifitas Sanksi Administratif Dalam Rangka Penegakan Hukum Lingkungan Sebagai Upaya Pencegahan Pencemaran, Badan Pembinaan Hukum Nasional, Jakarta, 1998.
- Darmawan, Mulyanto, Menguak Teknologi Informasi Geospasial Dibalik Kegiatan Tanggap Darurat, Rehabilitasi, dan Rekonstruksi NAD-Nias Pasca Tsunami 2004, Mediatama Septakarya, Jakarta, 2011

- Kansil, C.S.T., Pengantar Ilmu Hukum dan Tata Hukum Indonesia, Balai Pustaka, Jakarta, 1984.
- Kartanegara, Satochid, Kumpulan Catatan Kuliah Hukum Pidana II, Mahasiswa PTIK Angkatan V, 1954.
- Kitab Undang-Undang Hukum Pidana
- Marbun, S.F., Pokok-Pokok Hukum Administrasi Negara, Liberty, Jogjakarta, 1987
- Muladi, Teori-Teori dan Kebijakan Pidana, Alumni, Bandung, 2005.
- Mustafa, Bachsan., Pokok-Pokok Hukum Administrasi Negara Indonesia, Citra Aditya Bakti, Bandung, 1990.
- Poernomo, Bambang, Asas-Asas Hukum Pidana, Ghalia Indonesia, Jakarta, 1978
- Pranoto, Edi., Sanksi Hukum Administrasi, 7 Mei 2011, <http://edipranoto.blogspot.com/2011/05/sanksi-hukum-administrasi.html> (akses ygl. 25 Oktober 2012)
- Soetami, A, Siti., Hukum Acara Peradilan Tata Usaha Negara, Eresco, Bandung 1994.
- Triwulan, Titik., Hukum Tata Usaha Negara dan Hukum Acara Peradilan Tata Usaha Negara Indonesia, Kencana, Jakarta, 2011
- Undang-Undang Nomor 8 tahun 1981 tentang Hukum Acara Pidana
- Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial dan Naskah Akademiknya
- Van Bemmelen, J.M., Hukum Pidana 1 Hukum Pidana Meterial Bagian Umum, Binacipta, Bandung, 1987.

Keterbukaan Informasi Publik Data Spasial Bidang Tanah Untuk Menjamin Kepastian Hukum Pendaftaran Tanah

Tjahjo Arianto

Abstract

The right to obtain information is one of the human rights. The transparency of public information is one of the characteristics of a democratic country which highly upholds the people's sovereignty to realize the good governance. The transparency of public information on spatial data related to land boundaries is the implementation of publicity and specialty principles. This is to guarantee the law certainty on land registration. The transparency mentioned above, in Indonesia, must be well managed by the National Land Agency. Therefore, the restructuring of spatial data on land boundaries should be done immediately. The research is aimed at the implementation of the transparency on land registration in Indonesia whether it has been carried as it is required by the national land law. The study used the normative law method. The results showed that the transparency on information of spatial data has only partially been carried out.

Keywords: Public information, spatial data and law certainty

A. Pendahuluan

Informasi merupakan kebutuhan pokok setiap orang bagi pengembangan pribadi dan lingkungan sosialnya, hak memperoleh informasi merupakan hak asasi manusia dan keterbukaan informasi publik merupakan salah satu ciri penting negara demokratis yang menjunjung tinggi kedaulatan rakyat untuk mewujudkan penyelenggaraan negara yang baik.¹ Setiap makhluk hidup selalu membutuhkan informasi², hewan dan tanamanpun membutuhkan informasi untuk mempertahankan hidupnya, apalagi manusia tidak mungkin hidup tanpa informasi. Memperoleh informasi merupakan hak manusia Indonesia yang diatur oleh konstitusi.

Pasal 28F Undang-Undang Dasar 1945 mengatur :

Setiap orang berhak untuk berkomunikasi dan memperoleh informasi untuk mengembangkan pribadi dan lingkungan sosialnya, serta berhak untuk mencari, memperoleh, memiliki, menyimpan, mengolah, dan menyampaikan

informasi dengan menggunakan segala jenis saluran yang tersedia.

Bidang tanah merupakan bagian permukaan bumi yang kepemilikannya harus diakui oleh semua pihak, untuk dapat diakui kepemilikan tersebut harus diketahui melalui keterbukaan informasi, oleh karena itu hubungan hukum antara hak kepemilikan di atas permukaan bumi dan yang di bawah permukaan bumi perlu pengaturan secara tegas. Jaminan kepastian hukum pemilikan tanah diperoleh melalui pendaftaran tanah yang diselenggarakan oleh pemerintah telah diatur Pasal 19 ayat (2) Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-pokok Agraria yang meliputi:

- Pengukuran, perpetaan dan pembukuan tanah;
- Pendaftaran hak-hak atas tanah dan peralihan hak-hak tersebut;
- Pemberian surat-surat tanda bukti hak, yang berlaku sebagai alat pembuktian yang kuat.

Pendaftaran tanah meliputi kegiatan bidang yuridis, teknik geodesi dan administrasi atau tata pendaftaran tanah. Pendaftaran tanah merupakan suatu proses pencatatan dan pemberian informasi tentang pemilikan tanah, penggunaan tanah dan status pemilikan. Fungsi pendaftaran tanah menurut *United Nations Economic Commission for Europe: "The function of land registration is to provide a safe and certain foundation for the acquisition, enjoyment and disposal of rights in land"*³

Berangkat dari masalah tersebut diperlukan

* Alumni Teknik Geodesi UGM nomor urut 101, Dosen Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional; Dosen Program Studi Magister Ilmu Hukum Universitas Atmajaya Jogjakarta; mantan Kasi Pengukuran dan Pendaftaran Tanah Kab. Jember, Kab. Sidoarjo, Jakarta Timur tahun 1989 – 1999; Kasi Tata Pendaftaran Tanah BPN Pusat tahun 1999 – 2001; Kepala Kantor Pertanahan Kab. Jember, Kabupaten Gresik, Surabaya Timur tahun 2001 – 2009; Kepala Bidang Survei Pengukuran dan Pemetaan BPN Provinsi Jawa Timur Tahun 2008 – 2010.

¹Diktum menimbang Undang –Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi Publik.

²Arti informasi menurut Wikipedia bahasa Indonesia adalah pesan (ucapan atau ekspresi) atau kumpulan pesan yang terdiri dari order sekuens dari simbol, atau makna yang dapat ditafsirkan dari pesan atau kumpulan pesan.

³United Nations Economic Commission for Europe, *Land Administration Guideline*, New York & Geneva, 1996., hlm. 4.

kegiatan pendaftaran tanah oleh Pemerintah untuk menjamin kepastian hukum hak atas tanah, pemanfaatan dan peralihan haknya.

Pendaftaran Tanah bertujuan :

1. untuk memberikan kepastian hukum dan perlindungan hukum kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah, satuan rumah susun dan hak-hak lain yang terdaftar agar dengan mudah dapat membuktikan dirinya sebagai pemegang hak yang bersangkutan;
2. untuk menyediakan informasi kepada pihak-pihak yang berkepentingan termasuk Pemerintah agar dengan mudah dapat memperoleh data yang diperlukan dalam mengadakan perbuatan hukum mengenai bidang-bidang tanah dan satuan-satuan rumah susun yang sudah terdaftar; dan
3. untuk terselenggaranya tertib administrasi pertanahan.⁴

Selalu muncul permasalahan, bilamana secara nyata suatu bidang tanah dikuasai orang, belum tentu orang tersebut berhak atas tanah itu dan letak serta batas-batas bidang tanah terlihat dikuasai, ditunjuk orang belum tentu diketahui batas sebenarnya.

Persoalan tersebut oleh Pemerintah di banyak negara diatasi dengan diselenggarakan suatu sistem keterbukaan informasi melalui pengumuman mengenai hak-hak atas tanah meliputi :

1. pengumuman mengenai orang-orang yang menjadi pemegang hak yang dikenal sebagai “publisitas”, diselenggarakan oleh Pemerintah dengan mengadakan pendaftaran hak;
2. pengumuman mengenai letak tanah, letak batas-batasnya dan luas bidang tanah yang dikenal sebagai “spesialitas”, diselenggarakan oleh Pemerintah dengan mengadakan kadaster.⁵

Keterbukaan informasi melalui pengumuman mengenai hak-hak atas tanah, meliputi “publisitas” dan “spesialitas”, bertujuan untuk menjamin kepastian hukum hak-hak atas tanah, baik mengenai subjek maupun objeknya. Publisitas berarti suatu prinsip bahwa setiap orang dapat mengetahui semua hak-hak atas tanah dan semua perbuatan hukum mengenai tanah. Sistem publisitas diselenggarakan dengan suatu daftar umum berupa peta, daftar tanah, daftar surat ukur, daftar nama dan daftar buku tanah. Spesialitas yaitu suatu cara penetapan batas, sehingga identitas suatu bidang tanah menjadi jelas, yaitu jelas

lokasi, batas-batas, serta luasnya, oleh karena itu untuk sistem spesialitas diperlukan penguasaan akan Ilmu Geodesi.

PF Dale MA ARICS dalam bukunya *Cadastral Surveys within the Commonwealth* menjelaskan:

*Cadastres and cadastral surveys are concerned with land, law and people. A cadastre is a general, systematic and up-to-date register containing information about land parcels including details of their area, value and ownership. A land parcel is an area of land which may be identified as a unit for recording information and may for example be a field under uniform cultivation or a unit of ownership such as a residential lot or plot of land.*⁶

Kadaster merupakan salah satu kegiatan pendaftaran tanah melalui pembuktian batas-batas bidang tanah dengan cara pemberian informasi kepada publik yang disajikan pada peta-peta baik secara digital maupun secara analog. Batas-batas bidang tanah tersebut ditetapkan di dalamnya sebagai batas-batas yang sah menurut hukum melalui kontradiktur delimitasi. Pengelolaan data spasial bidang tanah atau tepatnya letak batas bidang tanah yang diatur menurut Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 tentang Pendaftaran Tanah dalam pelaksanaannya belum dapat memenuhi tertib administrasi pertanahan.

Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah sebagai penyempurnaan Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 telah merubah tata kelola data spasial bidang-bidang tanah. Pelaksanaan perubahan tata kelola ini belum dilaksanakan dengan baik dan benar, sehingga menimbulkan permasalahan pertanahan antara lain dengan terbitnya sertipikat ganda, oleh karena itu diperlukan pembenahan terhadap informasi yang disajikan peta pendaftaran tanah.

Pelaksanaan pendaftaran tanah di Indonesia pada kenyataannya masih jauh dari yang diharapkan, harus dibenahi secara cermat dan saksama, bidang tanah yang terdaftar yang dapat dipetakan pada peta yang benar-benar memenuhi kaidah suatu peta masih amat sangat sedikit. Dari jumlah bidang tanah terdaftar di Indonesia yang kurang lebih 40% , diperkirakan hanya 10% yang dapat dipetakan, akibatnya sertipikat ganda tidak dapat dielakkan. Hal ini karena belum tersedia peta dasar pendaftaran. Badan Pertanahan Nasional ternyata sampai saat ini masih kualahan untuk menyiapkan peta dasar pendaftaran skala 1 : 1000. Walaupun sudah tersedia peta dasar pendaftaran, bukan pekerjaan ringan untuk memetakan kembali bidang-bidang tanah yang pernah terdaftar sejak tahun 1961 sampai

⁴Pasal 3 Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, Lembaran Negara Tahun 1997 Nomor 57.

⁵Harmanses, *Pendaftaran Tanah di Indonesia*, Direktorat Jenderal Agraria, 1981, hlm. 2.

⁶PF Dale MA ARICS, *Cadastral Surveys within the Commonwealth*, Her Majesty's Stationery Office, London, 1976, hlm. 3

saat tersedianya peta dasar pendaftaran.⁷

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian hukum normatif yaitu penelitian melalui pendekatan perundang-undangan⁸ yaitu Undang-Undang Dasar Tahun 1945, Undang –Undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Pokok-pokok Agraria, Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi, Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 tentang Pendaftaran Tanah, Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah, Peraturan Menteri Agraria Nomor 6 Tahun 1965 dan Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997. Selain melalui pendekatan peraturan perundang –undangan penelitian ini melalui pendekatan kasus atau fakta yang dialami peneliti selama menjadi Kepala Seksi Pengukuran dan Pendaftaran Tanah dari tahun 1989 sampai dengan Tahun 1999 dan Kepala Kantor Pertanahan dari Tahun 2001 sampai dengan Tahun 2009.

Demikian juga dilakukan pendekatan konseptual melalui asas publisitas dan asas spesialisitas dari pelaksanaan pendaftaran tanah.

C. Pengelolaan Data Spasial Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 Tentang Pendaftaran Tanah.

Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 mengatur penomoran dan penyimpanan Surat Ukur atau Gambar Situasi per tahun kalender tidak per desa/kelurahan sebagaimana penomoran hak atas tanah pada Buku Tanah. Pada peta pendaftaran tanah setiap bidang tanah memberikan dua informasi yaitu nomor hak atas tanah menurut urutan terdaftarnya hak di desa tersebut misalnya Hak Milik Nomor 2356 dan nomor Surat Ukur misalnya SU nomor 345/1965 yang diberi urutan per tahun kalender, penomoran Surat Ukur ini jelas tidak sinkron dengan penomoran Buku Tanah. Tata kelola informasi data spasial batas bidang tanah ini selanjutnya diperbaiki oleh Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997.

Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 mengatur untuk desa/ daerah lengkap diterbitkan sertipikat yaitu salinan buku tanah dan surat ukur yang dijahit menjadi satu dengan suatu sampul, sedang untuk di luar desa/ daerah lengkap diterbitkan

sertipikat sementara yaitu sertipikat tanpa surat ukur yang mempunyai kekuatan sama dengan sertipikat.

Sertipikat sementara ini dalam pelaksanaannya oleh Kantor Pendaftaran Tanah waktu itu diterbitkan sama sekali tanpa data spasial bidang tanah karena menginterpretasikan sertipikat sementara tanpa surat ukur. Bila pejabat saat itu memahami asas publisitas dan asas spesialisitas pendaftaran tanah dan memaknai kalimat sertipikat sementara mempunyai kekuatan sama dengan sertipikat, seharusnya penerbitan sertipikat sementara harus dilengkapi data spasial yang kekuatan pembuktiannya setara dengan Surat Ukur.

Sertipikat sementara yang diterbitkan tanpa data spasial letak batas bidang tanah telah menambah ketidak pastian hukum pendaftaran tanah dan kacaunya administrasi pendaftaran tanah sehingga memicu timbulnya sengketa. Mengakhiri ketidak pastian hukum pendaftaran tanah akibat tidak adanya informasi spasial dari bidang tanah tersebut Peraturan Menteri Agraria Nomor 6 Tahun 1965 selanjutnya memerintahkan bahwa sertipikat sementara harus dilengkapi Gambar Situasi. Pengukuran untuk Gambar Situasi harus pula memenuhi syarat teknis bila batas hilang dapat direkonstruksi kembali.

Tidak ada aspek lain dari pendaftaran tanah menimbulkan kontroversi kecuali dari letak batas-batas pemilikan tanah.⁹

D. Pengelolaan dan Keterbukaan Informasi Data Spasial Menurut Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Tata kelola informasi data spasial bidang tanah pada Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 memperbaiki tata kelola informasi data spasial yang pernah diatur Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961. Informasi data spasial bidang tanah pada PP Nomor 24 Tahun 1997 diatur bersifat unik per desa atau kelurahan, berganti desa/kelurahan berganti administrasi penomoran dikenal dengan Nomor Identifikasi Bidang (NIB). Gambar Ukur dan Surat Ukur disimpan per desa/kelurahan.

Keterbukaan informasi dalam kegiatan pendaftaran tanah diawali dengan asas dan tujuan pendaftaran tanah di Indonesia yang dilaksanakan berdasarkan asas sederhana, aman, terjangkau, mutakhir dan terbuka. Asas mutakhir menuntut dipeliharanya data pendaftaran tanah secara terus menerus dan berkesinambungan, sehingga data yang tersimpan di Kantor Pertanahan selalu sesuai dengan keadaan nyata di lapangan, dan masyarakat dapat memperoleh informasi atau keterangan mengenai data yang benar

⁷Makalah disampaikan oleh Tjahjo Arianto pada Seminar Nasional Undang-Undang Informasi Geospasial pada tanggal 3 – 4 Juni 2011 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan tema “ **Implementasi Undang-Undang Informasi Geospasial : Peluang, Harapan, dan Tantangan**”

⁸Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian Hukum*, Prenada Media, Jakarta 2005, halaman 96

⁹ Rowton Simpson,S., *Land Law and Registration*, Surveyor Publications, London, 1984, hlm. 125

setiap saat. Untuk itulah diberlakukan pula asas terbuka atau keterbukaan informasi.¹⁰ Keterbukaan informasi ini merupakan tujuan pendaftaran tanah untuk dapat memberikan informasi selengkap-lengkapnyanya tentang suatu bidang tanah.

Tujuan pendaftaran tanah untuk menghimpun dan menyediakan informasi yang lengkap mengenai bidang-bidang tanah dipertegas dengan memungkinkannya menurut Peraturan Pemerintah ini pembukuan bidang-bidang tanah yang data fisik dan atau data yuridisnya belum lengkap atau masih disengketakan, walaupun untuk tanah-tanah yang demikian belum dikeluarkan setipikat sebagai tanda bukti haknya.¹¹

Keterbukaan informasi ke publik tentang pendaftaran hak antara lain dilakukan pada pendaftaran hak pertama kali dengan pengumuman data fisik dan data yuridis selama 30 (tiga puluh) hari dalam pendaftaran tanah secara sistematis atau 60 (enam puluh) hari dalam pendaftaran tanah secara sporadik untuk memberi kesempatan kepada pihak yang berkepentingan mengajukan keberatan. Pengumuman dilakukan di Kantor Panitia Ajudikasi dan Kantor Kepala Desa/Kelurahan letak tanah yang bersangkutan dalam pendaftaran tanah secara sistematis atau di Kantor Pertanahan dan Kantor Kepala Desa/Kelurahan letak tanah yang bersangkutan dalam pendaftaran tanah secara sporadik serta tempat lain yang dianggap perlu dan juga pengumuman dapat dilakukan melalui media massa.¹²

Selanjutnya UUPA mengatur bahwa setiap peralihan hak, hapusnya hak dan pembebanannya harus didaftar¹³ pada buku tanah. Pendaftaran tanah di Indonesia dengan sistem publikasi negatif, pengumuman sebagai keterbukaan informasi merupakan hal yang mutlak harus dilakukan. Terjadinya peralihan hak, hapusnya hak, pembebanan hak, sita jaminan yang merupakan kemutakhiran data tentang status hukum bidang tanah harus merupakan informasi yang terbuka untuk publik. Hal ini dimaksud untuk melindungi pemilik tanah yang sebenarnya karena sistem publikasi negatif.

Setiap orang yang berkepentingan berhak mengetahui dalam hal ini memperoleh informasi data fisik dan data yuridis yang tersimpan di dalam peta pendaftaran, daftar tanah, surat ukur dan buku tanah. Data fisik dan data yuridis yang tercantum dalam daftar nama hanya terbuka bagi instansi Pemerintah

tertentu untuk keperluan pelaksanaan tugasnya.¹⁴

Pasal 1320 Kitab Undang – Undang Hukum Perdata mengatur bahwa untuk sahnya suatu perjanjian salah satunya objek yang diperjanjikan sudah tertentu, demikian pula dalam hal bidang tanah yang diperjanjikan, harus sudah tertentu letak batas bidang tanah tersebut. Sejak berlakunya Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 tentang Pendaftaran Tanah dan disempurnakan dengan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 apabila terjadi peralihan hak atas suatu bidang tanah yang belum terdaftar ataupun pembelian tanah sebagian dari tanah terdaftar tidak disyaratkan bahwa objek yang diperjanjikan harus sudah tertentu letak batas – batasnya. Selama ini dalam setiap perjanjian yang dibuat dihadapan Pejabat Pembuat Akta Tanah, batas bidang tanah hanya disebutkan nama pemilik tanah yang berbatasan dan luas bidang tanahnya lebih kurang. Hal ini jelas menimbulkan ketidak pastian hukum letak batas bidang tanah yang berakibat munculnya sengketa batas.

Kesalahan ini rupanya baru disadari pada tahun 2006 dengan dikeluarkannya Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 1 Tahun 2006 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 37 Tahun 1998 tentang Peraturan Jabatan Pejabat Pembuat Akta Tanah. Pasal 54 ayat (4) Peraturan Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 1 Tahun 2006 mengatur sebagai berikut:

Pejabat Pembuat Akta Tanah tidak diperbolehkan membuat akta sebagaimana dimaksud Pasal 2 huruf a sampai dengan huruf g, atas sebagian bidang tanah yang sudah terdaftar atau tanah milik adat, sebelum diukur oleh Kantor Pertanahan dan diberikan Nomor Identifikasi Bidang Tanah (NIB).

Penyajian informasi data fisik dan yuridis yang ada pada peta pendaftaran, daftar tanah, surat ukur dan buku tanah terbuka untuk umum dan dapat diberikan kepada pihak yang berkepentingan secara visual atau secara tertulis. Informasi tertulis tentang data fisik dan data yuridis mengenai sebidang tanah diberikan dalam bentuk Surat Keterangan Pendaftaran Tanah.

Informasi dalam peta pendaftaran dapat diberikan dalam bentuk salinan atau fotocopy bagian peta yang dimaksud yang diberi catatan yang menyebutkan pihak yang meminta informasi tersebut dan keperluannya. Kepada pemegang hak dapat diberikan salinan atau fotocopy peta yang menunjukkan batas-batas bidang tanahnya dengan bidang-bidang tanah yang berbatasan.

¹⁰Penjelasan Pasal 2 Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

¹¹Pasal 30 Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

¹² Pasal 26 Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

¹³ Pasal 23, Pasal 32 dan Pasal 38 UUPA

¹⁴ Pasal 34 Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah

E. Keterbukaan Informasi Menurut Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial

Batas bidang tanah secara berjenjang akan menjadi batas wilayah desa/kelurahan, batas kabupaten, batas provinsi bahkan batas negara, oleh karena itu peran Badan Pertanahan Nasional dalam penetapan batas wilayah sangat penting. Peta yang memberi informasi batas wilayah disajikan dalam Peta Informasi Geospasial Dasar yang dibuat oleh Badan Informasi Geospasial tidak lagi dibuat oleh Badan Pertanahan Nasional sebagaimana diatur Pasal 16

Pasal 16

- (1) Batas wilayah sebagaimana dimaksud dalam Pasal 12 huruf e digambarkan berdasarkan dokumen penetapan penentuan batas wilayah secara pasti di lapangan oleh Instansi Pemerintah yang berwenang.
- (2) Dalam hal terdapat batas wilayah yang belum ditetapkan secara pasti di lapangan oleh Instansi Pemerintah yang berwenang sebagaimana dimaksud pada ayat (1), digunakan batas wilayah sementara yang penggambarannya dibedakan dengan menggunakan simbol dan/atau warna khusus.

Peta yang memberikan informasi bidang-bidang tanah yang telah terdaftar yang dikenal dengan Peta Pendaftaran menurut Undang – Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial termasuk Informasi Geospasial tematik (IGT) diatur oleh Pasal 21 dan Pasal 43 sebagai berikut:

Pasal 21

- (1) IGT yang menggambarkan suatu batas yang mempunyai kekuatan hukum dibuat berdasarkan dokumen penetapan batas secara pasti oleh Instansi Pemerintah yang berwenang.
- (2) Penetapan batas yang dibuat oleh Instansi Pemerintah dan/atau Pemerintah daerah yang berwenang dilampiri dengan dokumen IGT yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan.
- (3) Dalam hal terdapat batas yang belum ditetapkan secara pasti oleh Instansi Pemerintah yang berwenang sebagaimana dimaksud pada ayat (1), digunakan batas sementara yang penggambarannya dibedakan dengan menggunakan simbol dan/atau warna khusus.

Pasal 43

- (1) IGT yang dibuat oleh Instansi Pemerintah dan/atau Pemerintah daerah bersifat terbuka.
- (2) IGT tertentu yang dibuat oleh Instansi Pemerintah dan/atau Pemerintah daerah dapat bersifat tertutup sesuai dengan ketentuan peraturan perundangundangan.

F. Membenahi Kembali Informasi Data Spasial Pendaftaran Tanah

Kantor Pertanahan jarang dapat memberikan informasi bila ada pertanyaan tentang berapa desa/ kelurahan di wilayahnya yang seluruh bidang tanah terdaftar sudah dipetakan lengkap dalam satu peta dasar pendaftaran. Pelaksanaan pendaftaran tanah di Indonesia sudah berlangsung lebih dari lima puluh tahun namun penediaan peta dasar pendaftaran dan jaminan bahwa sudah tidak ada lagi bidang tanah terdaftar yang melayang-layang masih jauh dari harapan. Informasi bidang-bidang tanah terdaftar oleh beberapa Kantor Pertanahan bagaikan benang kusut yang harus ditata dari awal.

Undang – Undang Nomor 25 Tahun 2009 tentang Pelayanan Publik mendefinisikan Sistim Informasi Pelayanan Publik dalam Pasal 1 ayat 9 sebagai berikut:

Sistim Informasi pelayanan publik yang selanjutnya disebut sistim informasi adalah rangkaian kegiatan yang meliputi penyimpanan dan pengelolaan informasi serta mekanisme penyampaian informasi dari penyelenggara kepada masyarakat dan sebaliknya dalam bentuk lisan, tulisan Latin, tulisan dalam huruf Braile, bahasa gambar, dan/ atau bahasa lokal serta disajikan secara manual ataupun elektronik.

Peta yang menggambarkan bidang-bidang tanah yang pernah terdaftar dalam suatu desa atau kelurahan sesuai asas publisitas pendaftaran tanah, seharusnya diinformasikan ke publik, kepala desa dan kepala kelurahan, hal ini jelas diperintahkan oleh Pasal 190 Peraturan Menteri Negara Agraria / Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 tentang Ketentuan Pelaksanaan Peraturan Pemerintah Nomor 24 Tahun 1997 tentang Pendaftaran Tanah sebagai berikut:

Salinan peta pendaftaran tanah dari desa/kelurahan yang bidang-bidang tanahnya sudah selesai didaftar diserahkan kepada Pemerintah Desa/Kelurahan yang bersangkutan dan instansi lain yang berkepentingan menurut ketersediaannya.

Penyerahan salinan peta pendaftaran tanah kepada Pemerintah Desa/ Kelurahan ini sering diabaikan oleh oleh Kantor Pertanahan.

Tata kelola data spasial bidang-bidang tanah yang diatur Peraturan Pemerintah Nomor 10 Tahun 1961 berlangsung selama 36 tahun harus di tata kembali, Gambar Ukur, Surat Ukur dan Gambar Situasi yang dijilid per tahun dimulai dari tahun 1961 sampai dengan tahun 1997 harus dibongkar untuk dipisah-pisahkan untuk dikumpulkan per desa/kelurahan. Pekerjaan ini memerlukan ketekunan dan ketelitian, setiap bidang tanah yang telah terbit sertipikat sejak tahun 1961 sampai dengan tahun 1997 yang telah dikumpulkan per desa/kelurahan

selanjutnya diberi Nomor Identifikasi Bidang (NIB). Bidang tanah yang telah diberi NIB dicek satu persatu apakah telah dipetakan dalam satu peta yang sama, bila terpisah dalam berbagai jenis peta sebagaimana diatur Peraturan Menteri Agraria Nomor 6 Tahun 1965 bukan pekerjaan yang sederhana untuk memetakan kembali dalam satu peta.

Fakta yang terjadi dari 40% bidang tanah terdaftar hanya 10% nya yang dipetakan, kondisi bidang-bidang tanah yang diukur dalam kurun waktu sejak tahun 1961 sampai dengan tahun 1997 tidak semua dapat dipetakan kembali pada peta dasar pendaftaran yang mungkin baru tersedia di tahun 1997. Bidang tanah tersebut ada yang selama ini hanya dipetakan pada peta skala 1 : 5000 atau peta skala 1 : 5000 yang di *blow up* menjadi skala 1 : 1000. Tersedianya peta skala besar diperlukan untuk dapat menggambarkan secara normal bidang-bidang tanah.¹⁵

Pemetaan kembali bidang-bidang tanah pada peta pendaftaran yang baru terkadang sulit dilakukan dan memerlukan pengukuran ulang karena bidang tanah tersebut tidak pernah diikatkan pada Kerangka Dasar Teknik atau benda tetap lainnya. Pekerjaan ini terkadang dilupakan oleh Kantor Pertanahan.

Belum tersedianya Peta Dasar untuk pendaftaran tanah skala 1 : 1000 untuk setiap desa/kelurahan merupakan kendala utama dalam rangka membenahi informasi data spasial pendaftaran tanah.

G. Keterbukaan Informasi Data Spasial

Pendaftaran Tanah

Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi mengatur bahwa setiap informasi publik bersifat terbuka dan dapat diakses oleh setiap pengguna informasi publik kecuali yang bersifat ketat dan terbatas. Setiap informasi publik harus dapat diperoleh setiap pemohon informasi dengan cepat dan tepat waktu, biaya ringan, dan cara sederhana.¹⁶

Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997 mengatur bahwa salinan peta pendaftaran tanah dari desa/kelurahan yang bidang-bidang tanahnya sudah selesai didaftar diserahkan kepada Pemerintah Desa/Kelurahan yang bersangkutan dan instansi lain yang berkepentingan menurut ketersediaannya. Data fisik dan data yuridis yang tercantum dalam daftar nama hanya dapat diberikan kepada Instansi Pemerintah yang memerlukan untuk keperluan

pelaksanaan tugasnya dengan mengajukan permintaan yang menyebutkan keperluan tersebut.¹⁷

Keterbukaan informasi data spasial oleh Kantor Pertanahan sudah merupakan keharusan yang sudah diperintahkan oleh Undang-Undang Dasar Tahun 1945 sampai dengan perintah Peraturan Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997, namun dalam implementasinya masih belum sepenuhnya dilaksanakan.

Setiap Kantor Pertanahan sudah saatnya membuat *web site* dengan menyajikan peta bidang-bidang tanah terdaftar yang dapat diakses secara mudah murah dan cepat oleh masyarakat, hal ini untuk memenuhi asas publisitas dan asas spesialisitas untuk tercapainya kepastian hukum pendaftaran tanah.

H. Kesimpulan

1. Keterbukaan informasi data spasial batas bidang tanah merupakan kewajiban Kantor Pertanahan untuk memenuhi asas publisitas dan asas spesialisitas pendaftaran tanah untuk menjamin kepastian hukum pendaftaran tanah.
2. Ketersediaan Peta Dasar Skala 1 : 1000 untuk setiap desa/kelurahan merupakan hal mutlak harus segera dipenuhi untuk pelaksanaan keterbukaan informasi data spasial bidang-bidang tanah.
3. Kantor Pertanahan belum sepenuhnya dapat melaksanakan keterbukaan informasi publik data spasial pendaftaran tanah

Daftar Pustaka

- Harmanses, *Pendaftaran Tanah di Indonesia*, Direktorat Jenderal Agraria, 1981
- Larsson, Gerhard., *Land Registration and Cadastral System*, Longman Group, United Kingdom, London, 1996
- Peter Mahmud Marzuki, *Penelitian Hukum*, Prenada Media, Jakarta 2005
- PF Dale MA ARICS, *Cadastral Surveys within the Commonwealth*, Her Majesty's Stationery Office, London, 1976,
- Rowton Simpson,S., *Land Law and Registration*, Surveyor Publications, London, 1984

¹⁵ Larsson, Gerhard., *Land Registration and Cadastral System*, Longman Group, United Kingdom, London, 1996, hlm. 16.

¹⁶ Pasal 2 Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2008 tentang Keterbukaan Informasi

¹⁷ Pasal 187 sampai dengan Pasal 191 Peraturan Menteri Agraria/ Kepala Badan Pertanahan Nasional Nomor 3 Tahun 1997

Tjahjo Arianto, Makalah pada Seminar Nasional Undang-Undang Informasi Geospasial pada tanggal 3 – 4 Juni 2011 di Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dengan tema “ *Implementasi Undang-Undang Informasi Geospasial : Peluang, Harapan, dan Tantangan*”

United Nations Economic Commission for Europe, *Land Administration Guideline*, New York & Geneva, 1996.

Migrasi Metadata Spasial Nasional dari SNI 7335:2008 ke Metadata Nasional Berbasis ISO 19115

Trias Aditya^{a,b}, Agung Indrajit^c, Antonius B. Wijanarko^c, Purnama B. Santosa^{a,b}, Tandang Y. Putra^c

^a Pusat Kajian Pengembangan Infrastruktur Data Spasial FT-UGM (✉)

^b Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT-UGM

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: triasaditya@ugm.ac.id

^c Deputi IIG Badan Informasi Geospasial

Abstract

Spatial metadata has been long identified as one of minimum requirements to establish geospatial information infrastructure. For data providers, metadata resources play an important role in implementing effective and efficient data management. For users, metadata resources allow users to discover and select geospatial data and geospatial content that fit for their purpose. There have been numerous existing spatial metadata standards like CSGDM from FGDC and CEN T C287 from European Community before ISO standard for spatial metadata (known as ISO:19115) emerges since the beginning of 2000. Currently, national standard bodies are either adopting of the ISO standard or in the process in migrating to ISO:19115. This was the result as the ISO standard provides more benefits in regard to data interoperability and data reusability. In 2008, Indonesia adopted CSGDM as Indonesia National Standard (known as SNI 7335). Although SNI 7335 gives good structure and extensibility, but it provides very minimum guidances on mandatory elements to be filled in. In addition to this, ISO:19115 offers better definition on metadata elements, more optional elements and provides more support for users to locate, evaluate, extract and apply geospatial dataset and content. This paper presents the results of exploration of ISO19115 in support for migrating metadata standard in Indonesia from SNI 7335 that based on CSGDM into ISO:19115.

Keywords: metadata, CSGDM, ISO19115.

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Metadata spasial adalah elemen-elemen informasi yang menerangkan suatu data spasial. Metadata spasial berperan penting untuk dapat menjawab siapa, apa, dimana dan kapan tentang data spasial tersebut diproduksi dan atau didistribusikan. Melalui metadata, seorang pengguna dapat mendapatkan informasi tentang isi dan kualitas data, misalnya informasi tentang format data, skala peta, dan kualitas atribut data. Sayangnya metadata belumlah selalu tersedia untuk setiap data. Seringkali pengguna kesulitan untuk mencari tahu ketersediaan dan kesesuaian serta lokasi data yang dibutuhkan.

Idealnya apabila setiap data spasial yang diproduksi dan atau didistribusikan dilengkapi dengan metadata spasial serta terorganisasi melalui suatu katalog, maka ketersediaan dan keteraksesan data bukan lagi menjadi kendala. Bagi pembuat dan penyedia data, metadata membantu menyimpan dan mengelola data spasial secara efektif dan efisien. Disini, metadata dapat dilihat sebagai aset informasi yang perlu

disimpan dalam dan dipanggil melalui katalog pada saat diperlukan untuk mengetahui data apa saja yang dimiliki dan data apa saja yang belum dimiliki.

Hal ini yang membuat metadata spasial dipandang penting untuk ditempatkan sebagai salah satu komponen fundamental dalam penyusunan IDS. Indonesia melalui Badan Standarisasi Nasional di tahun 2008 menerapkan SNI 7335 sebagai metadata spasial nasional. Sebagai konsekuensi dari hal ini, peta dasar dan peta tematik yang ada perlu dilengkapi dengan metadata sesuai format SNI 7335. Sayangnya meski sudah dijadikan SNI, penerapan standar masih sangat minim. Artinya, penyedia data tidak selalu menyertakan metadata pada saat memproduksi atau melakukan akuisisi data. Yang kedua, dari sisi format penyimpanan metadata, pada saat ini format berstandar internasional yang menjadi rujukan adalah ISO:19115.

I.2. Penerapan Metadata berstandar ISO/TC 211

Secara umum, standar ISO untuk informasi geospasial (disebut sebagai TC/211 Geographic Information) dapat dikelompokkan menjadi 6

kelompok:

1. Standar tentang infrastruktur landasan standar

Adalah standar yang mengatur terminologi (ISO/TS 19104), kesesuaian, testing (ISO 19105), bahasa skema konseptual (ISO/TS 19103) serta model referensi (ISO 19101).

2. Standar tentang skema dan model data

Misalnya ISO 19109 (aturan-aturan untuk skema aplikasi), ISO 19107 (skema spasial), ISO 19108 (skema temporal), ISO 19111 (*spatial referencing by coordinates*), ISO 19112 (*spatial referencing by geographic identifiers*).

3. Standar tentang manajemen informasi

Misalnya ISO 19110 (metodologi dalam pembuatan katalog fitur), ISO 19115 (metadata), ISO 19113 (prinsip-prinsip kualitas), dan ISO 19114 (prosedur evaluasi kualitas).

4. Standar tentang servis

Misalnya tentang ISO 19119 (servis-servis), ISO 19116 (layanan posisi), ISO 19125-1 (Arsitektur umum akses fitur sederhana), dan ISO 19125-2 (Ops SQL).

5. Standar tentang encoding

Misalnya ISO 6709 tentang representasi lokasi titik menggunakan koordinat-koordinat, ISO 19118 tentang encoding informasi geografis, ISO 19136 mengenai *Geographic Markup Language* atau GML dan ISO 19139 tentang Implementasi skema XML (*eXtensible Markup Language*) untuk metadata.

6. Standar tentang area tematik spesifik

ISO 19101-2 tentang model referensi informasi geografis tentang *imagery* serta ISO 19115-2 tentang metadata spasial – ekstensi untuk *imagery*.

Metadata spasial yang diatur oleh ISO menggunakan beberapa standar ISO sebagai referensi dan atau landasan kesesuaian (*conformance*). Berikut ini adalah standar-standar yang terkait dengan metadata:

- ISO 19110:2005/Amd 1:2011 Methodology for feature cataloguing
- ISO 19111:2007 Spatial referencing by coordinates
- ISO 19112:2003 Spatial referencing by geographic identifiers
- ISO 19113:2002 Quality principles
- ISO 19114:2003 Quality evaluation procedures
- ISO 19115:2003/Cor 1:2006 Geospatial metadata
- ISO 19115-2:2009 Extensions for imagery and gridded data

- ISO 19119:2005 Services
- ISO 19130:2010 Imagery sensor models for geopositioning
- ISO 19138:2006 Data quality measures
- ISO 19139:2007 Metadata XML Schema implementation
- ISO 15836:2003 The Dublin Core metadata element set

Pengaturan Metadata spasial dengan standar ISO umumnya meliputi pemanfaatan 3 (tiga) standar sekaligus yaitu: ISO 19115, ISO 19115-2, dan ISO 19139 tersebut di atas. ISO 19115 adalah standar yang mengatur muatan (terminologi dan definisi) dan karakteristik (hubungan dan sifat) dari elemen-elemen informasi yang ada pada metadata spasial. ISO 19115-2 adalah standar yang mengatur muatan dan karakteristik data grid dan *imagery* misalnya cara mendapatkannya, kualitas, dan representasi data spasial.

Kedetilan muatan informasi dan pengaturan karakteristik informasi yang lebih rigid dibanding standar metadata yang lain membuat negara-negara melakukan migrasi dan atau menjadikan ISO sebagai basis untuk mengembangkan metadata sendiri (melakukan *profiling*). Beberapa contoh penggunaan ISO 19115 sebagai basis modifikasi adalah metadata UK – Gemini di Inggris (terdiri dari dua jenis metadata yaitu untuk dataset dan metadata untuk servis) dan INSPIRE (Inisiatif Infrastruktur Informasi Spasial di Uni Eropa).

Lebih lengkapnya berikut diberikan beberapa daftar profil ISO 19115 yang ada:

A metadata profile for precision agriculture based on ISO 19115 standard.

- Australia-New Zealand Profile
- North American Profile of ISO 19115:2003 (NAP)
- CAN/CGSB-171.100-2009 (Kanada)
- INSPIRE Metadata Directive
- ISO 19115/ISO 19119 Application Profile for CSW (Catalog Service Web) 2.0
- C3Grid ISO 19115 Metadata Profile
- Marine Community Metadata Profile of ISO 19115
- Energy Industry Profile of ISO 19115-1
- USGIN ISO 19139 Profile
- DISDI Geospatial Metadata Profile (DGMP)
- National System for Geospatial Intelligence Metadata Foundation (NMF)
- WMO (*World Meteorological Organization*) Core Profile
- Draft African metadata profile of ISO 19115
- Samoan profile
- Latin American Profile

- Núcleo Español de Metadatos (NEM)
- UK GEMINI
- Biological profile
- Coastal zone profile
- S100 Metadata profile (*International Hydrological Organization*)

Saat ini SNI 7335 sudah diterapkan sejak tahun 2008. Setelah 4 tahun penerapan SNI, sudah saatnya ditinjau ulang kegunaan dan kemanfaatan standar metadata spasial nasional. Pada saat ini, tinjauan menjadi penting karena Infrastruktur Data Spasial Indonesia sudah melangkah pada tahap operasi dan implementasi yang menuntut lebih terhadap ketersediaan metadata spasial. Paper ini mencoba menjawab pertanyaan tentang perlu atau tidaknya Indonesia melakukan migrasi ke ISO:19115.

Bagian berikut akan menyajikan muatan dan karakteristik ISO 19115, selanjutnya perbandingan antara ISO 19115 dengan CSGDM.

II. Kaji Teknis Penerapan ISO 19115

Kaji teknis dilaksanakan melalui kegiatan studi pustaka, wawancara terhadap pengguna dan kajian meja. Berikut ini disajikan hasil observasi terhadap ISO 19115.

II.1. Elemen-elemen ISO 19115

Elemen-elemen pokok yang dipakai dalam standar ISO 19115 adalah sebagai berikut:

1. Metadata Information
2. Spatial Representation Information
3. Reference System Information
4. Metadata Extension Information
5. Identification Information
6. Content Information
7. Distribution Information
8. Data Quality Information
9. Portrayal Catalogue Information
10. Metadata Constraints
11. Application Schema Information
12. Metadata Maintenance Information

Setiap elemen memiliki sub elemen dengan kemungkinan adanya elemen wajib diisi (*mandatory*) atau sebagai elemen opsional (*optional*).

Dilihat dari perspektif pemodelan data, ISO 19115 memiliki fitur keunggulan sebagai berikut:

- Disusun dengan Unified Modeling Language UML atau melalui proses pemodelan formal.
- Diekspresikan dengan XML – selaras dg ISO 19139
- Memanfaatkan codelist untuk membuat pilihan lebih terstruktur dan rigid.

Dilihat dari aspek ekstensibilitas, standar metadata memiliki keunggulan:

- Mampu mengakomodasi beragam bahasa untuk keperluan penggunaan bersama (multi-lingual)
- Mampu mengakomodasi beragam sub pengaturan melalui profil.
- Terintegrasi dengan standard ISO lain

Selanjutnya untuk keperluan encoding, standar ISO 19139 diterapkan untuk memastikan bahwa elemen metadata yang dituliskan akan valid. Hal ini dikarenakan ISO 19115 hanya mengatur konten (elemen-elemen metadata) dan bukan bagaimana elemen-elemen metadata tsb diekspresikan. Sedangkan ISO 19139 mengatur encoding dalam format XML (dengan tag GMD – geospatial metadata document) yang diharapkan dapat menjembatani kebutuhan standarisasi encoding untuk metadata terpublikasi.

II.2. Perbandingan antara ISO 19115 dengan CSGDM

SNI 7335 yang mengacu pada CSGDM memiliki 7 elemen utama (dari 10 elemen yang mungkin ada), yaitu:

1. Informasi Identifikasi
2. Informasi Kualitas Data
3. Informasi Organisasi Data Spasial
4. Informasi Referensi Spasial
5. Informasi Entitas dan Atribut
6. Informasi Distribusi
7. Informasi Acuan Metadata

Wescott (2007) mengidentifikasi beberapa keunggulan dari ISO dibanding CSGDM.

1. Elemen lebih banyak; lebih banyak “Optional”
2. Definisi Terminology, nama elemen dan definisi, serta keharusan lebih detail.
3. Mencoba mengatasi kelemahan FGDC standard (misalnya dalam hal pengaturan raster/Imagery, granularitas elemen, dan problem terkait isian elemen dengan free-text)
4. Mendukung multi-lingual, multi-cultural
5. Lebih mendukung interoperabilitas melalui hubungan antar elemen, “code lists” yang lebih terstruktur.

Selanjutnya, dilihat dari perspektif pemodelan dan ekstensibilitas tersebut pada II.1., keunggulan yang ada pada ISO 19115 memiliki nilai lebih dibanding CSGDM (yang dalam hal ini diadopsi sebagai metadata nasional). Adapun kelemahan SNI saat ini dibandingkan apabila SNI berorientasi kepada ISO adalah:

1. SNI belum memiliki codelist tentang topik kategori yang rigid
2. SNI belum mengakomodasi kebutuhan pengembangan (profiling) misalnya dalam mensyaratkan adanya elemen yang wajib diisi sedangkan pada standar hanya disyaratkan opsional. Beberapa elemen yang perlu diisi tetapi seringkali kosong misalnya adalah: informasi tentang sumber data, informasi tentang kualitas, informasi tentang referensi spasial.
3. SNI masih berorientasi pada produk cetak sedangkan peta digital semakin banyak dan berkembang.
4. SNI belum terintegrasi dengan ISO yang lain dimana saat ini InaSDI (indonesian National for Spatial Data Infrastructure) dikembangkan dan dioperasikan sebagai sistem mengacu kepada standar geospasial internasional.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1. Hasil kaji ulang SNI

Dari observasi terhadap hasil metadata rupabumi yang ditulis dengan SNI dan praktek pembuatan metadata, berikut ini disajikan hal-hal yang dapat menjadi faktor pemicu perlunya bermigrasi ke ISO 19115:

1. Ketidakdetilan dalam mendeskripsikan data sehingga data menjadi tidak komunikatif atau tidak dapat dicari (terkait problem dengan elemen metadata).
2. Codelist belum ada (tidak ada pendekatan terstruktur untuk menyinambungkan data dan metadata).
3. Ada beberapa yang idealnya mandatory (misalnya cakupan area, mandatory, kualitas data mandatory).
4. Dimanfaatkan dengan berorientasi pada produk (hardcopy), sebatas label saja.
5. Belum terpadu dengan proses pembuatan data.

III.2. Pembahasan Potensi Penerapan ISO 19115

Dari kajian elemen-elemen XML yang ada di ISO 19115 dan membandingkannya dengan elemen HTML dari SNI dapat dilihat bahwa elemen-elemen ISO 19115 memiliki dua kekuatan penting bagi terwujudnya infrastruktur informasi geospasial, yaitu *data interoperability* dan *data reusability*:

A. Data interoperability

1. Digunakannya standar "topik kategori" yang akan memudahkan dalam pencarian dan penemuan metadata.
2. Digunakannya XML (dengan menerapkan ISO 191139 sebagai acuan penulisan

encoding) menjadikan akses, transfer serta ekstensibilitas pendefinisian (multi-level) dari metadata lebih terjamin.

3. Beberapa elemen yang ada pada ISO 19115 dilengkapi dengan codelist.
 4. Apabila digabungkan untuk penggunaan bersama dalam satu kawasan misalnya kawasan negara Asia Tenggara lebih praktis karena dapat diterapkan *multi-language*.
- ##### B. Data reusability
1. Satu metadata dapat digunakan untuk berbagai media dan aplikasi.
 2. Data imagery dan grid dapat terdokumentasi dengan baik menggunakan ISO 19115-2.
 3. Terintegrasi dengan standar ISO lain yang berorientasi layanan misalnya: standar ISO tentang WFS (Web Feature Service), WCS (Web Coverage Service) dan Catalog Service Web (CSW).

III.3. Kebutuhan Pembuatan Profil Metadata Indonesia

Kebutuhan profil metadata Indonesia perlu digagas dengan melakukan tahapan eksplorasi sebagai berikut:

1. Menyetakati elemen-elemen yang semestinya wajib diisi oleh lembaga penyedia data di Indonesia (misalnya: acuan referensi spasial, kualitas data dari sisi geometrik dan atribut).
2. Codelist mana saja yang perlu didetilkkan untuk keperluan pengguna?
3. Domain elemen mana yang harus diperluas sehingga dapat merepresentasikan muatan dan karakteristik metadata Indonesia

Penyusunan profil metadata perlu tahapan sinkronisasi dan pembuatan kesepakatan antar pemangku kepentingan sebelum dilakukan sosialisasi profil metadata nasional.

IV. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan kaji ulang yang dilakukan dapat dihasilkan rekomendasi yaitu perlunya melakukan adopsi terhadap ISO 19115 dengan cara melakukan adopsi identik apabila proses migrasi harus dilakukan secara cepat sembari menyusun profil metadata nasional. Atau, migrasi dilakukan dengan cara bertahap yaitu melakukan penyusunan profil metadata terlebih dahulu baru menerapkan adopsi terhadap ISO 19115. ISO 19115 memiliki keunggulan dari perspektif pemodelan data formal maupun dari segi kebutuhan untuk memfasilitasi pengguna mencari, menemukan dan menggunakan metadata. Selain itu dari sisi interoperabilitas dan kegunaan data, berdasarkan pengalaman negara-negara yang

menerapkan ISO 19115 (misalnya Inggris dan Inspire), metadata berbasis ISO 19115 terbukti lebih teruji.

Saran yang dapat disampaikan adalah perlunya pengkajian lanjutan tentang penyusunan profil metadata nasional dan apabila sudah tersusun profile metadata nasional perlu dibuat piranti lunak sebagai alat peng-konversi metadata berformat SNI ke format profil metadata nasional berbasis ISO menggunakan XML *stylesheet* atau dalam bentuk *Crosswalk*.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Standarisasi Nasional atas bantuan dan saran yang diberikan, juga kepada rekan-rekan di Badan Informasi Geospasial serta Teknik Geodesi dan Geomatika UGM atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama proses pengkajian.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2008. *Metadata Spasial*. Standar Nasional Indonesia - SNI 7335. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2008. *INSPIRE Metadata Implementing Rules: Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*. European Commission Joint Research Centre.
- Anonim. 2009. *STANDARDS GUIDE: ISO/TC 211 GEOGRAPHIC INFORMATION/GEOATICS*. International Standard Organization
- Anonim, 2010. *UK Gemini: Specification for discovery metadata for geospatial data resources*. (Diakses melalui www.gigateway.org.uk) Assosiation for Geographic Information.
- Anonim, 1998. *Content Standard for Digital Geospatial Metadata Version 2*. (diakses melalui www.fgdc.gov/standards/standards_publications). Federal Geographic Data Committee.
- ISO 19115: 2003 Geographic information — Metadata
- Wescott, B. 2007. *Migrating your FGDC Metadata to ISO/NAP*. URISA User Conference. 20-23 Agustus 2007. Washington DC

Crowdsourcing Geoportals for Rapid Post-Disaster Damage Mapping

Arie Yulfa

Staf Pengajar Jurusan Geografi Universitas Negeri Padang
Jln. Prof. Hamka, Air Tawar, Padang, Telp. +62-852 78 119261, Email: arieyulfa @gmail.com

Abstract

Rapid post-disaster damage mapping is important for emergency responses after disasters. Currently, many organizations and individuals have implemented this mapping method. However, those organizations and individuals have different missions and methodologies to create the rapid damage map within limited time. These may result in different data from different sources; hence, confusion occurs. In attempts to deal with such case, a geoportal - the medium for communication and crowdsourcing - as a method to collect data becomes the potential solution to overcome this problem, without necessarily interfering with the organizational missions and individual interests in rapid post-disaster damage mapping.

This research is aimed at designing the architecture of crowdsourcing geoportals to rapidly create post-disaster damage maps by integrating different geographic data sources. For this purpose, we have developed a prototype to implement this architecture using Ushahidi, Google Map Maker, and OpenStreetMap since these applications have already adopted crowdsourcing systems, and are commonly used in creating geoportals. Phases of prototype development include analysis of users' needs, identification of what a certain geoportal can function, implementation and, finally, evaluating the designed prototype.

The designed geoportal prototype consists of four elements, namely reporting damage, creating a base map, creating a request map, and showing the latest information. We used several scenarios to evaluate if the prototype functions as expected. Through request map tool, geoportal prototype differs from other existing geoportals in creating rapid post-disaster damage maps, in the sense that it allows efficiency in mapping post-disaster damage area. The request will help contributors to prioritize their contributions and understand what and where to contribute. The result of this research shows that the design can be used as a model to take advantage of crowdsourcing in creating post-disaster damage map.

Keywords: Crowdsourcing, Geoportals, Rapid Post-disaster damage mapping.

Introduction

An earthquake is one of natural disasters that can cause structural damages. Locations of the damaged area are very crucial for the efforts of rescue and immediate relief. Many organizations will support these attempts by providing maps. The Yogyakarta-Indonesia earthquake, occurred in 2006, was an example of how international organizations supported emergency responses using enormous maps, generated from satellite data, and how accurate the maps is to fulfill the intended needs (Kerle, 2010). These organizations assembled in the International Charter Space and Major Disasters to produce post-disaster damage maps deriving from satellite imageries. But, most of these data were varied or not in the same standard due to different sources and

methodologies in their interpretation of the imageries.

Recently, crowdsourcing has become a potential source in collecting data from people to solve some tasks, such as reporting building damages or creating a base-map, in addition to satellite-based method. In general, these people are not trained surveyors but they can access Internet to contribute spatial data (Heipke, 2010). The 2010 Haiti earthquake was another evidence how crowdsourcing established a new trend in disaster damage mapping other than Charter-data processing agencies (Kerle, 2011). (Doan, Ramakrishnan, & Halevy, 2011) described four challenges in executing crowdsourcing. Those challenges are inviting users to the system, leading users to a certain goal, integrating users contribution, and evaluating users and their contributions.

Open Geospatial Consortium (2004) sets a common Geospatial Portal Reference Architecture in efforts to support data sharing, discovery, visualization and retrieval. This architecture specifies four classes of services required to implement the geoportal using OGC interoperability standards:

1. *portal service* is the gateway to discover and access data, including management and administration facilities;
2. *catalog service* offers information about data and related services;
3. *portrayal service* focuses on mapping and styling;
4. *data service* provides data access and processing capabilities.

To implement and deploy these different class of services, OGC proposes the use of web services technology that permits access to the distributed data and services through Uniform Resource Locators (URLs). This URL-based mechanism allows the publication of standardized services over a network, typically the Internet, in spite of the implementation (e.g. data format, storage), or on which platform it is executed. This mechanism leverages the real potential of interoperability by allowing web services to be seamlessly coupled, reusable and available for a wide variety of applications.

Giuliani and Peduzzi (2011) propose a test for the geoportal prototype, to see how far it can meet user requirements. Different users from disaster management communities are invited to perform the test. If problems persist, they will be used to correct the geoportal. In terms of quality data, crowdsourced data contributed by the users are validated among users and repetitions will occur more frequently. In conclusion, statistically, the data is rather acceptable (Heipke, 2010).

The nature of rapid post-disaster damage mapping is it should be created in a short time and accurate to provide information on the structurally-damaged areas, for instance, during the immediate relief and rescue activities (Kerle, 2011; Saito & Spence, 2004). Broek et al. (2009) also specified that information on damages should be available within hours (or up to a few days for larger areas) and contains an overview rather than a detailed damage information. . In preparing a rapid damage map, four processes are involved (Saito & Spence, 2004):

1. Collecting data, such as footprints, type and function of buildings.
2. Classification of the level of damages.
3. Production of damage maps by grid or individual building.
Maps indicating road purposes.

Combining these processes is assumed to be

beneficial in the preparation of rapid post-disaster mapping pertaining to the immediate relief and rescue activities after a disaster takes place.

In general, the specific properties of post-disaster mapping process in constructing of geoportals are considered very challenging: the data is produced within a very limited time frame, by a multitude of organizations from different places, using different techniques and technologies. The urgency and rarity of these mapping efforts means that meta-data descriptions, production of catalogue, archive, and adherence to standards are not priorities.

Consequently, the challenge is to come up with methods and techniques to construct a geoportal for rapid post-disaster damage mapping. This geoportal should provide functionalities and information for people who want to contribute and need information related to emergency responses after an earthquake. This challenge derives some research questions; they are what is the design framework of geoportal for post-disaster damage mapping? What is the concept software stack for a prototype of the geoportal client/server architecture? How to implement proof of concept software stack for the geoportal client/server architecture?

Methods

Literature Review

Crowdsourcing In Geoinformation

According to (Howe, 2006), crowdsourcing is an effort to accomplish some tasks done by people in different locations or different knowledge levels related to the tasks given. Crowdsourcing is not really a new principle to request people in accomplishing certain tasks. There are other terms, which have a similar meaning to crowdsourcing, such as user-generated content, collaborative systems, mass collaboration, human computation and others, related to the participation of civilian (Doan, et al., 2011). For this research, the term of crowdsourcing is used to describe how the systems to guide people in performing several tasks, viz., mapping and reporting building damages.

Doan, et al. (2011) said that there are four challenges to encounter in leveraging crowdsourcing for the completion of any given tasks. Those challenges are how to recruit contributors, what they can do, how to combine their contributions, and how to manage abuse. In general, building a crowdsourcing system will consider the degree of manual effort, role of human users, and standalone

versus piggyback architectures. Degree of manual effort means the way for a developer of the crowdsourcing system to decide the extent of the system when it runs in an automatic mode and how much efforts the users or the owners have to do to

overcome those challenges. Role of human users has four types that are slaves, perspective providers, content providers, and component providers. These roles will help the developer to decide how to recruit users where users will have the opportunity to play multiple roles. Standalone versus piggyback means how the crowdsourcing system will be built - on a standalone system or attached to a well-established system.

In geoinformation context, crowdsourcing actually has been implemented to collect geoinformation (geographic information) for map production. People will be invited to contribute this information with a current thematic task, such as post-disaster events to acquire damage maps. (Goodchild & Glennon, 2010) said, quality level of geoinformation from countless observers is logically higher than a few observers. (Heipke, 2010) described that crowdsourcing in geoinformation refers to contribution from large groups of people, who mostly do not have mapping knowledge, but are supported by geo-referencing and web 2.0 technologies to create geospatial data.

How is the quality of geographic information data from crowdsourcing systems? This question is frequently discussed and many researchers try to unravel. Heipke (2010) said, mostly crowd-sourced data are contributed from people who have local knowledge on a particular area. This local knowledge is beneficial to decrease errors of crowdsourced data. He observed data from OpenStreetMap, which implements crowdsourcing, and data from National Mapping Agencies by considering standardized quality parameters such as completeness, up-to-datedness, relative and absolute geometric accuracy, attribute correctness, logical consistency. He found that, statistically, repetitions of data contributions will diminish errors. Goodchild and Glennon (2010) stated that the geographic information quality depends on what the purpose of these data. For example, a 15-m-error of a street position will have no significant impact to a car navigation system, when compared to errors on a georeferenced satellite image.

Geoportals

Maguire and Longley (2005) said that geoportals are gateways that organize geographic data and services, such as directories, search tools, community information, support resources, data and applications through web technologies. He grouped geoportals into two: catalog geoportals and application geoportals. Catalog geoportals offer publishing and

accessing geographic information. Application portals provide geographic web services such as routing and mapping services.

Putra, Aditya, and Vries (2010) designed a geoportal for evacuation planning for Mount Merapi disaster in Sleman regency, Indonesia. Reasons behind this geoportal were to synchronize coordination between local departments of Sleman government in risk disaster management activities and to support the Sleman government's spatial data infrastructure. They built this geoportal based on several steps: collecting information on the existing SDI and a procedure of disaster risk management, identifying user requirements, designing a prototype, and implementing the prototype in a simulated evacuation process, conducted by three different department officers. As a result, this geoportal fulfilled their needs to collaborate in risk disaster management activities.

In South America, the Andean region (Bolivia, Colombia, Ecuador, and Peru) also proved that sharing spatial data through a geoportal is helpful for them in disaster risk management. This geoportal is the key point of multinational SDI in this region. It is part of the Andean Information System for Disaster Prevention and Relief (SIAPAD). This geoportal provides a thematic search engine and a geographical viewer. Users are defined into two groups: those who are familiar with risk disaster management activities and general public (Molina & Bayarri, 2011).

Rapid post-disaster damage mapping

To provide description of latest situation following a disaster, damage mapping will be needed as soon as possible by implementing various methods in mapping. Remote sensing, in most cases, is most likely used as the solution to meet this need (Kerle, 2011). The reasons are that it can capture ground situation from the air in a relatively short period of time and cover a large area than ground-based mapping (Saito & Spence, 2004; Voigt et al., 2011).

For damage classification, European Macro Seismic Scale 98 (EMS1998) is one of references that have been used to build damage classification. It has five grades of building damage (see the left image in Figure 1). In the aftermath of the 2010 Haiti earthquake, satellite-based mapping communities, such as The UN Institute for Training and Research (UNITAR), Operational Satellite Applications Programme (UNOSAT), and the Center for Satellite based Crisis Information (ZKI) of the German

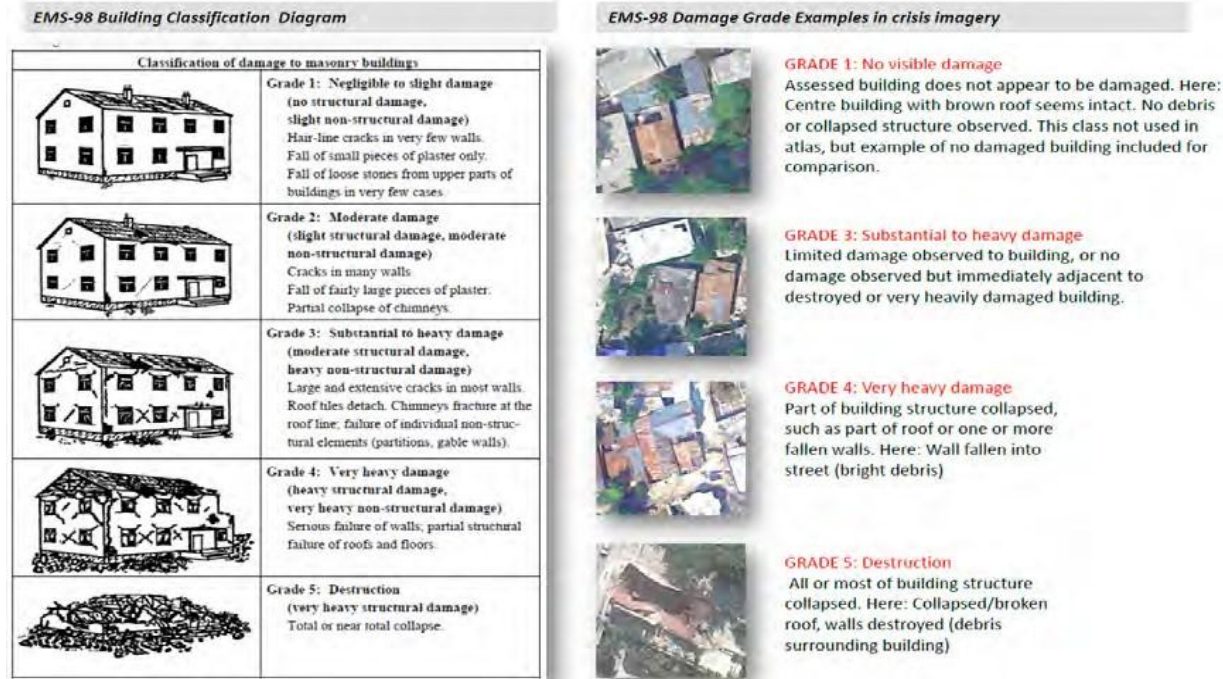


Figure 1: Damage classification: EMS 98 (left) and UNOSAT-ECJRC-GEOCAN adapted from EMS 98 (right) (UNOSAT, 2010).

Aerospace Center (DLR), implemented the magnitude of the building damage into four grades instead of five grades in EMS98's scale (see the right image in Figure 1, they reduced the grade because of the limitation of information captured in satellite imageries. The second grade (moderate damage) is difficult to be interpreted visually. Visual interpretation is preferred by the community to produce damage maps because of interpretability, reliability and timeliness (Unosat, 2010; Voigt, et al., 2011).

'Rapid' post-disaster damage mapping refers to producing building damage map in a relatively short time period. Saito and Spence (2004) defined rapid as a time range to produce damage information in two days following the earthquake struck. Rapid is to provide information in a few hours up to a few days, based on the extent of the destruction area (Broek, et al., 2009). The rapid response from damage mapping communities actually related to support relief actions in mitigation. Rapidness in damage mapping also brings a consequence, which is to balance the accuracy and detailed information on one hand, and a quick response on the other (Voigt, et al., 2011).

User requirement analysis

To help us analyzing user requirements, studying a previous situation is important. This paper refers to the existing geoportals after 2010 Haiti earthquake as a case study. Shortcomings of each existing portal employed during the Haiti earthquake are

1. HDDS-USGS and VDV

These portals merely provide data for viewing, while facilities for editing or adding information are not available for lay persons, despite the fact that contribution from these people are potential sources in collecting data to map the damages.

2. HAITI USHAHIDI

- Facility for users who want to participate in producing base map is not available.
- Crucial directions on prioritized area(s) to work on, especially for those who want to collaborate in reporting building damages, are not available as well.

3. SUPPORT DISASTER RELIEF-GOOGLE AND HAITI CRISIS MAP-OPENSTREETMAP

- Users cannot report damaged buildings because the related facility for this purpose is not offered.
- Facility for collaborative damage mapping is not available for users. For example, one organization might consider an area as a priority. For this purpose, the organization requests help from people to map the area in question.

The aforementioned brings us to a question, "For the sake of time-saving, could we create one geoportal where the existing others can still be utilized, instead of building one new geoportal with all functionalities adopted from these portals?" Actually, these shortcomings may be improved if all concepts of the existing geoportals are combined into one so as to produce better geoportals that generate more reliable information in rapid post-disaster damage maps.

In connection to the shortcomings of the existing geoportals after 2010 Haiti earthquake, there are actually organizations who intend to be involved in disaster management. These organizations need help from others to collect data, such as reporting damage, or creating base maps. For this reason, it is obvious that they need a medium to communicate with others. Through this medium, they can determine the area where external assistance is needed and inform others what are the immediate needs.

Outside this organizational circle, there are countless other people, who wish to participate, in sharing, or creating data. Therefore, these prospective volunteers should be invited to the related medium, where they can fulfill the request needed by such organizations. The medium will also provide instructions to lead volunteers on how to deliver assistance.

In accessing the geoportal, the developers chose a thin client application for users to access their services. The reasons behind this were to accommodate any users with varied knowledge of computer technology, and the contributors are volunteers, thus they would not have to spend all their time with respect to their participation, which meant there would be no complex analysis on the geoportal (no functionality for spatial analysis).

Rapid and trustworthy information of ground situation, following the disaster, is crucial for stakeholders in connection to their action plans (Broek, et al., 2009). For example, emergency response officers and humanitarian aid need the information of damage locations to evacuate the victims and to distribute help (Saito & Spence, 2004). In addition, according to Molina and Bayarri (2011), disaster management should involve those who are familiar with this aspect and lay persons. This is the reason why rapid damage mapping exists.

To overcome the problem in coordination, there have to be a guideline and rules of engagement in collaborative rapid emergency mapping because the users of the rapid damage mapping vary from professionals people who are not familiar with familiar with rapid damage mapping (Voigt, et al., 2011). The guideline should first include the scope and the users in question. Some elements that should be included in the user-guidelines are the trigger, request, communication in the mechanism, and capacities of the guideline itself. Examples of such elements are guidelines for simple and basic handling, satellite data processing, interpretation standard, legends for main damage assessment, and topographic features. This guideline plays important role in coordination, due to the fact that rapid damage mapping involves many users. Moreover, the guideline plays a role as a quality control measure. The information to be included onto the map should follow the standards, especially in basic visualization

and mapping standards, because they are important, considering that users from all over world differ in culture and communication styles. The guideline facilitates the same media in communicating and exchanging data.

Use Case Scenarios

A geoportal is platform where providers and users communicate. Providers and users are dependent on their needs and ability to supply information through geoportals. Though fictive, the parallel scenarios below are created to understand how communication runs:

Scenario 1 (For announcing a geoportal)

A few hours following Haiti earthquake, on January 12, 2010, administrators set up a geoportal. The geoportal link is then attached to social media and other public media. Twitter is an example of how administrator invites people to contribute data to create rapid post-disaster damage map for the purpose of relief actions. Administrators send a geoportal link and messages with hash tag haiti_eq (#haiti_eq) to Twitter. This action will likely create popular topic and people will be informed about the website where they can contribute.

Scenario 2 (For reporting damage)

DLR, a member of satellite-based damage mapping communities, needs information about damaged buildings (i.e. the location and damage scales of buildings) from people to verify their satellite-based damage mapping. To do this, DLR delineates a request map through the geoportal from a web browser and invites people to report the damaged buildings in the requested area. On the other side, Asterix, for example, a local inhabitant as one of crowdsourced-data suppliers, finds a geoportal link from Twitter and visit the geoportal. From this geoportal, he will see some outlined directions to participate in reporting damaged buildings, such as a request map, where he can report damages that need prioritizing, and a status map where he can see the progress of contributions made by others. Ushahidi is used as a tool for visitors to report the damaged buildings and this tool also offers the result of users' entries to be downloaded by DLR.

Scenario 3 (For creating a base map)

UN-Minustah, an official institution of UN in Haiti, visits the geoportal and delineates a request map, expecting people to map roads in certain area(s). Another instance is, Harry, a lay person who is active in social media but lives outside Haiti, visits the geoportal. Fortunately, he has the interest on mapping. After reading some directions and a request for digitizing roads, he decides to help by digitizing

roads through an on-line map editor, such as Google Map Maker or OpenStreetMap. Then, the road maps, mapped by site visitors, can be downloaded via Google Map Maker or OpenStreetMap.

Design a prototype

System architecture needs to consider user requirement analysis, shortcomings of the existing geoportals systems, and user case scenarios. From the above-mentioned considerations, we formulated capabilities that should be available in the prospective geoportals prototype. The intended capabilities would include:

- Request map function, to accommodate users (such as DLR, as explained in the 2nd scenario) who need help from others on certain area to be mapped and users (as in the case of "Asterix") who are confused on the priority areas that need mapping.
- Status map function, to accommodate users (such as the administrators, DLR, "Asterix," UN-Minustah, and "Harry," as mentioned in our scenario) who want to know the progress of the work.
- Reporting damage function, to accommodate users (as in the case of "Asterix") who want to report damages.
- Mapping function, to facilitate users (as in the case of "Harry") want to create a base map.

These four functionalities are interrelated in perfecting each other's task to generate rapid post-disaster damage map as can be seen on Figure 2.

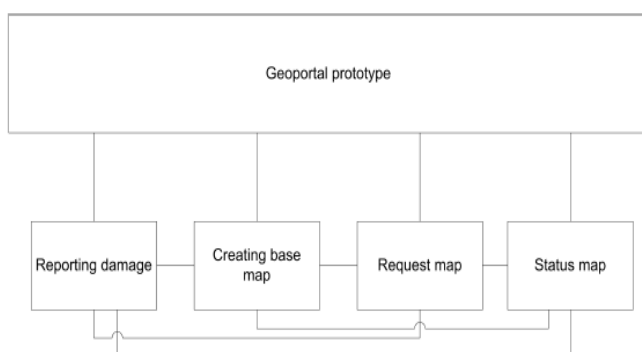


Figure 2: The architecture of the prototype.

Initially, the idea to create the intended architecture will be carried out through the existing platform, such as Ushahidi, which will save time, instead of building a new one. The four functionalities are planned to be embedded together into Ushahidi. Unfortunately, it is difficult to fathom the workflow in Ushahidi. However, the good news is that one of them, viz., "reporting damage" function can still perform in

Ushahidi. And actually, this function is already available in Ushahidi. The remaining three functionalities will be accommodated with different suitable platforms, but it will also bring consequences, meaning if we integrate different systems into one, problems, such as accessibility to retrieve data from each platform, reading products from other platforms, will likely to occur. As a result, it will be difficult for us to manipulate the systems to serve our purposes.

Therefore, we would rather settle with the second option, instead of employing the first option that can only perform a single function. Below are several platforms or applications that we use to help establishing the architecture. They will have the capacity to generate the prototype.

For reporting damage, we will use Ushahidi to collect information from users. This can be done by registered users (members) or non-registered users (public). Registered users are divided into two, namely administrators and members. The level of trustworthiness of their report is verified through a certain mechanism, viz., through comments and ranking by other users, and verification from administrators. Therefore, the information is sorted out based on the level of trust. The members and public have a full access to submit information to the server by using a form to create a report. This form is identical to that of the administrator's. The difference lies in the fact that administrators use a form equipped with evaluation form. Through this evaluation, administrators gain an access to verify the information. If the administrators approved the information, then the report can be published into an updated map. To access full application and menu, users must register themselves.

For creating a base map, we consider Google Map Maker and Openstreetmap. Google Map Maker is an online map editor that allows users to update geographic information to be seen from Google Maps and Google Earth. Google Map Maker takes the advantages of crowdsourcing to collect data. Through the involvement and contribution from all over the world, it is expected that local knowledge with comprehensive satellite imageries - reflecting the world - can be generated. The update will be reviewed and approved. Following the approval, administrators will display it online for all to see. OpenStreetMap (<http://www.openstreetmap.org/>) is a scheme aimed to build a geographic database of the world, where every single geographic feature, such as streets, buildings, waterways, and woodlands can be recorded. In creating geospatial data from around the world, OSM uses data from imagery, maps, GPS, and other sources. Users can input and edit the features. The editing process of every object is stored as its history to trace errors. The interesting thing about OSM is that it will directly show the result of entries

made by users. OSM also serves as another option instead of using GMM. Its mechanism is part of crowdsourcing system, known as gratification. The above-mentioned advantages of OSM are the reason that it was chosen as a map editor.

On the aspect of overlaying all layers, we use OpenLayers as the appropriate tool. This software is a client-side library based on JavaScript (<http://www.openlayers.org>). It is open source software that can be used to make interactive web mapping. It gives us the ability to build an entire mapping application. We can work on/with the application from the bottom up and customize every aspect of map-layer, such as control and event. This software is developed by Metacarta and it has grown remarkably into a framework that helps the community.

Twitter is one of popular medium, because millions of people are using it (according to statements from various media, e.g. www.techland.time.com). It is a real-time information network with the capacity to relate to all stories, opinions, and news (<https://twitter.com/about>). Through this tool, we can find all stories and follow conversations on certain topics. For example, geoportal administrators can use Twitter to introduce the link to people. The nature of the introduction is of an open call, to participate in rapid post-disaster damage mapping. By connecting Twitter with geoportal, users can share their information concerning the disaster in a compact form. Since Twitter can only send 140 characters, it is suitable for the implementation of rapid tasking. These are the reasons why we opt for Twitter.

GeoServer (www.geoserver.org), an Internet map server, provides services (i.e., WFS, WMS, WCS) for users to distribute and update geoinformation. The Open Planning Project (TOPP) developed it in Java since 2001. It is free and open source software. It complies with OGC standards, which enable data sharing. Publishing data into different formats facilitates users' flexibility to display data through Google Earth, OpenLayers, and many other spatial data viewers. Data sources from external databases are accommodated. For users who prefer graphic user interfaces (GUIs) and wizards, GeoServer is the best option among other internet map servers. The aforementioned paragraph leads us to select GeoServer as our map server in building the proposed geoportal. The Administrative interface of GeoServer is more convenient than configuration script. This is the main reason why we use it in this research.

PostGIS is a library that enhances the capability of PostgreSQL to manage spatial data (Obe & Hsu, 2011). Refractions Research began a project to develop an open source spatial database technology called PostGIS. As an open source, varied contributors have developed this software by adding

new functions to it. Combination PostGIS and PostgreSQL offers an option for users to choose it instead of other spatial database software. PostGIS has a lightweight engine than other spatial engines. A number of projects support the development of PostGIS, such as projection support (Proj4), Engine Open Source (GEOS) project, and Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). For PostgreSQL, people say that it has competitive capabilities as other commercial software have, such as data storage up to terabytes, capability to manage index operators by creating new types and operators. The most important aspect in this research is that PostGIS fulfills the OGC/ISO standards. This compliance will help us manage various formats of data, as long as they comply with the standards.

Proposed System Architecture

From the aforementioned, we are going to elaborate a detailed architecture for the geoportal prototype that can be seen in Figure 3. Below are some important aspects that are going to be discussed respectively:

Reporting Damage

Line 1 is an access for users to Ushahidi. This is a component of the geoportal prototype to report damage. Ushahidi provides basic services for registered or unregistered users, such as reporting, commenting, and downloading the reports. For registered users, they can customize the platform, depending on their roles (i.e. member, admin, and super admin). For example, unregistered users cannot upload request map, represented by Line 13, to Ushahidi. Base maps in Ushahidi come from Google Map API [Line 11] and OSM API [Line 12]. The reports are in the Keyhole Markup Language (KML) format, to be shared and displayed to the interface [represented in Line 2]. It is more applicable to share this format with other geoportal components.

Creating a base map

We provide two online map editors for users to create a base map. They are Google Map Maker (GMM) and OpenStreetMap (OSM). People commonly use them to map certain areas on Earth and use their APIs to be the base maps of their applications. In this research, we find that these map editors have implemented crowdsourcing concepts in collecting data from contributors. Each of them applies different methods in approving the contributed data. In general, we do not want to compare these map editors. We only intend to accommodate any data sources produced by crowdsourcing map editors and use them as choices for users who need them as base maps. However, we notice that both have different and similar aspects. For example, one of the differences lies in publishing data, where GMM publishes data after commenting on other users, in advance. This will take time to process, especially if the area is

unknown to other users. On the other hand,

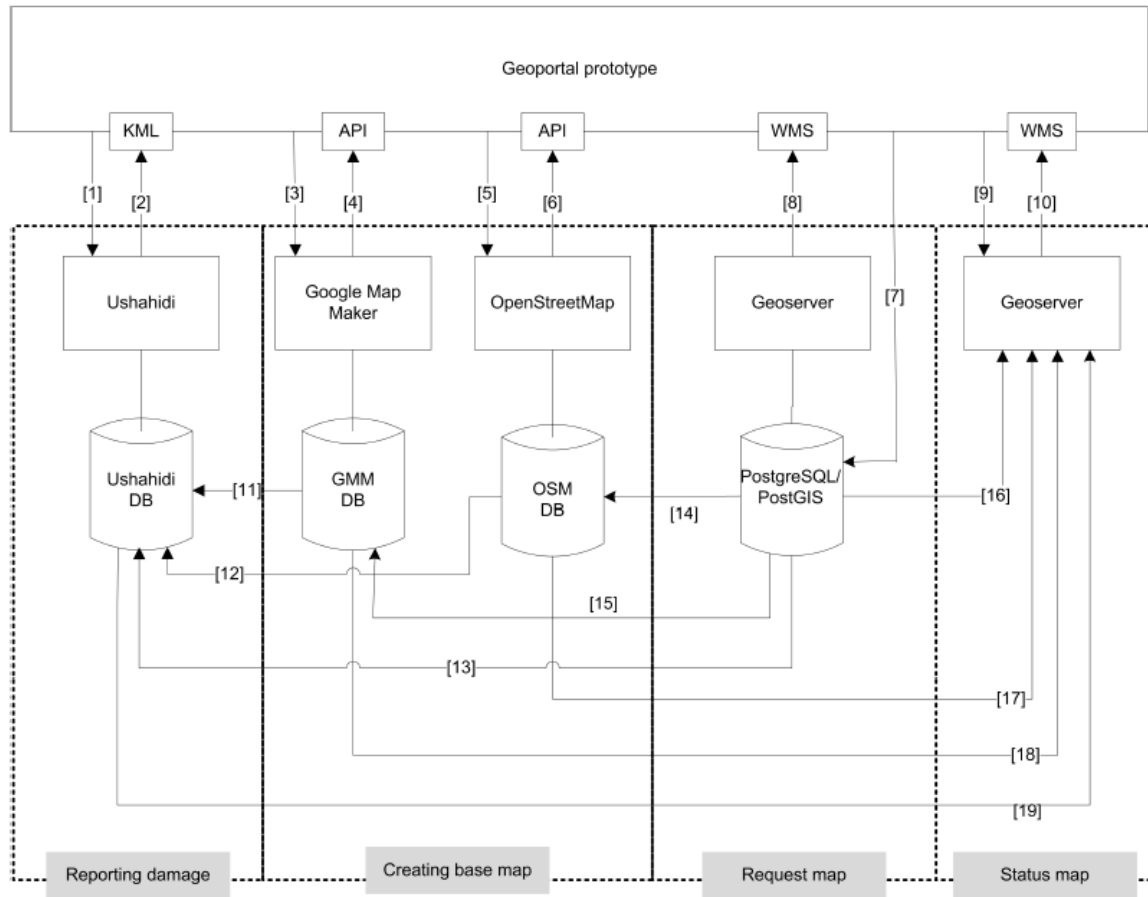


Figure 3. The detailed architecture of the prototype.

OpenStreetMap directly reflects people's contributions following their submission, and then other users will verify them. If we consider producing a base map in a rapid manner, OpenStreetMap will be the first choice. On the contrary, if we consider the aspect of reliability, we will choose GMM data as our base map. The similar things are these online map editors both have a mechanism of verifying crowdsourced data and share data in API. In Figure 3, there is a box to create a base map. In this box, we have two map editors that will function as components of the geoportal prototype. From the geoportal interface, users will find two choices of map editors to create base maps. Typically, users choose a map editor based on familiarity. For example, in Line 3, Users who are familiar with GMM, can go to this map editors. First, they upload a request map (coming from Line 15) into GMM, as a guidance for delineating map. In Line 5, we facilitate users who are familiar with OSM. They can contribute through it after uploading the request map layer from Line 14. Their contributions are sent to the geoportal interface through Line 4 (in Google Maps API) and Line 6 (in OSM API), and other components, such as reporting damage tool (Lines 11 and 12).

Creating a request map

Users are able to employ the request map tool through Line 7 and invite people to participate in mapping or reporting damages. This tool is developed from several software, namely OpenLayers [to capture geometries and the demanded attributes], PostGIS/PostgreSQL [to store data], and GeoServer [as the map server]. The request map is published in Web Map Service (WMS) and Keyhole Markup Language (KML) formats with the following reasons

- For WMS, users require a facility that can show the requested area with information in it. We assume this service can meet the requirement. This service is provided for the geoportal user interface, represented in Line 8.
- For KML, each geoportal component has a tool to read KML formats, such as add layer tool in Ushahidi, OSM, and GMM. The KML-request map goes to each component as a background layer, through Line 13 [for Ushahidi], and Lines 14 and 15 [for OSM and GMM].

Status Map

We proposed this function to give users information about the undergoing current works. We retrieve data from Ushahidi (Line 19), GMM (Line 18), and OSM

(Line 17) databases through Geoserver. Each data, entered by visitors, will be recorded. This is how users are informed on the progress status of the work; it displays the results of work that has been done or underway. An example of this is if an organization seeks help pertaining an area (request map) of the damage buildings. Some users may already know and report the locations of damaged buildings, including the status of certain area(s). All the while, there will also be some other users who wish to update the previous reports, without having to start the work from beginning. It is advisable that geoportals have this particular functionality.

Result and analysis.

The result of this crowdsourcing geoportal promises efficiency between users who need and wish to help. An example of this efficiency can be seen from request map where this function will guide contributors in sharing information to fulfill the request, such as reporting damaged buildings to the appropriate damage classification where it belongs. If the status map can be implemented, it will also improve the efficiency of work because it will inform users which of the requested areas that do not have data yet. Four functionalities (request map, status map, reporting damage and creating a base map) provided on the geoportal are leading users to produce rapid post-disaster damage map. These functionalities aim to accommodate users in contributing data to complete the task. They run on different platforms, such as Ushahidi, GMM or OSM. In short, geoportal plays a role to integrate products of these platforms.

Since these platforms have applied a crowdsourcing system, products integrating of these platforms will generate a number of advantages, namely:

1. It saves time, instead of building new ones,
2. It provides good data quality because the data have passed a crowdsourcing mechanism as verification,
3. It can generate data in interchangeable formats, such as KML/KMZ and API, which complies with OGC standards, thus enabling the integration.

On the other hand, this integration can also breed problems. Each platform, such as GMM and OSM has their own systems that are impossible for manipulation. This situation disables some functionalities to run (i.e., status map). Rapidness of the mapping process is possible in this geoportal, it can be seen from the simulations of the created scenarios have been ran on the geoportal. If the rapidness is tested to the people who are really defined in the scenarios, it will give more reliable the

speed of the damage mapping is able to be done.

In the designed architecture, we plan to use a certain format file. After we implement it, we find that the format file which connects to external database will not run as what we have designed. Even though, this problem can be solved by recreating the file manually or converted it into static type but it will consume longer time in the working process. According to Doan, et al. (2011), in employing crowdsourcing to accomplish certain tasks, we need to clarify such tasks, provide the proper tools, guideline, and medium. In the context of this research, we have clarified the main task in creating rapid post-disaster damage map. To produce the rapid post-disaster damage map, we also have divided the task into smaller portions, namely reporting damage, creating base maps, and evaluating the two assignments mentioned earlier.

Tools needed for reporting damage are already in place, produced by Ushahidi. In creating base maps, we provide two options, i.e., Google Map Maker and OpenStreetMap. While for the aspect of evaluation, Ushahidi, Google Map Maker, and OpenStreetMap have made the necessary mechanism available, such as "ranking," and "commenting," the contributed data. Our geoportal functions as the medium for integrating data, and serves to present guidelines, i.e., "request map," and "pop-up information." Our results have agreed with statements uttered by Doan, et al. (2011) in accomplishing the tasks. However, in the implementation, not all the functionalities are working as the designed because of the integration of the systems into the crowdsourcing geoportal. To solve it, we need to do manually of processing instead of automatically as what we have designed. For a short term, it is solved but for a long term if the systems or platforms can fix the problems such as reading KML/KMZ file format it will strengthen crowdsourcing geoportal capabilities.

Conclusions and Recommendations

From the results, we would like to say that the crowdsourcing geoportal that we designed is able to accommodate users' requirements in creating rapid post-disaster damage mapping. The objective of this geoportal is to create a rapid post-disaster damage map from different users through the implementation of crowdsourcing concepts. To do so, the geoportal should have tools for reporting damage, map editor, request map, status map, and database to store information. These information are (semi-)automatically integrated to be the intended map and provided for users.

In term of creating a rapid post-disaster damage map, we need a set of programs that works together to accomplish it. From the users' requirements, we find

that some functional tools are needed to complete the task. For instance, creating a request map, showing the status of current works, reporting damage, and creating base maps. Each of functionalities has their own system but to organize these functionalities in completing the task, request map is used as guidance. To make sharing data and integrating data possible, there are some standardizations should be fulfilled (i.e., OGC standards).

To prove that our concept software stack can accomplish creating a rapid damage map, we should identify software that can fulfilled users' needs and interoperability standards. For creating a request map, we utilize OpenLayers, GeoServer and PostGIS/PostgreSQL to develop this tool. For status map, we cannot implement it as the designed because of technical problem. For reporting damage, we use Ushahidi. For creating base maps, we employ two online map editors, Google Map Maker and OpenStreetMap. Subsequently, for evaluation, we run the geoportal prototype based on the created scenarios and the users' requirements.

In this research, we find a limitation to make one temporary database so that our status map functionality can run and semantic data issues to harmonize input from contributors can be implemented. To cope this problem we recommend to make one temporary database to store different data from others.

Acknowledgement

The authors like to thank to Rob Lemmens, Barend. Köbben, Norman Kerle, Rolf de By, Clarisse Kagoyire and ITC-University of Twente staff for their supports in accomplishing this research.

References

Broek, B. v. d., Kiefl, R., Riedlinger, T., Scholte, K., Granica, K., Gutjahr, K., et al. (2009). Rapid Mapping and Damage Assessment. In B. Jasani, M. Pesaresi, S. Schneiderbauer & G. Zeug (Eds.), *Remote Sensing from Space* (pp. 261-286): Springer Netherlands.

Doan, A., Ramakrishnan, R., & Halevy, A. Y. (2011). Crowdsourcing Systems on the World-Wide Web. *Communications of the ACM*, 54(4), 86-96.

Giuliani, G., & Peduzzi, P. (2011). The PREVIEW Global Risk Data Platform: a geoportal to serve and share global data on risk to natural hazards. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 11(1), 53-66.

Goodchild, M. F., & Glennon, J. A. (2010). Crowdsourcing geographic information for disaster response: a research frontier. *International Journal*

of Digital Earth, 3(3), 231-241.

Heipke, C. (2010). Crowdsourcing geospatial data. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6), 550-557.

Howe, J. (2006). The Rise of Crowdsourcing. *WIRED*.

Kerle, N. (2010). Satellite-based damage mapping following the 2006 Indonesia earthquake--How accurate was it? *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12(6), 466-476.

Kerle, N. (2011). Remote Sensing Based Post-Disaster Damage Mapping – Ready for a Collaborative Approach? . Retrieved July 10, 2011, from <http://www.earthzine.org/2011/03/23/remote-sensing-based-post-disaster-damage-mapping-%e2%80%93-93-ready-for-a-collaborative-approach/>

Maguire, D. J., & Longley, P. A. (2005). The emergence of geoportals and their role in spatial data infrastructures. *Computers, Environment and Urban Systems*, 29(1), 3-14.

Molina, M., & Bayarri, S. (2011). A multinational SDI-based system to facilitate disaster risk management in the Andean Community. *Computers & Geosciences*, 37(9), 1501-1510.

Obe, R. O., & Hsu, L. S. (2011). *PostGIS in action*: Manning Publications Co.

Open Geospatial Consortium. (2004). *Geospatial Portal Reference Architecture*: Open Geospatial Consortium Inc.

Putra, T. Y., Aditya, T., & Vries, W. d. (2010). Making Sense of Local Spatial Data Infrastructure in Volcanic Disaster Risk Management; A Case Study at Sleman Regency, Indonesia. Paper presented at the GSDI 12 World Conference. Retrieved from <http://www.gsdicong.org/gsdicong/gsdicong12/papers/46.pdf>

Saito, K., & Spence, R. (2004). Rapid Damage Mapping To Support Post-Disaster Recovery. Paper presented at the 13th World Conference on Earthquake Engineering. Retrieved from www.iitk.ac.in/nicee/wcee/article/13_2906.pdf

Unosat. (2010). POSTER: Building Damage Assessment, Haiti. United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) Operational Satellite Applications Programme (UNOSAT).

Voigt, S., Schneiderhan, T., Twele, A., Gähler, M., Stein, E., & Mehl, H. (2011). Rapid Damage Assessment and Situation Mapping: Learning from the 2010 Haiti Earthquake. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 77(9), 923-931.

Penatakelolaan dan Berbagi Data dan Informasi Geospasial Komunitas dengan Openstreetmap dan JOSM Editor

Purnama Budi Santosa

Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT-UGM (✉)
Peneliti Pusat Pengkajian Infrstruktur Data Spasial (PPIDS), Fakultas Teknik-UGM
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: purnamabs@ugm.ac.id

Abstract

This paper tries to explore the role of OpenStreetMap and JAVA OpenStreetMap editor to function as a system for governing and sharing community-based geospatial information. OpenStreetMap (OSM) as a new initiative for open and free source of worldwide geospatial information has become more popular as a tool to facilitate public participatory mapping. However, its role for community-based geospatial information governance remains unclear. Therefore, evaluation and analysis have been conducted by utilizing OSM to maintain and store geospatial data which was collected by using GPS, walking papers, and online on-screen digitizing based on Bing maps. OSM and JOSM capabilities were explored to better understand their functions in managing and sharing geospatial information. The results show that OSM together with JOSM have shown good capability to function as community-based geospatial information governance. However, there are several issues related to data completeness as well as data accuracy problems which remain unsolved.

Keywords: Geospatial information governance, OpenStreetMap, JOSM, participatory mapping

I. Pendahuluan

I. 1. Latar Belakang

Dalam sebuah sistem yang melibatkan data dan dinamika interaksi antara pelaku dan data yang sederhana, konsep dan mekanisme interaksi antara pelaku dan data tidaklah terlalu rumit. Tetapi dalam situasi di mana pelaku dan data semakin banyak dan kompleks, maka perlu didesain sebuah mekanisme pengelolaan yang lebih baik dan handal.

Pada era di mana kebutuhan akan data dan informasi geospasial (DIG) semakin meluas, serta semakin melimpahnya DIG yang diproduksi oleh berbagai pihak, maka urgensi penatakelolaan DIG yang baik semakin meningkat. Permasalahan yang sering dijumpai terkait dengan lemahnya mekanisme penatakelolaan DIG adalah: terlalu banyak duplikasi data, distribusi cakupan data yang tidak merata, data tidak standar, tidak ada metadata, data dibuat khusus untuk tujuan tertentu. Kondisi ini menyebabkan terhambatnya efisiensi utilisasi dan berbagi pakai DIG untuk berbagai keperluan.

I.2. Penatakelolaan Data dan Informasi Geospasial (DIG)

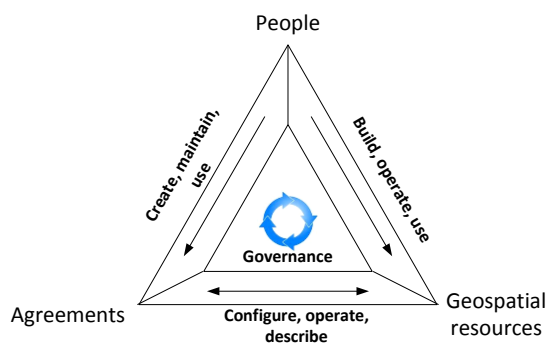
Menurut *Commission on Global Governance* (Weiss, 2000) penatakelolaan (*governance*) didefinisikan sebagai sekumpulan cara-cara yang digunakan oleh

individu maupun institusi, publik maupun swasta, dalam mengatur urusan bersama mereka. Oleh karena itu, penatakelolaan data adalah penting untuk memastikan bahwa data akurat (*accurate*), digunakan bersama (*shared*) dengan tepat, dan terlindungi (*protected*) (NASCIO, 2008). Dalam konteks informasi geospasial (IG), penatakelolaan data dan informasi geospasial memiliki makna penting karena data dan informasi geospasial berbeda dengan data yang lain dalam hal (Brown, Gottsegen, & Johnson, 2010): (1) data geospasial biasanya dibagi pakai secara luas dan dibuat dengan tujuan untuk dibagi pakai; (2) data yang komprehensif sering kali dibuat dari berbagai sumber, dan (3) beberapa set data yang digunakan secara rutin tidak memiliki informasi pemilik yang jelas, sehingga mekanisme spesifik yang mengintegrasikan antara data dengan informasi pemilik adalah isu yang penting.

Lebih lanjut, Brown et al. (2010) menyebutkan bahwa penatakelolaan data dan informasi geospasial akan meningkatkan fungsi berbagi data karena: (1) menyebabkan informasi pembuat data dapat diketahui (*known*) dan bisa dicari (*discoverable*), (2) meningkatkan kepercayaan terhadap data karena kualitasnya diketahui, dan (3) mendefinisikan sistem yang konsisten untuk mengidentifikasi batasan dalam akses dan keamanan data daripada keputusan keputusan-keputusan individu yang bersifat *ad hoc*.

Momentum penting yang terkait dengan penatakelolaan informasi geospasial di Indonesia adalah diterbitkannya Undang Undang No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial yang disetujui oleh Dewan Perwakilan Rakyat RI tanggal 5 April 2011 dan disahkan oleh Presiden RI tanggal 21 April 2011. Undang-undang ini mengatur tentang informasi baik penyelenggara, pelaksana maupun pengguna serta lingkup pengaturan, pengumpulan data, pengolahan data, penyimpanan dan pengamanan data serta penyebarluasan data (Presiden-RI, 2011).

Dalam konteks yang lebih praktis, maka penatakelolaan DIG harus menganut prinsip-prinsip dasar yang lebih sistematis, yang secara konsep ditunjukkan dalam gambar 1. (Box & Rajabifard, 2009). Kesepakatan (*agreements*) adalah representasi dari luaran proses penatakelolaan, terdiri atas beberapa komponen yang meliputi kebijakan, standar, nota kesepahaman diantara organisasi, model data, dan kesepakatan lain terkait kolaborasi komunitas. Sumberdaya geospasial (*geospatial resources*) terdiri atas komponen data geospasial dan teknologi. Orang (*people*) berfungsi untuk membuat, menjaga, dan menggunakan kesepakatan (*agreements*) dan membangun, mengkonfigurasi, dan memanfaatkan sumberdaya geospasial untuk komunitas. Penatakelolaan (*governance*) memiliki peran penting untuk menjaga hubungan diantara ketiga komponen tersebut agar bisa berinteraksi dengan baik dalam sebuah sistem.



Gambar 1. Model koseptual penatakelolaan informasi geospasial (Box & Rajabifard, 2009)

I.3. Informasi Geospasial Komunitas

Terbatasnya akses komunitas terhadap data dan informasi geospasial mendorong tumbuh dan berkembangnya fasilitas pemetaan partisipatif komunitas (*public participatory mapping*), serta fasilitas peta dan citra satelit bebas semacam Bing maps, Google maps, Apple maps, OpenStreetMap.

Pemetaan partisipatif komunitas atau disebut juga pemetaan berbasis komunitas (*community-based mapping*) adalah sebuah metode pemetaan yang mengkombinasikan teknik pemetaan dengan metode partisipasi untuk menghasilkan atau merepresentasikan informasi komunitas lokal

(Anonim, 2012c). Metode ini bisa dilakukan dengan berbagai cara (Anonim, 2012f): (a) menggunakan peta kertas, (b) survey lapangan dengan peralatan GPS, kamera, atau kamera video, (c) wawancara, (d) pemetaan online, misalnya dengan Google Earth, GeoPDF, OpenstreetMap, (e) perangkat lunak SIG. Pemetaan partisipatif komunitas menghasilkan peta atau informasi geospasial komunitas.

I.4. OpenStreetmap (OSM) dan JOSM

Seiring dengan perkembangan teknologi pemetaan, trend menuju ke arah kebebasan dan demokratisasi pemetaan digital dan informasi geospasial (IG) telah semakin meluas. Konsekuensi dari fenomena ini adalah semakin terbukanya akses informasi geospasial melalui internet sehingga memungkinkan pengguna di seluruh dunia untuk lebih bisa memanfaatkan IG. Hal ini selaras dengan salah satu rangkuman mengenai visi trend masa depan peran sektor swasta dan sektor sukarela (*volunteer*) terhadap informasi geospasial yang dirilis oleh UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management (UNCEGIM, 2012). Trend kemunculan swasta, masyarakat dan kelompok sukarelawan dalam memanfaatkan teknologi baru untuk mengembangkan inisiatif semacam OpenStreetMap, Google maps, Map Action untuk melengkapi kekurangan yang ada pada penyedia IG konvensional semakin dirasakan manfaatnya oleh masyarakat. Bahkan, dalam beberapa situasi tertentu, mereka seolah-olah justru menjadi pesaing bagi penyedia IG konvensional karena masyarakat sudah mulai beralih ke mereka untuk mengakses IG yang cepat dan gratis (murah) (UNCEGIM, 2012).

OSM sebagai salah satu inisiatif yang dibangun tahun 2004 di Inggris oleh organisasi nirlaba semakin menunjukkan eksistensinya dalam memfasilitasi informasi geospasial berbasis komunitas secara gratis kepada masyarakat (Anonim, 2012d). OSM menyediakan informasi geospasial dengan tema yang beragam, seperti infrastruktur transportasi yang meliputi jalan, jalur kereta api, sungai, serta informasi lain seperti tempat penting, bangunan, fitur alam dan penggunaan lahan, garis pantai, dan batas administratif. Fungsi penatakelolaan berbasis komunitas terhadap informasi geospasial di OSM difasilitasi dengan perangkat lunak JAVA OpenStreetMap (JOSM) editor (Anonim, 2012b).

I.5. Maksud dan Tujuan

Sebagai salah satu fasilitas nirlaba yang menawarkan fungsi berbagi pakai informasi geospasial, OpenStreetMap menunjukkan perkembangan yang relatif pesat dan memiliki beberapa keistimewaan. Beberapa keistimewaan yang ditawarkan adalah seperti fungsi pengunduhan data vektor dalam beberapa format yang berbeda, fungsi pemetaan partisipatif komunitas, serta fungsi manajemen informasi serta kontrol kualitas. Tulisan ini mencoba

mengulas mengenai peran dan fungsi penatakelolaan serta berbagi data dan informasi geospasial komunitas menggunakan OSM dan JOSM editor.

II. Metodologi

Untuk melakukan evaluasi dan analisis fungsi penatakelolaan dan berbagi pakai IG melalui OpenstreetMap, maka digunakan beberapa instrumen yang diperlukan untuk melaksanakan fungsi pengumpulan data, pengaturan data, dan berbagi pakai data.

Pengumpulan data dilaksanakan pada tanggal 10 Juli 2012 dengan lokasi di sepanjang Jalan Diponegoro dan Jalan Jenderal Sudirman Yogyakarta. Pada tahap ini, peralatan yang digunakan adalah GPS Trimble tipe navigasi yang digunakan untuk penjejukan (*tracking*) fitur berupa garis seperti jalan, serta untuk pengumpulan data posisi obyek penting di lapangan. Instrumen pendukung untuk pengumpulan data adalah peta kerja (*walking papers*) yang digunakan untuk menggambar sketsa dan mendata informasi mengenai obyek di lapangan yang berupa data atribut.

Data yang telah dikumpulkan dari lapangan kemudian diolah menggunakan perangkat lunak JAVA OpenStreetMap editor (JOSM) versi 5356. Poin-poin pekerjaan yang dilakukan pada tahap ini meliputi download data dari GPS ke computer, serta digitasi peta sketsa dari peta kerja. Data yang sudah terunduh di komputer kemudian dilakukan editing spasial, serta pemberian atribut menggunakan preset yang sesuai dengan jenis fitur data serta peruntukannya. Tahap terakhir dalam proses editing adalah melakukan pengecekan terhadap kesalahan yang mungkin ada, khususnya adalah kesalahan topologi. Setelah selesai, tahap selanjutnya adalah meng-*upload* data ke OSM.

Tahap terakhir adalah pengunduhan peta dari OSM. Tahap ini adalah untuk menguji fungsi berbagi pakai IG, dengan menggunakan portal HOT Exports.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1. Fungsi Penatakelolaan

Untuk membahas mengenai fungsi penatakelolaan IG pada OSM dan JOSM, maka komponen yang dievaluasi mengacu pada konsep penatakelolaan DIG seperti ditunjukkan gambar 1, di mana di dalam proses penatakelolaan IG terdiri atas tiga komponen utama, yaitu kesepakatan (*agreements*), orang (*people*), dan sumberdaya geospasial (*geospasial resources*).

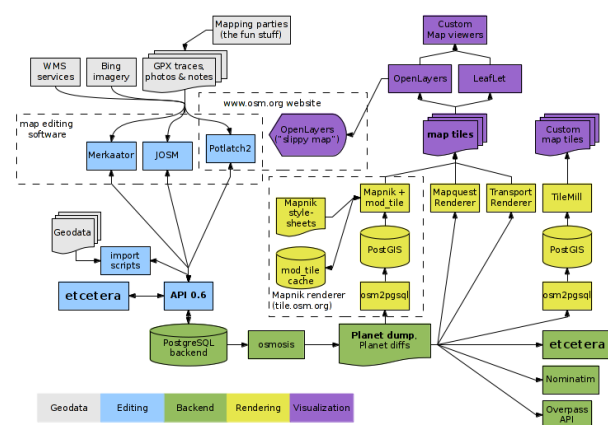
III.1.1. Kesepakatan (*agreements*)

Sebagaimana disampaikan oleh Weiss (2000) bahwa inti dari penatakelolaan adalah pembuatan keputusan secara kolektif. Untuk bisa merumuskan keputusan bersama, maka perlu adanya kesepakatan (*agreements*) diantara para pengambil keputusan. Dalam konteks

ini, bisa dipahami bahwa kesepakatan merupakan bagian atau komponen yang paling penting di dalam proses penatakelolaan (*governance*), karena kesepakatan merupakan representasi dari luaran proses penatakelolaan, yang terdiri atas beberapa komponen yang meliputi kebijakan, standar, nota kesepahaman diantara organisasi, model data, dan kesepakatan lain terkait kolaborasi komunitas.

Dalam konteks kesepakatan ini, OSM menganut dan menerapkan prinsip *top-down agreements* yang telah dirumuskan oleh para pendiri OSM. Sebagai contoh, pada kesepakatan yang berupa kebijakan, nota kesepahaman dia antara organisasi, dan kesepakatan lain terkait kolaborasi komunitas, OSM menganut prinsip pemetaan partisipatif komunitas, di mana data dan informasi geospasial yang ada merupakan hasil kontribusi masyarakat dan untuk kepentingan masyarakat. Prinsip dasar dan kebijakan inilah yang menentukan arah perkembangan OSM ke depan yang akan konsisten dalam menyediakan peta gratis dan bekerja tanpa berorientasi pada keuntungan.

Pada kesepakatan yang berupa standard dan model data, OSM mendeskripsikan komponen kunci OSM



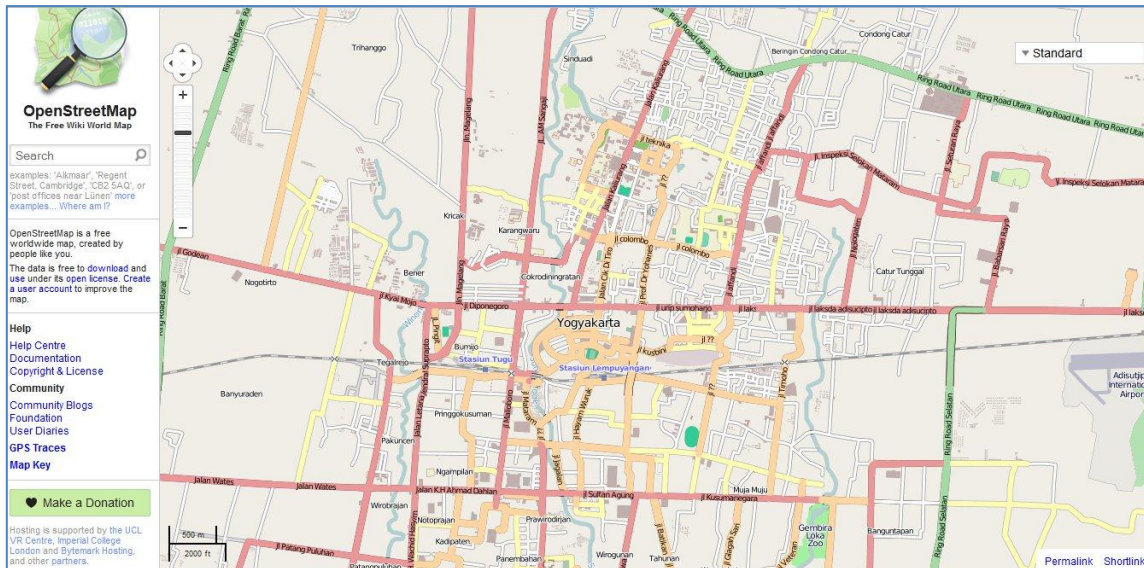
seperti pada gambar 2.

Gambar 2. Komponen kunci OpenStreetMap, yang meliputi komponen geodata, editing, backend, rendering, dan visualisasi (Anonim, 2012e).

Model data disimpan dalam basisdata menggunakan PostgreSQL. Basisdata memuat tabel-tabel untuk setiap tipe elemen (*nodes*, *ways*, *relations*), serta beberapa tabel basisdata yang memuat informasi mengenai status terkini dan sejarah serta tag terkait dengan itu, set perubahan, file-file gpx, pengguna, masukan catatan harian, sesi, dan lain-lain (Anonim, 2012a).

III.1.2. Orang (*people*)

Orang (*people*) berfungsi untuk membuat, menjaga, dan menggunakan kesepakatan (*agreements*) dan membangun, mengkonfigurasi, dan memanfaatkan



Gambar 3. Tampilan peta di OSM

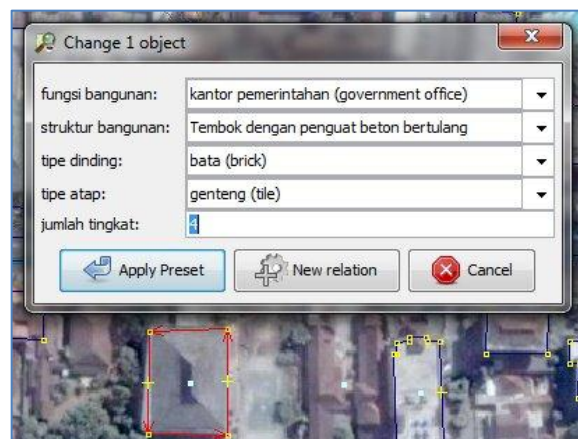
sumberdaya geospasial untuk komunitas. Dalam konteks komponen orang, ada dua pihak yang memiliki fungsi yang berbeda, yaitu pemilik atau pengelola OSM, dan masyarakat. Pengelola memiliki fungsi utama terkait dengan kesepakatan (*agreements*), yaitu membuat, menjaga, dan menggunakan, serta menjaga kesepakatan. Sedangkan masyarakat lebih banyak berfungsi dalam kegiatan pembangunan, pengkonfigurasi, serta pemanfaatan sumber daya geospasial.

Pada OSM yang berbasis pada pemetaan partisipatif komunitas, peranan masyarakat dalam menjalankan fungsinya sangatlah penting untuk terbangunnya sumberdaya geospasial (khususnya basisdata geospasial) yang lengkap dan dapat dibagi pakai dengan pengguna lain. Tanpa peran aktif masyarakat dalam melakukan pembangunan sumberdaya geospasial, maka informasi geospasial yang tersimpan dalam basis data OSM tidak akan bertambah, karena kelengkapan basisdata di OSM sangat tergantung pada peran aktif masyarakat untuk berkontribusi dalam membangun basis data geospasial OSM.

III.1.3. Sumberdaya geospasial (*geospatial resources*)

Komponen ketiga dalam model konseptual penatakelolaan informasi geospasial (gambar 1) adalah sumberdaya geospasial (*geospatial resources*), yang terdiri atas komponen data geospasial dan teknologi. Dengan memanfaatkan teknologi terkini, OSM memiliki sistem yang mampu menjalankan fungsi-fungsi pengumpulan data, pengaturan dan pengeditan data, pengelolaan basisdata, serta distribusi data. Seperti ditunjukkan pada skema komponen kunci OpenStreetMap (gambar 2), di situ terlihat komponen-komponen kunci yang menjadi tulang punggung sistem kerja OSM. Fungsi-fungsi pengumpulan data difasilitasi

dengan berbagai media, baik pengumpulan data langsung di lapangan menggunakan GPS, peta kerja (*walking paper*), maupun fungsi pendigitasi berdasarkan citra satelit online, menggunakan JOSM editor. Data hasil pengumpulan lapangan maupun hasil digitasi sebelum diunggah di *server* OSM harus telah memenuhi syarat, yaitu benar secara topologi, dan sudah memuat data atribut yang sesuai dengan kriteria kelasnya menggunakan *preset* yang sudah tersedia. Gambar 4 menunjukkan contoh pengisian data atribut bangunan di JOSM menggunakan *preset: building*. Beberapa informasi yang bisa dimasukkan meliputi: fungsi bangunan, struktur bangunan, tipe dinding, tipe atap, dan jumlah lantai.



Gambar 4. Pengisian data atribut fitur spasial menggunakan *preset* di JOSM.

III.1.4. Fungsi penatakelolaan (*governance*)

Aktifitas atau fungsi penatakelolaan (*governance*) di dalam model konseptual penatakelolaan informasi geospasial (gambar 1) memiliki peran penting dalam hal menjaga hubungan diantara ketiga komponen (*people, agreements, dan geospatial*

resources) agar bisa berinteraksi dengan baik dalam sebuah sistem. Di dalam OSM, fungsi ini sebenarnya sudah terbangun menjadi sebuah sistem, yang ditunjukkan dalam gambar 2, yang berfungsi untuk memfasilitasi fungsi-fungsi pengumpulan data, pengolahan data, manajemen basis data, kontrol kualitas, dan berbagi data. Sistem penatakelolaan informasi geospasial komunitas ini hanya perlu dijaga, dipelihara, dan dikembangkan oleh pembuat sistem (pemilik OSM) agar fungsinya dapat berjalan dengan lancar dan konsisten.

III.2. Fungsi Berbagi Pakai Data dan Informasi Geospasial

Informasi geospasial akan memiliki nilai dan manfaat yang besar apabila bisa dibagi pakai dengan pihak lain. Sebagai sebuah inisiatif baru yang memiliki prinsip *open source* data dan *open data sharing* untuk kemanusiaan dan pembangunan ekonomi, OSM memberikan akses yang luas kepada komunitas untuk mengakses data dan informasi geospasial secara gratis. Untuk melakukan pengunduhan data bisa melalui website <http://download.geofabrik.de/osm/> atau <http://hot-export.geofabrik.de/>. Melalui dua portal di atas, proses pengunduhan data geospasial bisa dilakukan dari manapun di seluruh dunia, untuk data di wilayah manapun tanpa ada pembatasan. Sebagai contoh, melalui portal hot-export, komunitas bisa melakukan pengunduhan data dalam format data yang bervariasi: ESRI shapefile (shp), Spatiallita file, PostGIS dump file (.sql), SQLite file, dan OSM source file (.pbf).

III.3. Kelengkapan Data dan Kontrol Kualitas

Meskipun OSM memberikan fasilitas yang hampir sempurna untuk sebuah portal informasi geospasial komunitas gratis, akan tetapi ada dua isu utama yang masih menjadi kendala bagi komunitas untuk menggantungkan harapannya seratus persen kepada OSM dalam hal pemenuhan kebutuhan informasi geospasial. Dua isu utama tersebut terkait dengan isu kelengkapan data, dan isu mengenai ketelitian data.

Sebagai sebuah inisiatif yang memfasilitasi fungsi pemetaan partisipatif komunitas, kelengkapan data dan informasi di dalam OSM sangat ditentukan oleh partisipasi publik dalam melakukan pemetaan obyek-obyek di lapangan, dan mengunggah data ke OSM. Saat ini masih banyak beberapa daerah dan wilayah di Indonesia yang data geospasialnya belum lengkap. Prioritas pemetaan masih difokuskan di kota-kota besar atau di daerah-daerah yang rawan bencana atau pernah mengalami bencana alam yang cukup dahsyat. Sebagai contoh, wilayah Jakarta dan Padang telah dipetakan dengan lebih lengkap dibanding daerah lain karena dua alasan di atas.

Isu yang kedua adalah masalah ketelitian informasi geospasial. Meskipun ada fasilitas kontrol kualitas di dalam OSM, yaitu tahapan Data Validation di JOSM, Edit with potlatch di website OSM, serta Edit with remote control (JOSM atau merkaartor), akan tetapi sulit untuk mengontrol ketelitian dan validitas data apabila harus dilakukan oleh pihak ketiga.

Isu mengenai ketelitian data OSM ini juga disampaikan oleh Heshan (2012) dalam penelitiannya yang membandingkan antara metode survey standar dengan pemetaan partisipatif komunitas dengan OSM, seperti tersaji pada table 1. Dari table tersebut bisa dilihat bahwa masing-masing metode memiliki kelebihan dan kekurangan., sehingga sulit untuk mengatakan mana yang lebih baik karena masing-masing juga meliki fungsi dan kegunaan yang berbeda.

Tabel 1. Perbandingan metode survey standar dengan OSM

Aspek	Metode Standar Survey	OSM
Koleksi data	Top-down, formal, mahal	Bottom-up, informal, murah
Otoritas	tinggi	rendah
Akurasi	tinggi	rendah
Informasi	terstruktur	rich, fleksibel tag

Sumber: (Heshan, 2012)

Kesalahan posisional yang nyata ditemui di OSM dapat dilihat pada Gambar 5. Gambar tersebut menunjukkan bahwa detail bangunan OSM (berwarna merah) tidak tepat atau sesuai dengan gambar bangunan di lokasi yang sama yang diambil dari Bing maps. Kesalahan posisi ini cukup signifikan, yang mungkin terjadi karena kesalahan yang cukup prinsip yang dilakukan pada saat akuisisi data bangunan. Pertanyaan selanjutnya, siapa yang harus melakukan koreksi? Dalam ranah pemetaan partisipatif komunitas, maka tanggung jawab terhadap kualitas data ada di masyarakat sendiri.



Gambar 5. Kesalahan posisi bangunan pada data OSM.

IV. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan terhadap fungsi OSM dan JOSM editor untuk penatakelolaan dan berbagi data dan informasi geospasial, maka dapat ditarik beberapa poin penting:

- 1) OSM dan JOSM editor memiliki fasilitas yang cukup baik untuk melaksanakan fungsi penatakelolaan dan berbagi pakai Informasi geospasial komunitas. Fungsi penatakelolaan IG yang ditawarkan lebih spesifik untuk data dan IG komunitas yang diperoleh melalui tahapan pemetaan partisipatif komunitas.
- 2) Meskipun ada fungsi kontrol kualitas data secara partisipatif, akan tetapi hanya pengguna yang bisa menentukan dan menilai ketelitian data yang diambil dari OSM. Hingga saat ini, fungsi control ini tidak bisa memberikan jaminan mengenai kualitas data yang ada di OSM karena sifat partisipasi yang sukarela menyebabkan tanggung jawab masyarakat terhadap kualitas data adalah relatif rendah.
- 3) Kemudahan berbagi pakai informasi geospasial, khususnya data format vektor merupakan satu nilai lebih dari OSM, karena dengan data ini bisa dilakukan untuk proses analisis spasial berbasis Sistem Informasi Geospasial (SIG).

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Humanitarian OpenStreetMap Team (HOT) yang telah memfasilitasi pengumpulan dan pengolahan data, serta rekan-rekan di Pusat Pengkajian Infrastruktur Data Spasial (PPIDS) Fakultas Teknik UGM atas dukungan dan kerjasamanya

Daftar Pustaka

- Anonim. (2012a). Database, from <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Database>
- Anonim. (2012b). JOSM/Guide, from <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/JOSM/Guide>
- Anonim. (2012c). Mapping for rights: putting communities on the map Retrieved November 17, 2012, from <http://www.mappingforrights.org/participat>

ory mapping

- Anonim. (2012d). Openstreetmap, from <http://www.geofabrik.de/geofabrik/openstreetmap.html>
- Anonim. (2012e). OSMComponents, from http://wiki.openstreetmap.org/wiki/File:OSM_Components.png
- Anonim. (2012f). Stakeholder Engagement Strategies for Participatory Mapping. Retrieved November 17 2012, from NOAA Coastal Service Center <http://www.csc.noaa.gov/digitalcoast/ /pdf /participatory-mapping.pdf>
- Box, P., & Rajabifard, A. (2009). SDI governance: Bridging the Gap Between People and Geospatial Resources. Retrieved from <http://dtl.unimelb.edu.au/> (GSDI 11 World Conference).
- Brown, C., Gottsegen, J., & Johnson, W. (2010). *Geospatial Data Governance Plan GIS Project*. State Geospatial Data Governance Work Group.
- Heshan, D. (2012). Combining Ordnance Survey and OpenStreetMap data. Center for Geospatial Science, The University of Nottingham.
- NASCIO. (2008) Data Governance – Managing Information As An Enterprise Asset Part I – An Introduction. (pp. 15). Lexington, KY 40507.
- Presiden-RI. (2011). *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial*. Badan Informasi Geospasial.
- UNCEGGIM. (2012). Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision. Retrieved November 17, 2012, from UN Committee of Experts on Global Geospatial Information Management http://ggim.un.org/docs/meetings/Netherlands/Future%20trends%20in%20geospatial%20information%20management%20summary_12April.pdf
- Weiss, T. G. (2000). Governance, good governance and global governance: conceptual and actual challenges. *Third World Quarterly*, Vol 21(No 5), 795-814.

Purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi Berbasis Desktop

Yanto Budi ^a, Trias Aditya ^b, Rochmad Muryamto ^b

^a Staf Pengajar Teknik Geomatika FTSP-ITS/Mahasiswa Pascasarjana Teknik Geomatika FT-UGM (✉)
Kampus ITS Sukolilo-Surabaya, Telp. +062-31-5929486, Email: yanto_b@geodesy.its.ac.id

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

Sebagaimana diketahui bahwa pengelolaan sistem kadaster di Indonesia masih berorientasi pada kadaster 2D. Penggunaan ruang pada kadaster 3D memungkinkan satu obyek dimiliki oleh beberapa subyek dengan hak yang terbatas. Artinya bahwa hak kepemilikan atas suatu obyek dibatasi oleh hak kepemilikan lainnya. Sebagai contoh adalah bangunan apartemen dan atau rumah susun yang terbagi menjadi ruang-ruang yang pemiliknya berbeda-beda. Undang-undang No 20. Tahun 2011 tentang Rumah Susun mengatur tentang penguasaan, pemilikan dan pemanfaatan satuan rumah susun. Hal tersebut bertujuan terciptanya tertib administrasi pertanahan sehingga meminimalkan timbulnya permasalahan dikemudian hari.

Kegiatan administrasi pertanahan akan terasa lebih memberikan makna jika melibatkan teknologi informasi digital. Terlebih lagi obyek yang menjadi sasaran adalah berupa ruang. Pemahaman situasi akan lebih mudah dan meningkat jika pengelolaan memiliki visualisasi secara 3 dimensi. Teknologi informasi digital/elektronik juga dalam kerangka mewujudkan good governance yang akhirnya akan berkaitan dengan keterbukaan informasi untuk masyarakat.

Penelitian ini mencoba membuat purwarupa sistem informasi kadaster 3 dimensi. Yang menjadi obyek contoh adalah ruang/bangunan bertingkat Plasa Simpanglima di Semarang. Sistem informasi yang berbasis desktop ini menggunakan SMD postgreSQL dengan ekstensi PostGIS dan untuk membuat aplikasi antar muka menggunakan bahasa pemrograman Delphi versi 7. Visualisasi 3 dimensi ruang/bangunan menggunakan GLScene.

Keywords: kadaster 3D, Sistem Informasi, PostgreSQL, PostGIS, Delphi, GLScene

Pendahuluan

Administrasi pertanahan adalah proses perekaman dan penyebarluasan informasi tentang kepemilikan, nilai dan penggunaan dari tanah/lahan berikut keterkaitannya dengan orang, meliputi kegiatan pendaftaran tanah dan kadaster (Sucaya, 2009). Pendaftaran tanah adalah proses perekaman status hak atas properti berupa tanah yang menjawab pertanyaan “siapa” dan “bagaimana”. Kadaster adalah metode inventarisasi properti yang fokus pada fisik/lokasi di lapangan dan berkaitan dengan batas-batas kepemilikan. Kadaster memberikan jawaban atas pertanyaan “dimana” dan “seberapa banyak/luas” (Henssen and Williamson, 1990). Sehingga rumah susun adalah obyek kadaster yang melibatkan ruang di atas permukaan tanah atau disebut dengan kadaster 3D.

Sebagaimana diketahui bahwa pengelolaan sistem kadaster di Indonesia masih berorientasi pada

kadaster 2D. Penggunaan ruang pada kadaster 3D memungkinkan satu obyek dimiliki oleh beberapa subyek dengan hak yang terbatas. Artinya bahwa hak kepemilikan atas suatu obyek dibatasi oleh hak kepemilikan lainnya. Sebagai contoh adalah bangunan apartemen dan atau rumah susun yang terbagi menjadi ruang-ruang yang pemiliknya berbeda-beda.

Pembangunan fisik di daerah perkotaan tidak hanya mendorong pemanfaatan ruang pada permukaan bumi saja tetapi sudah merambah sampai di atas dan atau di bawahnya. Keterbatasan persediaan tanah atau lahan untuk pembangunan fisik di daerah tersebut menyebabkan berkembangnya teknologi dan implementasi bangunan vertikal sebagai alternatif dalam pemenuhan kebutuhan akan ruang. Akibatnya saat ini telah banyak pemanfaatan ruang di atas dan atau di bawah permukaan tanah untuk tujuan tertentu.

Sesuai dengan Undang-undang No. 20 Tahun 2011

tentang Rumah Susun menyatakan bahwa penyelenggaraan rumah susun salah satunya bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemanfaatan ruang dan tanah, mengurangi luasan serta menyediakan ruang terbuka hijau di kawasan perkotaan dalam menciptakan kawasan permukiman yang lengkap serta serasi dan seimbang dengan memperhatikan prinsip pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan.

Undang-undang No 20. Tahun 2011 tentang Rumah Susun mengatur tentang penguasaan, pemilikan dan pemanfaatan satuan rumah susun. Hal tersebut bertujuan terciptanya tertib administrasi pertanahan sehingga meminimalkan timbulnya permasalahan dikemudian hari.

Teknologi informasi yang berbasis spasial telah berkembang dengan sangat cepat. Teknologi ini dapat memberikan informasi dengan lebih baik. Kegiatan administrasi pertanahan akan terasa lebih memberikan makna jika melibatkan teknologi informasi digital. Terlebih lagi obyek yang menjadi sasaran adalah berupa ruang. Pemahaman situasi akan lebih mudah dan meningkat jika pengelolaan memiliki visualisasi secara 3 dimensi. Teknologi informasi digital/elektronik juga dalam kerangka mewujudkan good governance yang akhirnya akan berkaitan dengan keterbukaan informasi untuk masyarakat. Di sejumlah negara telah mengupayakan penelitian-penelitian tentang kadaster 3 dimensi. Dan pada saat ini telah ada organisasi yang memantau dan bekerja dalam kerangka mengembangkan hal tersebut adalah *FIG Commission and Working Group 3D-Cadastre*.

Penelitian tentang sistem kadaster 3D juga telah berhasil mengembangkan sistem informasi kadaster 3D berbasis internet dengan teknologi Sistem Manajemen Basisdata (SMBD) *PostgreSQL* dengan ekstensi spasial *PostGIS*. Untuk visualisasi basisdata kadaster 3D menggunakan aplikasi *eXtensible Markup Language (XML)*, yaitu *Keyhole Markup Language (KML)* yang dapat ditampilkan pada *Google Earth* (Tambunan, 2012).

Aditya dkk (2008) dalam kerja sama dengan Badan Pertanahan Nasional – Republik Indonesia yang menghasilkan laporan akhir berjudul "Perumusan Penetapan Batas Penetapan Hak Dan Pendaftaran Hak Guna Ruang Dan Perairan". Penelitian tersebut mengkaji tentang aspek legal dan aspek teknis kadaster 3D di Indonesia yang meliputi: kajian peraturan hukum, kegiatan pengukuran dan perpetaan, pembangunan dan pengelolaan basisdata spasial 3D menggunakan *PostgreSQL+PostGIS*, dan visualisasi basisdata 3D menggunakan *eXtensible 3D Graphics (X3D)*.

Di Belanda, penelitian tentang kadaster 3D pernah dilakukan oleh Stoter tahun 2004. Penelitian tersebut

menghasilkan beberapa prototipe tentang alternatif solusi untuk merealisasikan kadaster 3D. Untuk pengelolaan basisdata (spasial) digunakan *Oracle Spatial 9i* sedangkan untuk visualisasi basisdata digunakan *MicroStation GeoGraphics* dan *ArcScene* dari *ArcGIS*.

Penelitian ini mencoba membuat purwarupa sistem informasi kadaster 3 dimensi. Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia adalah lembaga yang mengeluarkan sertifikat hak milik atas satuan rumah susun. Sehingga sistem informasi yang dibuat juga memperhatikan aturan dan tata cara yang berlaku di instansi tersebut. Sistem Informasi yang dibuat bertujuan memberikan informasi spasial ruang di atas tanah dan atribut administrasi pertanahan sebagai sebuah sistem yang terintegrasi dan ditampilkan dalam satu program aplikasi antar muka yang mudah bagi pengguna. Penelitian ini diharapkan dapat menyumbangkan tambahan referensi atau wacana dalam bidang kajian sistem kadaster 3D.

Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data spasial 3 dimensi bangunan Plasa Simpanglima di Semarang dalam format CAD.

Perangkat lunak yang digunakan untuk membangun purwarupa sistem informasi kadaster 3 dimensi ini adalah : *Operating System Windows, AutoCAD Map 3D* versi 2011, *GoogleEarth Extension for AutoCAD 2011, FWTools, MicroOLAP database designer, PostgreSQL* dengan ekstensi *PostGIS, Delphi* versi 7 dan *GLScene OpenGL Library for Delphi dan 3DS Max* versi 2009.

Secara garis besar tahap penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Pengolahan data
- Pembuatan model basisdata (konseptual dan logikal)
- Implementasi fisik model basisdata
- Desain antar muka pengguna (*User Interface Desain/UID*)

Pengolahan data pada perangkat lunak autoCAD merubah format spasial 3 dimensi menjadi model solid. Dengan fasilitas google earth ekstension setiap ruang data spasial dikonversi mejadi file dengan format *kml (keyhole markup language)*. Perangkat lunak FWTools mengkonversi data dalam format *kml* menjadi data record tipe geometri *multipolygonZ* pada perangkat lunak sistem manajemen basis data (SMBD) *PostgreSQL* yang sudah terinstalasi ekstensi *PostGIS*. Data tipe geometri tersebut yang dapat memberikan informasi tentang luas dan volume dari setiap ruang. Untuk keperluan visualisasi menggunakan perangkat lunak 3DS Max untuk mengkonversi data format CAD menjadi 3DS. Data format 3DS ini yang mendukung *GLScene* untuk

menampilkan secara visual ruang dalam bentuk 3 dimensi.

FWTools adalah *open source GIS binaries* untuk sistem windows (win32) dan Linux (x86 32bit). Perangkat lunak ini berjalan dalam *DOS shell* (cmd.exe) dengan terlebih dahulu menginisialisasi fungsi-fungsi yang digunakan oleh *FWTools*. *FWTools* memiliki sub fungsi yaitu *toolkit OGR*. *OgrInfo toolkit* adalah perintah untuk memeriksa sumber data GIS dan memberikan informasi tentang berbagai macam type geometri yang ada pada sebuah file. *Ogr2Ogr toolkit* adalah perintah untuk mengkonversi berbagai format data spasial, antara lain; *ESRI Shapefile, MapInfo Tab file, TIGER, s57, DGN, CSV, DBF, GML, KML, Interlis, SQLite, ODBC, ESRI GeoDatabase (MDB format), PostGIS /PostgreSQL, MySQL*.

GLScene adalah *OpenGL (Open Graphic Library) based 3D library* untuk Delphi. *Library* yang menyediakan komponen visual dan obyek-obyek yang memungkinkan untuk dideskripsikan serta *rendering* tampilan 3 dimensi. *GLScene* memungkinkan untuk mendesain dengan cepat dan *rendering* tampilan 3D tanpa harus mempelajari seluk beluk *OpenGL*. Jika kita mengetahui bagaimana mendesain *TForm* maka akan mudah untuk mengoperasikan *GLScene*. *GLScene* mendukung bangun 3 dimensi dengan berbagai format antara lain; *3DS (3DStudio, and many others), MD2, MD3 (Quake2/3, animated), OBJ (WaveFront, and many others), SMD (Half-Life, skeletal animation, obtained from a decompiled MDL, f.i. with MilkShape), NMF (Normal Mapper File, ATI tool), GTS (GNU Triangulated Surface), GL2 (Ghoul2, aka MDX), OCT (FSRad), BSP (Quake3 BSP), PLY (Stanford), LWO (LightWave), MS3D (MilkShape), STL, TIN*.

3DS adalah salah satu format file yang digunakan perangkat lunak Autodesk 3ds Max untuk pemodelan, animasi dan *rendering* obyek. 3DS adalah file dengan format *binary*. Walaupun demikian 3DS memiliki kemampuan yang baik dalam proses pemanggilan file dan memiliki ukuran file penyimpanan yang kecil, jika dibandingkan dengan format berbasis text yang dapat dibaca manusia (*human-readable text-based formats*).

Pembuatan model basis data secara konseptual dilakukan dengan mengkaji Peraturan (Peraturan Kepala Badan) Badan Pertanahan Nasional (BPN-RI) No. 1 Th. 2010 tentang Pelayanan Dan Pengaturan Pertanahan berserta lampirannya.

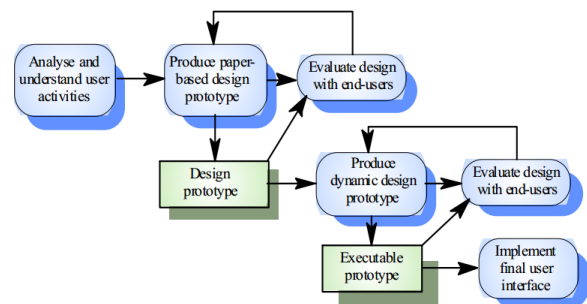
Perangkat lunak *MicroOLAP database designer for PostgreSQL* digunakan untuk mendesain model logikal sistem basis data. Dokumen fisik sertifikat tanah dan sertifikat hak atas satuan rumah susun akan sangat membantu untuk mendesain tabel-tabel penyusun basis data. Informasi dalam tabel-tabel

tersebut yang akan ditampilkan dalam sistem informasi kadaster 3 Dimensi.

Implementasi model logikal menjadi model fisik basis data dilakukan dengan men-*generate database* menggunakan *tools* yang sudah disediakan oleh Perangkat lunak *MicroOLAP database designer for PostgreSQL*.

Untuk keperluan visualisasi data spasial 3 dimensi maka data CAD dikonversi menjadi file dengan format 3DS. Format file tersebut yang sesuai dengan dukungan pustaka dari *GLScene*. Caranya dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk 3DS Max versi 2009. Fasilitas import file dwg dan export menjadi file 3ds dimiliki oleh perangkat lunak tersebut.

Desain antar muka pengguna (*User Interface Design/UID*) adalah langkah yang terakhir dari proses pembuatan purwarupa sistem informasi kadaster 3 dimensi. Tetapi bukan berarti proses tersebut berhenti sampai disini. Proses ini selalu berulang atau beriterasi baik dari basis data atau desain antar mukanya. Berikut ini gambaran proses desain antar muka pengguna (*User Interface Design/UID*) adalah :



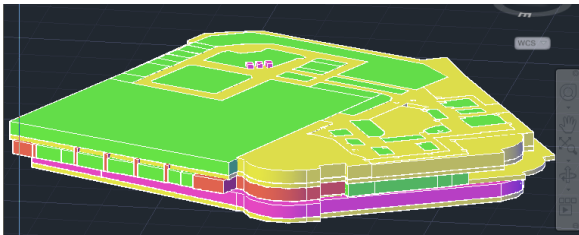
Gambar 1. Proses UID (Sommerville, 2001)

Dalam lingkungan pemrograman jendela antar muka sangat memegang peranan penting, karena dalam pemakaian aplikasi yang kita buat, pemakai senantiasa berinteraksi dengan antar muka (*user interface*) tanpa menyadari bahwa dibelakangnya berjalan instruksi-instruksi program yang mendukung tampilan dan proses yang dilakukan.

Interface yang mudah dipahami akan sangat membantu dalam penggunaan dan pemanfaatan suatu sistem. Saat ini interface yang banyak digunakan dalam software adalah GUI (Graphical User Interface). GUI memberikan keuntungan seperti: mudah untuk dipelajari oleh pengguna yang pengalaman dalam menggunakan komputer cukup minim, dimungkinkan untuk berpindah dari satu layar ke layar yang lain tanpa kehilangan informasi, akses penuh pada layar dengan segera untuk beberapa macam tugas/keperluan Bahasa Pemrograman Delphi mendukung perihail diatas.

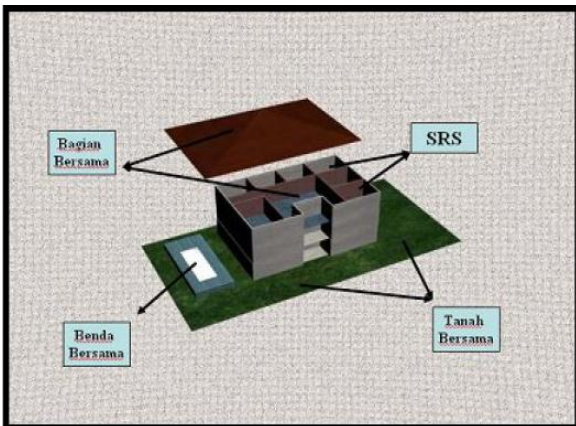
Hasil dan Pembahasan/Diskusi

Dari total 7 lantai bangunan Plasa Simpanglima di Semarang yang dibuat sebagai contoh data spasial 3 dimensi hanya 3 lantai saja. Data spasial 3 dimensi model solid menunjukkan bahwa bangunan Plasa Simpanglima di Semarang terdiri dari 70 ruang di lantai satu, 27 ruang di lantai dua dan 33 ruang di lantai tiga. Jumlah tersebut adalah ruang yang bisa diakui untuk kepemilikan hak satuan rumah susun.



Gambar 2. Tampilan model 3D solid lantai 1 s.d 3

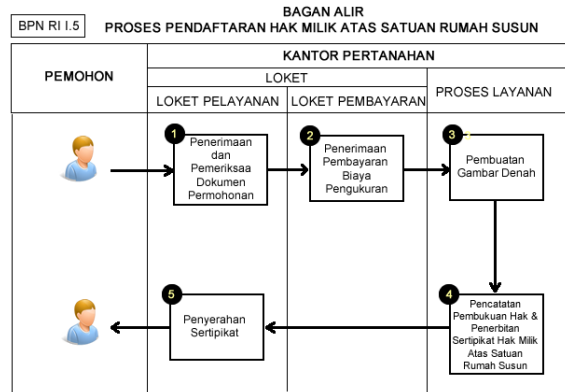
Ruang lainnya adalah ruang yang tidak dapat dimiliki karena berfungsi untuk kepentingan bersama, misalnya; kolom, balok, dinding, lantai, lift, selasar, bangunan sarana social / hall, tempat ibadah, tempat bermain, dan tempat parkir. Dalam UU No. 20 Th. 2011 Tentang Rumah Susun istilah untuk ruang tersebut adalah Benda dan Bagian Bersama serta Tanah Bersama.



Gambar 3. Sistem Rumah Susun (Nur Cholís, 2008)

Pemodelan basis data konseptual mengindikasikan bahwa menurut UU No. 20 Th. 2011 Tentang Rumah Susun terdapat tiga jenis pemegang hak yaitu; Perorangan, Badan Hukum dan Instansi Pemerintah. Untuk jenis kepemilikan adalah hak milik atas satuan rumah susun (HMASRS). Prosedur pendaftaran hak tersebut digambarkan dalam bentuk diagram alir dalam lampiran Perkab BPN-RI No. 1 Th. 2010 tentang Pelayanan Dan Pengaturan Pertanahan. Gambar di bawah ini adalah salah satu contoh prosedur pendaftaran hak atas satuan rumah susun untuk pertama kali yang diambil dari web milik BPN-RI.

Untuk data spasial terbagi atas bidang tanah (2D) dan Bangunan (3D). Dengan ketentuan bahwa satu bidang tanah terdapat satu atau lebih ruang. Setiap ruang terletak pada satu bidang tanah. Setiap orang/badan hukum/instansi pemerintah dapat memiliki satu atau lebih hak ruang.



Gambar 4. Contoh diagram alir proses pendaftaran HMASRS (<http://www.bpn.go.id>)

Penyusunan model logikal menghasilkan 26 tabel yang terlibat dalam sistem basis data. Terdapat kekurangan pada *MicroOLAP database designer for PostgreSQL* yaitu keterbatasannya dalam dukungan membuat kolom atau attribute data tipe geometri untuk penyimpanan data spasial yang mendukung format data tipe geometri 3 dimensi *MultipolygonZ* ekstensi *PostGIS*. Kendala berikutnya adalah pada saat *generate* basis data secara otomatis tidak membangun basis data yang dapat menampung data spasial. Artinya walaupun ekstensi *postGIS* sudah terinstal tidak otomatis memasukkan *spatial refence system* sebagai pustaka untuk referensi basis data spasial.

Untuk mengatasi permasalahan diatas maka perlu dilakukan *editing* atau koreksi terhadap SQL yang terbentuk secara otomatis oleh perangkat lunak *MicroOLAP database designer for PostgreSQL*. Dengan menambahkan atau mengkoreksi tipe data pada *field geometry*. Untuk masalah yang kedua di selesaikan dengan membuat basis data secara manual di perangkat lunak SMD PostgreSQL untuk mengaktifkan template ekstensi PostGIS sehingga pustaka sistem referensi spasial dapat terakomodasi. Kemudian eksekusi SQL bisa dilakukan yang pada tahap penelitian ini sebagai tahap implementasi model logikal menjadi model fisik basis data spasial.

Berikut ini adalah SQL dari *MicroOLAP database designer for PostgreSQL* yang harus diedit atau dikoreksi agar data spasial dapat disimpan dalam basis data adalah : (SQL pembuatan tabel yang mengandung kolom geometri, *attribute* atau kolom yang dibuat sesuai dengan atau sama dengan yang dibentuk perangkat lunak *FWTools*)

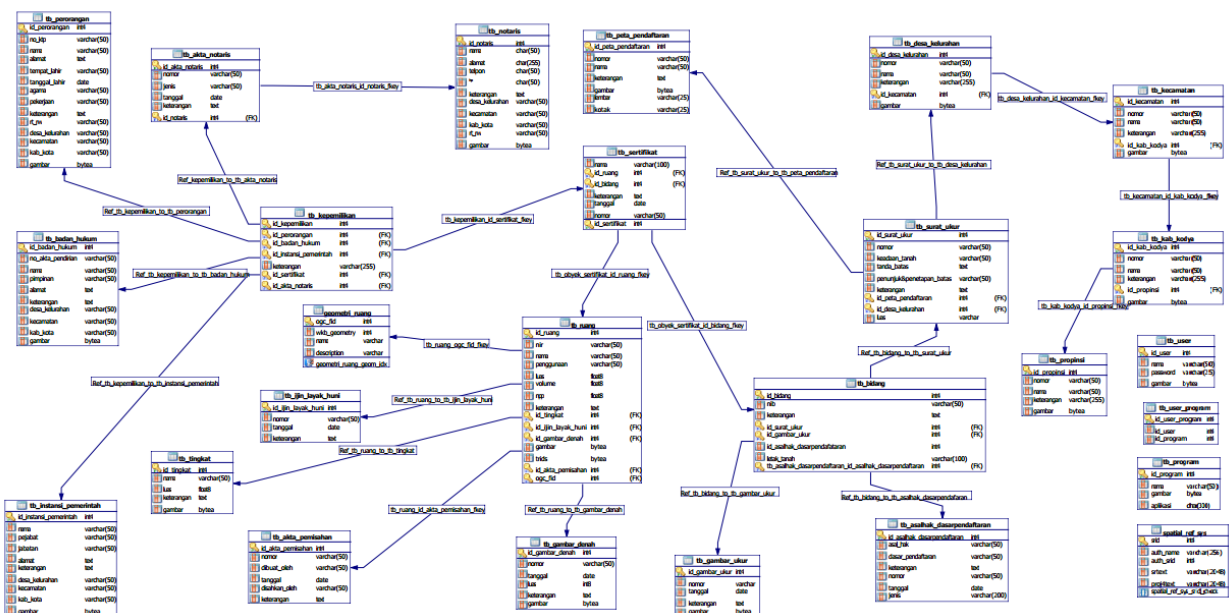
```
CREATE TABLE "geometri_ruang" (
    "ogc_fid" SERIAL NOT NULL,
    "wkb_geometry" int4,
    "name" varchar,
    "description" varchar,
    CONSTRAINT "geometri_ruang_pk"
    PRIMARY KEY("ogc_fid")
)
WITH (
    OIDS = False
);
CREATE INDEX "geometri_ruang_geom_idx" ON
"geometri_ruang" USING GIST ("wkb_geometry"
);
ALTER TABLE "geometri_ruang" OWNER TO
"postgres";
```

Menjadi :

```
CREATE TABLE geometri_ruang
```

```
(
    ogc_fid serial NOT NULL,
    wkb_geometry geometry(MultiPolygonZ,32749),
    name character varying,
    description character varying,
    nama_ruang character varying,
    CONSTRAINT geometri_ruang_pk PRIMARY
    KEY(ogc_fid )
)
```

Cara kedua adalah dengan menggunakan perintah OGR2OGR pada perangkat lunak FWTools melalui jendela perintah *DOS Shell* untuk membangun tabel yang mengandung kolom geometri. Kemudian dilakukan *editing* pada perangkat lunak Symbiotic Database PostgreSQL jika diperlukan penambahan attribute atau kolom. Tetapi tidak bisa mengurangi *default* bentukan dari *FWTools*.

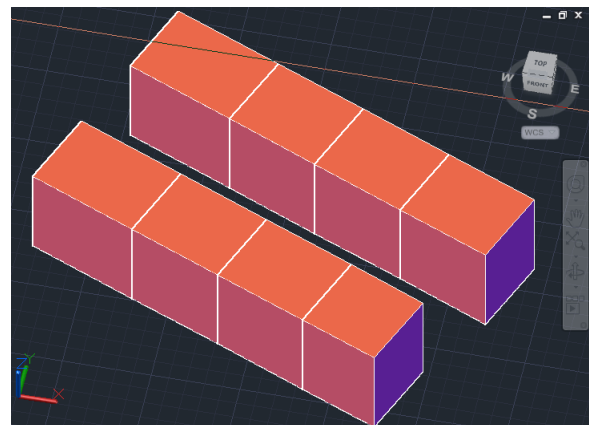


Gambar 5. Model Logikal Basis Data Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi

Visualisasi 3 dimensi data spasial ruang menggunakan file 3ds yang di panggil melalui aplikasi yang dibuat dengan Delphi dan secara otomatis tersimpan dalam tabel basis data pada perangkat lunak Symbiotic Database PostgreSQL. Adapun tipe data untuk menyimpan file 3ds dalam tabel adalah *bytea*. Tipe data ini berformat *binary* yang hampir sama dengan sistem penyimpanan data *BLOB* atau *binary large format* pada Symbiotic Database MySQL.

Visualisasi data spasial 3 dimensi menggunakan *GLScene* pustaka *OpenGL (Open Graphic Library) for Delphi*. Visualisasi hasil konversi file *dwg* menjadi 3ds tidak sempurna atau tidak sama dengan yang divisualisasikan pada jendela perangkat lunak AutoCAD Map 3D. Peneliti belum menemukan penyebabnya dan belum menemukan perangkat lunak

pengganti yang memiliki kemampuan untuk mengkonversi data CAD menjadi 3DS.



Gambar 6. Visualisasi ruang 3 dimensi solid pada perangkat lunak AutoCAD Map 3D Versi 2011



Gambar 7. Visualisasi ruang 3 dimensi import file dwg pada perangkat lunak Autodesk 3DS Max Versi 2009

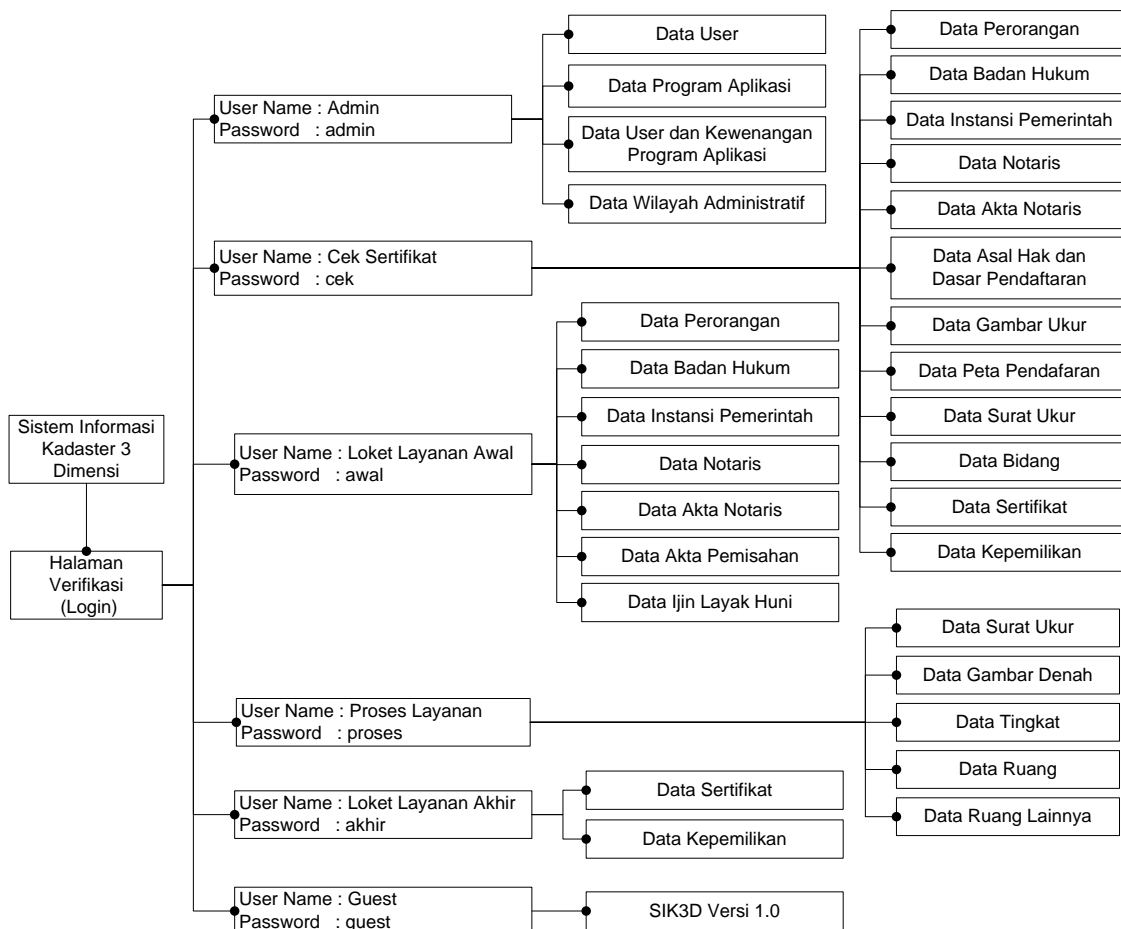
Tetapi untuk keperluan visualisasi sudah mampu menunjukkan keberadaan ruang relatif terhadap ruang yang lain. Caranya dengan memberikan material yang berbeda. Proses editing tersebut dilakukan di perangkat lunak *Autodesk 3DS Max 2009*. Pemberian material yang berbeda tersebut dimaksudkan agar memberikan visualisasi yang berbeda dengan ruang sekitarnya. Sehingga mudah dikenali pada saat dipilih (*query*).

Perancangan sistem informasi ini dimaksudkan memfasilitasi pengguna dalam menjalankan proses pendaftaran hak dan untuk memfasilitasi dalam

menampilkan informasi. Aplikasi sistem informasi yang dihasilkan masih berupa purwarupa, belum merupakan aplikasi jadi yang siap diimplementasikan, namun masih bersifat wacana pengembangan sistem.

Desain tampilan antarmuka pengguna dibuat menggunakan perangkat lunak Delphi versi 7. Bahasa pemrograman Delphi mendukung sepenuhnya pemrograman berorientasi obyek. Paket-paket pemrograman berorientasi obyek yang disediakan Delphi memudahkan untuk membuat aplikasi yang didesain khusus agar sesuai dengan kebutuhan spesifik pengguna.

Gambar dibawah ini adalah struktur desain antar muka sistem informasi kadaster 3 dimensi. Secara garis besar terbagi dalam tiga fungsi yaitu admin, masukan data dan informasi. Fungsi admin sebagai pengatur kewenangan pengguna terhadap aplikasi program dan input data pembagian wilayah administratif. Fungsi Input atau masukan data terdiri dari Cek Sertifikat, Layanan Loker Awal, Proses Layanan dan Loker Layanan Akhir. Fungsi yang terakhir yaitu Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi. Semua fungsi harus melalui halaman verifikasi atau login. Hal ini dimaksudkan agar keamanan basis data terpelihara karena hanya yang berhak yang dapat mengakses data dan program aplikasi.



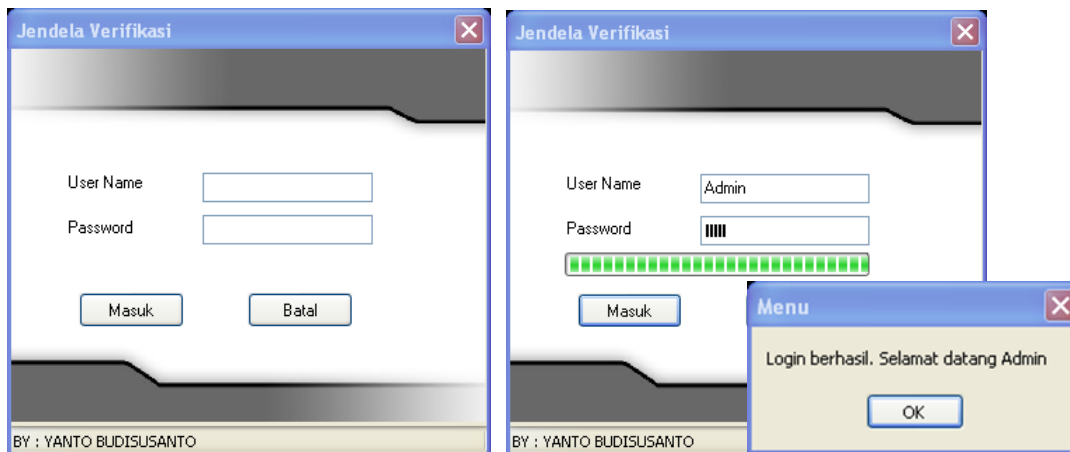
Gambar. 8. Struktur Desain Antar Muka Sistem Infromasi Kadaster 3 Dimensi

Penelitian ini menghasilkan sebuah purwarupa (*prototype*) sistem informasi kadaster 3 dimensi menggunakan perangkat lunak bahasa pemrograman Delphi versi 7. Sistem informasi yang dihasilkan mengakses basis data yang ada pada perangkat lunak SMBD PostgreSQL dengan ekstensinya PostGIS. Purwarupa ini mencoba mengakomodasi definisi dari *Land Administration* yaitu proses perekaman dan penyebaran informasi tentang kepemilikan, nilai dan penggunaan tanah/ruang serta keterkaitannya (Arysucaya, 2009).



Gambar 9. Tampilan Awal purwarupa SIK 3D Versi 1.0

Pembahasan berikut ini memberikan gambaran tentang tampilan dan menu purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi adalah :
Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi ini diberi nama SIK 3D.



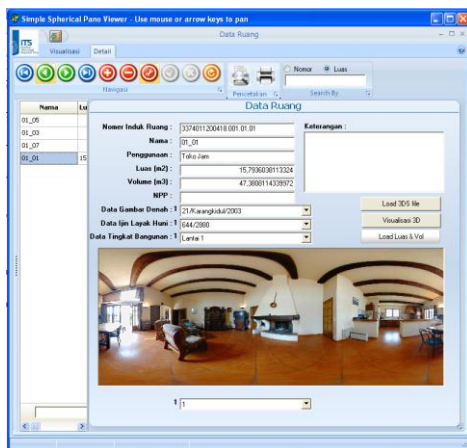
Gambar 10. Tampilan halaman verifikasi atau login pengguna



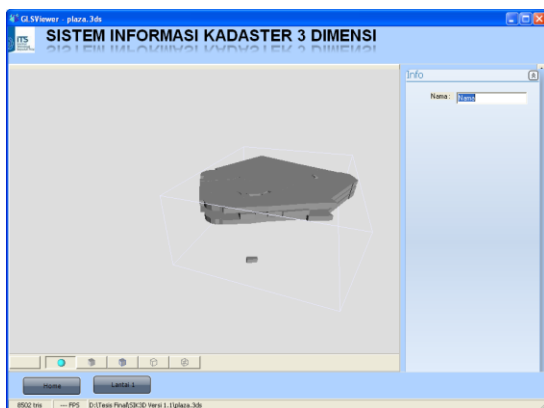
Gambar 11. Jendela aplikasi untuk pengguna "Admin"



Gambar 12. Jendela aplikasi untuk pengguna “Cek Sertifikat”



Gambar 13. Jendela aplikasi input data ruang



Gambar 14. Jendela tampilan awal SIK3D

Tampilan-tampilan aplikasi diatas hanya contoh dari keseluruhan aplikasi yang dibuat yaitu lebih kurang 25 lebih aplikasi antar muka (*user interface*). Dengan segala kekurangan dalam penelitian ini aplikasi SIK 3D masih terus akan disempurnakan. Tidak lain bertujuan agar memberikan informasi yang lebih baik.

Kesimpulan

Penelitian ini berhasil membuat purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi berbasis Desktop dengan memanfaatkan Bahasa Pemrograman Delphi Versi 7 sebagai desain antar muka pengguna dan untuk manajemen basis data menggunakan perangkat lunak SMDB *PostgreSQL* dengan ekstensi *PostGIS*.

Purwarupa Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi ini diberi nama SIK3D versi 1.0 yang memiliki fungsi secara garis besar adalah unit admin sebagai pengatur kewenangan pengguna aplikasi, unit input data sebagai layanan yang memproses sistem pendaftaran obyek 3 Dimensi dan unit sistem informasi sebagai jendela yang memberikan informasi tentang kepemilikan obyek 3 dimensi (ruang).

Purwarupa SIK3D versi 1.0 menggunakan *GLScene* adalah *OpenGL (Open Graphic Library) for Delphi* untuk visualisasi data spasial ruang (data spasial 3 dimensi). Format data spasial yang digunakan adalah 3DS (file dengan format *binary*).

Ucapan terima kasih

Badan Pertanahan Nasional RI atas dukungan data spasial Plasa Simpanglima di Semarang

Tim Kadaster 3D Jurusan Teknik Geodesi atas kesediaan berbagi informasi tentang data spasial 3 dimensi Plasa Simpanglima di Semarang

Manajemen Plasa Simpanglima di Semarang atas kesediaan memberikan informasi dokumen pertelaan bangunan plasa tersebut

Daftar Pustaka

- Ananda, D., Putro, B.L., Kurniawan, Rasiana, L., (2009), *Pemrograman Beorientasi Obyek*, Politeknik Telkom, Bandung
- Anonim, (2011), *Undang-undang Nomor 20 Tahun 2011 Tentang Rumah Susun*, Pemerintah Republik Indonesia
- Anonim, (2008), *Diktat Kuliah Interaksi Manusia Dan Komputer*, Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga
- Anonim, *FWTools: Open Source GIS Binary Kit for Windows and Linux*, <http://fwtools.maptools.org/>, (diakses pada tanggal 23 Oktober 2012)
- Anonim, *OGR Tools*, http://www.bostongis.com/PrinterFriendly.aspx?content_name=ogr_cheatsheet, (diakses pada tanggal 23 Oktober 2012)
- Anonim, *PostgreSQL*, <http://www.postgresql.org/about/>, The PostgreSQL Global Development Group, (diakses pada tanggal 24 Oktober 2012)
- Anonim, *.3ds*, <http://en.wikipedia.org/wiki/.3ds>, (diakses pada tanggal 12 November 2012)

- Aditya, T., Subaryono, Waljiyanto, et al., (2008), “Perumusan Penetapan Batas Penetapan Hak Dan Pendaftaran Hak Guna Ruang Dan Perairan”, Laporan penelitian. UGM – BPN. Yogyakarta.
- Christiana, A.Y., (2010), “Pengembangan Model Data Inti Domain Kadastral (*Core Cadastral Domain Model*) Untuk Basis Data Penguasaan Pemilikan Penggunaan dan Pemanfaatan Tanah”, Tesis, Program Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta
- Cholis, N. 2008. Kadaster Tiga Dimensi (3D) untuk Kepentingan Pendaftaran Tanah Terhadap Hak Milik Atas Satuan Rumah Susun (HMASRS). Tesis. Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknik Bandung. Bandung.
- Husni, (2004), *Pemrograman Database dengan Delphi*, Graha Ilmu, Yogyakarta
- Muharawan, D.C., (2007), “Perancangan Purwarupa (*prototype*) Sistem Informasi Kadaster 3 Dimensi”, Tesis, Program Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Jogjakarta
- Iswanto, F., (2009), “Desain dan Visualisasi Basisdata Spasial Kadaster 3D Hibrid (Hybrid Cadastre)”, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas GadjahMada, Yogyakarta
- Sommerville, I.,(2001), *Software Engineering 6th*, Addison Wesley
- Sucaya, I Ketut A., (2009), “Application and Validation the Land Administration Domain Model in Real Life Situation (A Case Study in Indonesia)”, M.Sc. Thesis, ITC, Enschede, The Netherlands
- Suryani, A. A., (2010), “User Interface Design”, *Diklat Kuliah*, IT Telkom, Bandung
- Stoter, J.E. 2004. *3D Cadastre*. Department of Geodesy, Faculty of Civil Engineering & Geosciences, Technical University Delft. Delft.
- Tambunan, F., (2012), “Penyusunan Purwarupa Sistem Informasi Pertanahan Satuan Rumah Susun Berbasis Internet“, Skripsi Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Wahyuni, (2008), “Pengembangan Model Data Inti Domain Kadastral Untuk Manajemen Basis Data Penguasaan dan Pemilikan Tanah”, Tesis, Program Pascasarjana FT-UGM, Jogjakarta

Penerapan Struktur Topologi Pada Basisdata Spasial 3 Dimensi Untuk Kadaster 3 Dimensi

Wahyu Marta M.^a, Trias Aditya^b, Waljiyanto^c

^a Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: wahyu.marta.m@gmail.com

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

^c Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

3D Cadastre is a challenging GIS topic that includes a variety of issues related to the use of space vertically. Representation of the 3D objects in 3D Cadastre is an important aspect. In realizing the representation of 3D objects, the construction of 3D spatial databases requires a special attention. To represent 3D spatial objects, there are two approaches in building database structures, namely the geometry and topology structure. The fundamental difference between the two structures is the storage technique. The storage of spatial data with topology structures does not contain redundancy objects. Therefore, the topology structure offers better data consistency. In this research, the application of topological structures on 3D spatial database with 2.5D approach was developed to improve the ability of 3D spatial operations in Geographic Information Systems (GIS). The applied methods were intended to support the implementation of 3D Cadastre and to improve the quality of the storage of 3D objects represented using topological structures. Data used are field measurements and attributes data collection of Rusun Plasa Simpanglima Semarang. Database is constructed based on the geometry and topology structure using PostgreSQL 9.1 software and PostGIS 2.0.1 extension. Then the two databases were tested and compared using 4-intersection model analysis. The analysis showed that the database of topology structure executes spatial query faster than the database of geometry structure.

Keywords: topologi, basisdata, kadaster, analisis spasial.

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Dewasa ini kebutuhan ruang aktivitas semakin meningkat terutama di daerah perkotaan. Terbatasnya ketersediaan tanah mendorong seseorang untuk memanfaatkan ruang secara vertikal dimana salah satu contohnya adalah pembangunan rumah susun (rusun). Di Indonesia hak-hak yang melekat pada rumah susun telah diatur dalam Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2011 tentang Rumah Susun.

Berdasarkan peraturan tersebut definisi rumah susun adalah bangunan gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan yang terbagi dalam bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional, baik dalam arah horizontal maupun vertikal dan merupakan satuan-satuan yang masing-masing dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, terutama untuk tempat hunian yang dilengkapi dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama.

Pemanfaatan ruang secara vertikal semakin lama menjadi hal yang kompleks ketika pemanfaatan ruang

berada di atas atau di bawah bidang tanah lain. Kepemilikan atas properti yang bersifat kompleks ini perlu didaftarkan informasinya berdasarkan bidang tanah yang bersifat 2 dimensi. Di Indonesia, sampai saat ini pendaftaran properti masih terbatas pada unit rumah susun. Adapun pendaftaran ruang di atas dan di bawah bidang tanah lain akibat kebutuhan komersil yang meningkat belum dapat diakomodasi dengan sistem kadaster yang ada di Indonesia (Hendriatiningsih, 2011). Tantangan ini dikenal dengan istilah kadaster 3 dimensi.

Menurut Stoter dan Oosterom (2006) kadaster 3 dimensi adalah sebuah sistem kadaster yang mampu melakukan pendaftaran dan penetapan hak-hak kepemilikan berikut batasan-batasannya, tidak hanya berdasarkan bidang tanah namun juga berdasarkan unit properti 3 dimensinya. Dalam kadaster 3 dimensi representasi merupakan hal yang penting. Hal ini berkaitan untuk menggambarkan keadaan yang sebenarnya dari obyek secara lengkap terhadap status bidang tanah, termasuk hak-hak lain yang melekat di atas maupun di bawahnya. Dengan demikian akan mempermudah pemberian status hukum dan

penyediaan informasi yang lengkap terhadap bidang tanah terhadap pemanfaatan ruang di atas maupun di bawahnya (Cholis, 2008).

Dalam mewujudkan representasi kadaster 3 dimensi, pembangunan basisdata spasial 3 dimensi memerlukan perhatian khusus. Untuk merepresentasikan obyek spasial, dikenal dua struktur, yaitu struktur geometri dan struktur topologi. Sampai saat ini, penyusunan basisdata spasial 3 dimensi di Indonesia dalam merepresentasikan obyek 3 dimensi menggunakan struktur geometri.

Pada praktek nyata, suatu obyek properti selalu mengalami perubahan dimensi. Perubahan tersebut bisa dikarenakan penggabungan atau pemecahan obyek properti. Hal inilah yang menuntut pembaharuan pada basisdata atau disebut *updating*. Suatu perubahan dapat menyebabkan data tidak konsisten. Untuk meningkatkan kualitas data dan konsistensi data, struktur topologi menawarkan kemungkinan yang lebih baik (Stoter dan Oosterom, 2006). Struktur topologi ini sesuai untuk mewakili hubungan operasi dan untuk memeriksa kualitas data selama *updating*.

I.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana penerapan struktur topologi pada basisdata spasial 3 dimensi dengan pendekatan 2.5 dimensi untuk meningkatkan fungsi operasi analisis spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk kadaster 3 dimensi ?
2. Apa yang dilakukan untuk identifikasi peningkatan kualitas data dari obyek 3 dimensi yang direpresentasikan menggunakan struktur topologi ?

I.3. Pembatasan Masalah

1. Penelitian mencakup pembuatan desain dan basisdata spasial 3 dimensi dengan struktur geometri maupun struktur topologi yang dibangun menggunakan perangkat lunak *open-source PostgreSQL 9.1* dengan ekstensi *PostGIS 2.0.1*.
2. Pendekatan 2.5 dimensi digunakan untuk membangun basisdata 3 dimensi struktur geometri dan struktur topologi sesuai kemampuan perangkat lunak *open-source PostGIS 2.0.1*.
3. Penelitian dilakukan menggunakan data spasial bangunan unit Rusun Plasa Simpang Lima Semarang lantai satu pada obyek ruang dan batas bidang tanah, sedangkan data atributnya sebagian didapatkan dari dokumen pertelaan (nomor rusun dan pemilik) dan sebagian adalah simulasi (alamat pemilik).

4. Tahapan analisis membandingkan kualitas data pada basisdata spasial 3 dimensi struktur geometri dengan struktur topologi dengan indikatornya adalah waktu eksekusi fungsi operasi analisis spasial.
5. Analisis peningkatan kualitas data dibatasi dalam model *4-intersection* antar *geometry primitive* yaitu *linestring* dengan *linestring* obyek menggunakan operasi spasial dalam bahasa SQL.

I.4. Tujuan Penelitian

1. Menerapkan struktur topologi pada obyek 3 dimensi dalam suatu Sistem Manajemen Basis Data (SMBD) geospasial untuk meningkatkan fungsi operasi analisis spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) dengan pendekatan 2.5 dimensi.
2. Mengidentifikasi peningkatan fungsi operasi analisis spasial dalam Sistem Informasi Geografis (SIG) untuk mendukung analisis spasial.

I.5. Tinjauan Pustaka

Chen et. al. (2008) mendeskripsikan operasi-operasi spasial 3D dengan membandingkan antara tipe data geometri dan topologi. Peneliti menggunakan basis data *existing* yang memiliki tipe data geometri kemudian membangun basis data dengan tipe data topologi. Pada penelitian ini, identifikasi kualitas dan konsistensi data menggunakan model operasi spasial model *4-intersection*. Penelitian tersebut menghasilkan perbandingan kualitas dan konsistensi antara basis data tipe geometri dengan tipe topologi yang digambarkan dalam suatu grafik dengan parameter waktu (*millisecond*).

Penegasan pentingnya struktur topologi juga diteliti oleh Butwilowski dan Breunig (2010). Dalam penelitiannya digunakan *prototype DB4Geo* sebagai basis data *existing* kemudian mencoba melakukan perluasan kerangka kerja pembangunannya (*builder framework*) untuk menyusun data tipe topologi. Penelitian tersebut menghasilkan suatu asosiasi antara *cell* (komposisi *faces*, *edges* dan *nodes*) dengan obyek geografis yang sederhana.

Zichar dan Szeghalmy (2010) meneliti kemampuan perangkat lunak *AutoCAD Map 3D 2010* dan *ArcGIS 9.2* dalam menangani topologi. Dikemukakan bahwa topologi yang digunakan dalam penelitian adalah tipe *network topology*. Topologi dengan tipe *network topology* disimpan dalam bentuk *node* dan *segment*. Pembangunan topologi dilakukan baik dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD Map 3D 2010* maupun *ArcGIS 9.2*. Analisisnya menggunakan fungsi *shortest path* untuk 2D maupun 3D. Hasil

penelitian tersebut menguraikan tentang kemampuan *AutoCAD Map 3D 2010* dan *ArcGIS 9.2* dalam menangani topologi tipe *not-surface-based*.

Pada tahun 2010, penelitian dilakukan oleh Seokho Lee dan Jiyeong Lee mengenai perbandingan data model untuk membangun topologi. Data model yang diteliti adalah B-Rep dan *network-based topological*. Dengan kedua data model tersebut dibangun basisdata topologi dengan menggunakan perangkat lunak oracle. Analisis spasial pada data model tersebut meliputi *adjacency* dan *connectivity query*. Hasil penelitian adalah perbandingan antara model data B-Rep dan *network-based topological* meliputi *adjacency* dan *connectivity* dengan parameter waktu eksekusi (*second*).

Penelitian lain yang terkait pembangunan topologi dilakukan oleh Ying et. al. (2011), dimana dalam penelitiannya didesain dan dikembangkan prototype sistem kadaster 3D. Aspek kunci dalam penelitian adalah model yang didasarkan Land Administration Domain Model (LADM) dan struktur spasial topologi 3D. Penelitian berfokus pada obyek solid.

Dalam penelitian ini diterapkan struktur topologi untuk menyimpan obyek 3 dimensi pada basisdata spasial 3 dimensi. Basisdata spasial 3 dimensi dibangun menggunakan perangkat lunak *open-source PostgreSQL 9.1* dengan ekstensi *PostGIS 2.0.1*. Sampai saat ini *PostGIS 2.0.1* belum mampu membangun basisdata struktur topologi *full 3* dimensi yang melibatkan volum. Pembangunan basisdata struktur topologi dengan *PostGIS 2.0.1* ini menggunakan pendekatan 2.5 dimensi. Basisdata hasil penelitian diidentifikasi menggunakan analisis spasial *model 4-intersection*.

II. Data dan Metodologi

II.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data spasial. Data spasial berupa model 3D bangunan lantai satu dan batas bidang tanah Rusun Plasa Simpang Lima di Semarang, yang dibuat berdasarkan koordinat 3D (X, Y, Z) dengan sistem koordinat referensi UTM. Data merupakan hasil pengukuran *Total Station (TS) Leica reflectorless TCR805* pada tahun 2011. Model 3D merupakan data digital bangunan yang disimpan dalam format CAD.
2. Data atribut. Data atribut merupakan keterangan Rusun Simpang Lima meliputi nomor satuan, pemilik, dan alamat pemilik. Atribut nomor satuan dan pemilik didapatkan dari dokumen Pertelaan Plasa Simpang Lima tahun 2005 sedangkan atribut alamat pemilik adalah data

simulasi.

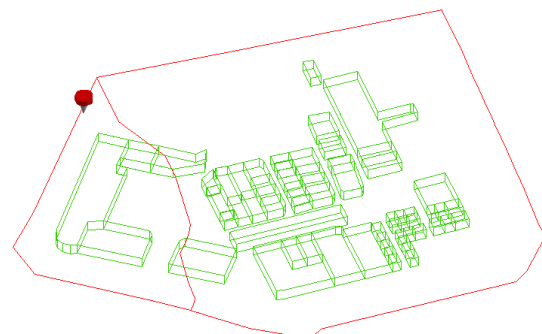
Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian yang pertama adalah personal komputer dengan spesifikasi *Processor Intel Pentium® Dual-Core CPU T4300 @ 2.10 GHz, RAM 3 GB, harddisk 160 GB* sebagai alat masukan, penyimpanan, dan pengolahan data. Yang kedua adalah *harddisk external 320 GB* sebagai alat penyimpanan data eksternal dan yang ketiga adalah *printer Epson C90* untuk mencetak laporan hasil penelitian.

Perangkat lunak yang mendukung penelitian adalah *Autocad Map 3D 2011, Google Earth Extension, FWTools 2.4.7, PostgreSQL 9.1, PostGIS 2.0.1, Quantum GIS 1.7.4, Notepad ++, Instant Reality, Microsoft Windows XP Professional, dan Microsoft Office 2007*.

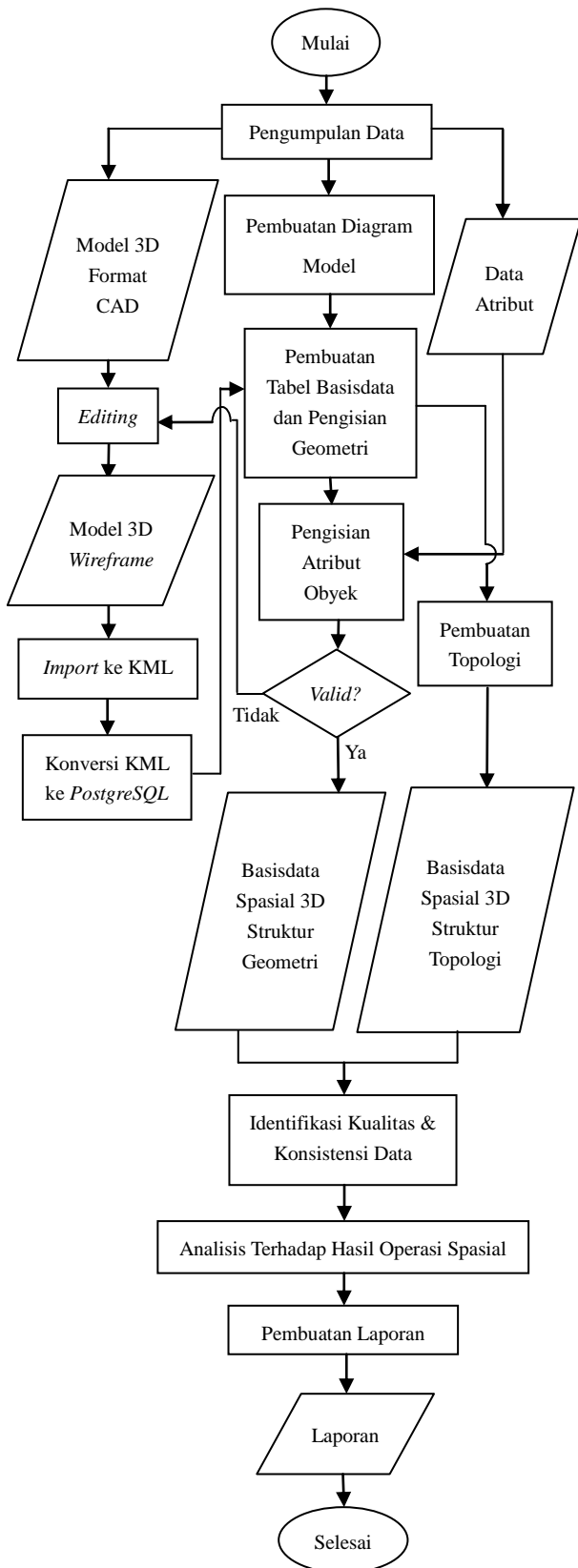
II.2. Metodologi

Pelaksanaan penelitian meliputi beberapa tahapan (Gambar 2). Tahapan-tahapan tersebut mencakup tahap pengumpulan data, tahap *editing* data model, tahap *import* data model ke format KML, tahap konversi data dari KML ke *PostgreSQL*, tahap pembuatan diagram model, tahap pembuatan tabel basisdata dan pengisian geometri, tahap pengisian atribut, tahap pembuatan topologi, tahap identifikasi kualitas dan konsistensi data, tahap analisis, dan tahap pembuatan laporan.

Pembangunan basisdata spasial 3 dimensi memerlukan data spasial dan data atribut. Data spasial berasal dari pemodelan objek bangunan Rusun Plasa Simpanglima Semarang. Obyek yang digunakan dalam penelitian adalah obyek ruang lantai satu beserta batas bidang tanah bangunan. Pemodelan objek dilakukan dengan *editing* model 3 dimensi sebelumnya dengan skema pemodelan *wireframe*. Pemodelan *wireframe* dilakukan dengan menggunakan menu *drawing* yaitu *polyline* dan *polyline 3d* dalam *AutoCAD Map 3D 2011*. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 1 seperti berikut.



Gambar 1. Hasil Pemodelan *Wireframe* Pada Obyek



Gambar 2. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

Data koordinat atau data spasial yang menyusun objek ruang dan batas bidang tanah hasil pemodelan disimpan dalam format KML. Penyimpanan dilakukan dengan menggunakan *Google Earth Extension*. Selanjutnya data spasial dalam format

KML tersebut dikonversi ke dalam *PostgreSQL* menggunakan perangkat lunak *FWTools 2.4.7*.

Dengan menggunakan perangkat lunak *PostgreSQL* dan ekstensi *PostGIS 2.0.1* dibuat basisdata struktur geometri. Yang dilakukan dalam pembuatan basisdata struktur geometri adalah menyusun data koordinat satu objek dalam satu kesatuan geometri sehingga memiliki hubungan 1 : 1 (satu-satu) antara geometri dengan objeknya.

Selanjutnya adalah pembangunan basisdata struktur topologi. Sebagai informasi bahwa perangkat lunak *PostGIS 2.0.1* sampai saat ini mampu membangun topologi sebatas pendekatan 2.5 dimensi bukan *full 3* dimensi yang melibatkan volum. Yang dimaksud 2.5 dimensi adalah bidang datar 2 dimensi (X, Y) yang disertai nilai Z dalam menyimpan koordinatnya. Oleh karena itu, pembangunan topologi dilakukan untuk bagian ruang yang berbentuk bidang datar, yaitu bagian atas dan bagian bawah ruang. Dalam tahapan ini dibuat garis vertikal yang merepresentasikan sisi samping ruang dari data *node* dan disimpan dalam tabel tersendiri. Hal ini dilakukan untuk mendukung visualisasi jika diperlukan visualisasi 3 dimensi objek hasil topologi.

Kedua basisdata baik struktur geometri maupun struktur topologi diidentifikasi kualitas dan konsistensi datanya menggunakan analisis spasial model *4-intersection*. Analisis spasial yang dimaksud terdiri dari operasi spasial *equals, disjoint, intersects, touches, crosses, within, contains, dan overlaps*. Hasil analisis spasial terhadap masing-masing basisdata dibandingkan dengan parameter waktu eksekusi dalam *millisecond*.

III. Hasil dan Pembahasan

III.1. Basisdata Spasial 3 Dimensi Struktur Geometri

Basisdata spasial hasil penelitian yang pertama merupakan basisdata spasial 3 dimensi dengan struktur geometri. Struktur geometri ini menyimpan data spasial yang menyusun satu objek ruang dalam satu *row* (baris). Berdasar hal tersebut hubungan objek ruang dengan data spasialnya adalah 1 : 1 (satu-satu).

Data spasial objek ruang dengan struktur geometri disimpan dalam tabel ruang pada kolom *r_geom_geometri* yang disajikan pada Gambar 3 di bawah. Isi dari kolom *r_geom_geometri* merupakan data spasial yang disajikan dalam bentuk *binary*. Kolom *r_geom_geometri* yang digunakan untuk menyimpan data spasial ini merupakan kolom tipe geometri *multilinestringz* dengan SRID 32749. Artinya data geometri yang tersimpan berupa garis-garis yang memiliki nilai Z dalam koordinatnya. SRID 32749 menunjukkan sistem referensi yang diacu adalah *Universal Tranverse Mercator (UTM)*

menggunakan elipsoid referensi *World Geodetic System 84* (WGS 84) dan berada pada zone UTM 49S.

r_id [PK]	p_id charac	r_nomor_satuan varying(70)	r_geom_geometri geometry(MultiLineStringZ,32768)
1	r_001	p_02	01B.01.01; B.01.02
2	r_002	p_03	01B.01.03A
3	r_003	p_04	01B.01.03B
4	r_004	p_05	01B.01.04; B.01.05
5	r_005	p_06	01B.01.06; B.01.07
6	r_006	p_01	01B.01.08
7	r_007	p_01	01B.01.08
8	r_008	p_01	01B.01.08
9	r_009	p_01	01B.01.08
10	r_010	p_01	01B.01.08
11	r_011	p_01	01B.05

Gambar 3. Tabel Ruang

Basisdata struktur geometri dalam penelitian ini menyimpan geometri objek ruang bukan berdasar pada objek solid namun pada objek ruang berupa kerangka yang direpresentasikan dengan garis-garis atau *multilinestringz*. Kerangka objek tersebut adalah hasil pemodelan *wireframe* yang digunakan untuk mempresentasikan objek ruang dalam 3 dimensi.

Sebenarnya penyimpanan objek solid mampu dilakukan menggunakan perangkat lunak *PostGIS 2.0.1*. Penyimpanan dapat dilakukan jika pendefinisian data geometri penyusun objek dilakukan secara manual dengan mendefinisikan tipe geometrinya adalah *Polyhedral Surface* atau dengan *Triangle Irregular Network (TIN)*. Namun jika menggunakan masukan data spasial yang berasal dari pemodelan 3 dimensi, sampai saat ini perangkat lunak belum mampu mengenali tipe geometri untuk penyimpanan objek solid.

Jika data spasial objek solid dari pemodelan 3 dimensi dikonversi ke dalam *PostgreSQL*, penyimpanan data spasialnya didefinisikan oleh perangkat lunak sebagai *multipolygonz* yang *invalid*. Hal ini dikarenakan adanya *self-intersection*. *Self-intersection* terjadi karena objek terdiri dari kumpulan poligon yang berinterseksi sedangkan *multipolygon* yang didefinisikan oleh OGC dan yang menjadi acuan *PostGIS* tidak memperkenankan adanya interseksi. Penyimpanan yang *invalid* tersebut tidak bisa diabaikan, karena saat analisis spasial dengan menggunakan tipe geometri yang *invalid* akan memberikan hasil yang tidak tepat. Oleh karena itu, pembangunan basisdata dilakukan menggunakan tipe geometri yang lebih sederhana, yaitu menggunakan *multilinestringz*.

III.2. Basisdata Spasial 3 Dimensi Struktur Topologi

Basisdata kedua hasil penelitian adalah basisdata spasial spasial 3 dimensi struktur topologi. Seperti halnya basisdata struktur geometri yang tidak berdasar objek solid, basisdata struktur topologi juga tidak berdasarkan objek solid. Struktur topologi yang dibangun menggunakan pendekatan 2.5 dimensi, yang artinya topologi dilakukan pada bidang datar atau planar dengan menggunakan data spasial 3 dimensi yaitu data yang memiliki nilai Z pada koordinatnya.

Hasil topologi satu objek ruang terdiri dari dua bagian yang disimpan dalam kolom terpisah, yaitu untuk bagian atas dan bagian bawah ruang. Kolom hasil topologi memiliki tipe *topogeometry* yaitu tipe komposisi yang mempresentasikan geometri objek secara topologi. Geometri topologi dalam penelitian ini adalah *topogeometry* bagian atas ruang yang disimpan pada kolom *t1_topo* dan *topogeometry* bagian bawah ruang yang disimpan pada kolom *t2_topo*.

t1_id [PK] inte	r_id charac	t1_topo topogeometry	t2_topo topogeometry
1	r_001	(3,1,1,2)	(8,1,1,2)
2	r_002	(3,1,2,2)	(8,1,2,2)
3	r_003	(3,1,3,2)	(8,1,3,2)
4	r_004	(3,1,4,2)	(8,1,4,2)
5	r_005	(3,1,5,2)	(8,1,5,2)
6	r_006	(3,1,6,2)	(8,1,6,2)
7	r_007	(3,1,7,2)	(8,1,7,2)
8	r_008	(3,1,8,2)	(8,1,8,2)
9	r_009	(3,1,9,2)	(8,1,9,2)
10	r_010	(3,1,10,2)	(8,1,10,2)
11	r_011	(3,1,11,2)	(8,1,11,2)

Gambar 4. Tabel Topologi

Suatu *topogeometry* merupakan komposisi yang penyimpanannya seperti yang disajikan dalam isi kolom *t1_topo* dan *t2_topo* pada Gambar 4 di atas. Elemen-elemen penyusun *topogeometry* tersebut berturut-turut adalah *topology_id*, *layer_id*, *id integer*, dan *type integer*.

Dalam perangkat lunak basisdata, seluruh fungsi topologi yang mendukung basisdata ada dalam skema *topology*. Skema ini selain memuat fungsi topologi juga meregistrasi topologi yang dibuat. Dalam skema *topology* ini terdapat tabel *topology* dan *layer*. Tabel *topology* mendefinisikan id yang unik, nama, SRID, dan toleransi topologi serta mendefinisikan apakah nilai Z dicantumkan pada koordinat atau tidak. Tabel *layer* mewakili objek yang dilakukan topologi. Dalam

tersebut objek didefinisikan id topologi, id *layer*, skema tempat tabel hasil topologi berada, nama kolom dan tipefiturnya.

Data spasial yang merupakan data dengan struktur topologi tersimpan dalam skema yang terpisah. Skema tersebut terdiri dari empat tabel, yaitu tabel *node*, *edge_data*, *face*, dan *relation*. Dalam penelitian ini menghasilkan dua skema yang menyimpan data spasial struktur topologi dan telah terdaftar dalam skema *topology*. Kedua skema tersebut adalah skema *simpanglima_topo1* yang menyimpan data spasial bagian atas ruang dan *simpanglima_topo2* yang menyimpan data spasial bagian bawah ruang.

Tabel *node* berisi seluruh titik yang menyusun bagian bawah atau bagian atas ruang di lantai satu. Tabel *edge_data* berisi pendefinisian garis dari dua titik yang berasal dari tabel *node*. Sebuah *edge* diawali dengan *start_node* dan diakhiri dengan *end_node*.

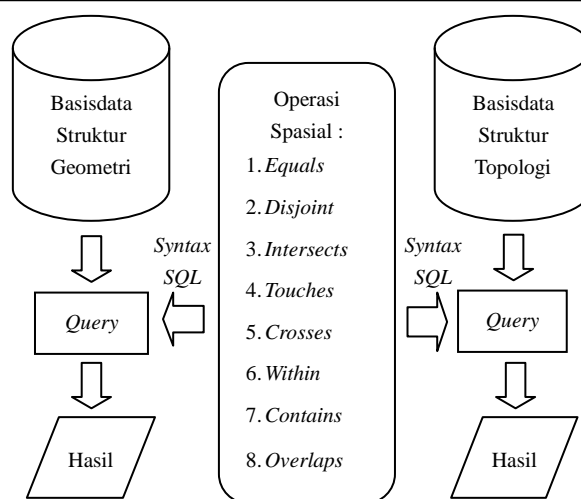
Tabel yang ketiga adalah tabel *face*. Dalam tabel *face* terdiri dari 2 kolom, yaitu *face_id* dan *mbr* atau *Minimum Bounding Rectangle*. *Minimum Bounding Rectangle* merupakan luasan maksimum objek 2 dimensi (misalnya titik, garis, poligon) dalam sistem koordinat 2D (x, y). Pada tabel *face* ini suatu *face* disimpan dengan menentukan *Minimum Bounding Rectangle face* tersebut sehingga geometri pada kolom *mbr* memiliki koordinat 2 dimensi.

Tabel keempat adalah tabel *relation*. Tabel ini memiliki 4 kolom, yaitu *topogeo_id*, *layer_id*, *element_id*, dan *element_type*. Satu objek topologi diwakili *topogeo_id* yang sama dengan dicantumkan pula *layer_id* objek tersebut. Kolom *element_id* dan *element_type* menunjukkan geometri yang membentuk objek. Dalam penelitian ini *integer* tipe elemen adalah 2 yang merupakan *[multi]line* dan *element_id* menunjukkan id *[multi]line* yang tersimpan dalam tabel *edge_data*. Berdasarkan hubungan pada tabel *relation* inilah dasar pengisian *topogeometry* pada kolom *t1_topo* atau kolom *t2_topo* pada tabel topologi.

III.3. Analisis Model 4-Intersection

Basisdata hasil penelitian meliputi basisdata struktur geometri dan struktur topologi. Oleh karena itu analisis spasial dilakukan terhadap kedua basisdata. Tujuan dilakukannya analisis spasial terhadap kedua basisdata adalah untuk membandingkan kemampuan yang ditawarkan kedua basisdata tersebut.

Model 4-*intersection* terdiri dari delapan operasi, yaitu *Equal*, *Disjoint*, *Intersects*, *Touches*, *Crosses*, *Within*, *Contains*, dan *Overlaps*. Operasi spasial tersebut diterapkan dalam *query* menggunakan bahasa SQL.



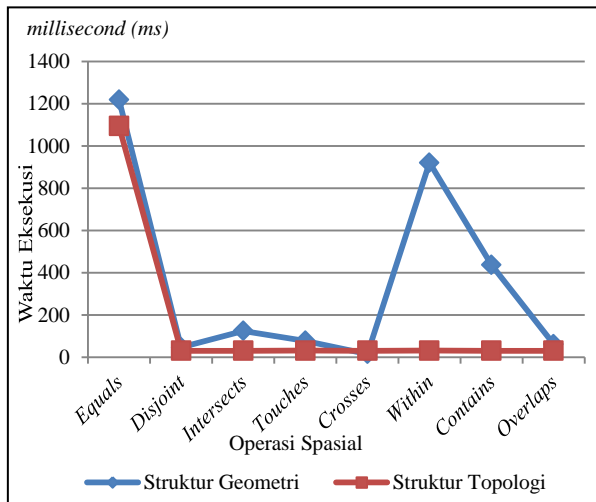
Gambar 5. Pelaksanaan Analisis Spasial

Analisis spasial dilakukan seperti ilustrasi Gambar 5 di atas. Analisis spasial dilakukan terlebih dahulu terhadap basisdata struktur geometri. Setelah itu baru dilakukan analisis spasial terhadap basisdata struktur topologi. Operasi spasial pada basisdata struktur geometri dilakukan terhadap data geometri satu objek ruang dengan data geometri satu objek ruang lainnya. Pada basisdata struktur topologi, analisis spasial dilakukan pada kedua hasil topologi. Sementara itu, garis vertikal yang merupakan batas sisi samping ruang tidak dianalisis spasial karena tipe geometrinya *invalid*. Karena objek dalam penelitian tidak ada yang berada dalam objek yang lain untuk penggunaan operator *within* dan *contains* perlu ditambahkan proses *buffering* pada salah satu geometri objek agar dapat melingkupi geometri objek lain.

Setelah dilakukan operasi-operasi spasial pada basisdata struktur geometri maupun struktur topologi maka dapat dibandingkan hasil antara keduanya dengan parameter perbandingan adalah waktu dalam *millisecond*. Berikut adalah Tabel 1 yang menyajikan hasil operasi spasial pada kedua basisdata.

Tabel 1. Hasil Operasi Spasial

Operasi Spasial	Waktu Eksekusi (<i>millisecond</i>)	
	BD. Geometri	BD. Topologi
<i>Equals</i>	1219	1094
<i>Disjoint</i>	47	31
<i>Intersects</i>	125	31
<i>Touches</i>	76	32
<i>Crosses</i>	16	31
<i>Within</i>	921	32
<i>Contains</i>	437	31
<i>Overlaps</i>	62	31



Gambar 6. Grafik Perbandingan Waktu Eksekusi

Gambar 6 yang disajikan di atas adalah grafik yang digambarkan berdasarkan hasil operasi spasial pada Tabel 1. Gambar grafik menyajikan operasi spasial, yang terdiri dari delapan operator, pada sumbu horizontal sedangkan pada sumbu vertikal adalah waktu eksekusi untuk melakukan operasi spasial dalam *millisecond (ms)*. Garis pada grafik yang berwarna biru mewakili operasi spasial yang dilakukan terhadap basisdata struktur geometri. Garis berwarna merah menginformasikan operasi spasial yang dilakukan terhadap basisdata struktur topologi.

Berdasarkan gambar grafik tersebut di atas, dapat diketahui dengan jelas bahwa garis warna merah hampir selalu berada di bawah garis biru. Hal ini mengandung artian bahwa garis merah yang mewakili basisdata struktur topologi secara garis besar memerlukan waktu eksekusi yang lebih sedikit dibandingkan dengan basisdata struktur geometri yang diwakili garis biru. Hal tersebut terjadi pada tujuh operasi spasial yang dilakukan, yaitu *equals*, *disjoint*, *intersects*, *touches*, *within*, *contains*, dan *overlaps*. Kecuali pada operasi spasial yang menggunakan *crosses*, pada basisdata struktur geometri operasi spasial ini memerlukan waktu yang lebih sedikit dibandingkan dengan basisdata struktur topologi.

Penyimpanan basisdata dengan struktur topologi merupakan penyimpanan data yang tidak mengandung redundansi. Berbeda dengan penyimpanan basisdata struktur geometri yang penyimpanan datanya mengandung redundansi. Pernyataan tersebut memiliki arti bahwa data yang disimpan dengan struktur topologi lebih sedikit dibanding dengan data yang disimpan dengan struktur geometri. Dengan penyimpanan yang tidak mengandung redundansi, analisis spasial yang menggunakan operasi-operasi spasial tertentu dapat dilakukan lebih cepat. Hal ini dikarenakan analisis

pada struktur topologi tidak perlu mengulangi analisis pada data yang terduplikasi sehingga waktu untuk eksekusi lebih cepat.

Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Chen et. al. (2008) juga membandingkan operasi spasial antara basisdata struktur geometri dengan struktur topologi. Penelitian tersebut menunjukkan dengan gambar grafik bahwa operasi spasial pada struktur topologi memerlukan waktu eksekusi yang lebih cepat. Seperti hasil operasi spasial yang dilakukan dalam penelitian ini, basisdata struktur topologi memerlukan waktu yang lebih cepat saat melakukan hampir semua operasi spasial.

III.4. Analisis Kasus Riil Kadaster

Berdasarkan analisis sebelumnya, kemampuan basisdata struktur topologi unggul dibandingkan struktur geometri dalam menyelesaikan operasi-operasi spasial dengan indikator waktu eksekusi (*millisecond*). Penerapan riil basisdata struktur topologi hasil penelitian perlu dikaji dalam menyelesaikan kasus-kasus yang berhubungan dengan kadaster. Dengan pengkajian ini dapat diketahui sejauh mana kemampuan basisdata hasil penelitian.

Kasus-kasus yang berhubungan dengan kadaster ditentukan dalam penelitian ini berdasarkan pemakaian ruang seperti pada rumah susun (*rusun*). Permasalahan berkaitan dengan bagian bersama, benda bersama, dan tanah bersama. Berikut beberapa kebutuhan informasi terkait pemanfaatan basisdata struktur topologi dengan data spasial Rusun Plasa Simpang Lima Semarang.

Kasus 1 : Menunjukkan ruang mana saja yang bersebelahan secara langsung di kiri, kanan, depan, maupun belakang ruang yang ditentukan (arah horizontal).

Kasus 2 : Menunjukkan ruang mana saja yang bersebelahan secara langsung di atas dan bawah ruang yang ditentukan (arah vertikal).

Kasus 3 : Menunjukkan di bidang mana tepatnya suatu ruang pada lantai satu berada di atasnya.

Kasus 4 : Menunjukkan di bidang mana tepatnya suatu ruang selain ruang pada lantai satu berada di atasnya.

Kasus 5 : Menginformasikan ruang-ruang mana saja pada lantai satu yang keseluruhan ruangan tersebut berada di atas bidang tanah tertentu.

Kasus 6 : Menginformasikan ruang-ruang mana saja selain ruang pada lantai satu yang keseluruhan ruangan tersebut berada di atas bidang tanah tertentu.

Kasus 7 : Menyebutkan ruang-ruang mana saja pada lantai satu yang berada di atas dua bidang tanah sekaligus.

Kasus 8 : Menyebutkan ruang-ruang mana saja selain ruang pada lantai satu yang berada di atas dua bidang tanah sekaligus.

Kasus 9 : Menunjukkan geometri garis yang merupakan batas dinding yang bersebelahan secara langsung atau dipakai bersama (arah horisontal).

Kasus 10 : Menunjukkan geometri garis yang merupakan batas atap dan atau lantai yang bersebelahan secara langsung atau dipakai bersama (arah vertikal).

Kasus 11 : Menyebutkan ruang-ruang yang berada pada lorong atau koridor yang sama.

Kasus 12 : Menyebutkan lorong yang dipakai oleh ruang yang ditentukan.

Contoh kasus di atas diselesaikan dengan membuat dan mengeksekusi *query* terhadap basisdata struktur topologi hasil penelitian. Beberapa kasus mampu diselesaikan dengan *query* terhadap basisdata namun beberapa kasus tidak dapat diselesaikan. Kemampuan basisdata dirangkum dalam tabel di bawah ini.

Tabel 2. Kemampuan Basisdata

Kasus Kadaster	Kemampuan Basisdata
Kasus 1	v
Kasus 2	x
Kasus 3	v
Kasus 4	x
Kasus 5	v
Kasus 6	x
Kasus 7	v
Kasus 8	x
Kasus 9	v
Kasus 10	x
Kasus 11	x
Kasus 12	x

Pada Tabel 2 di atas, kolom Kasus Kadaster merupakan daftar kasus yang telah diberikan sebelumnya. Isi kolom Kemampuan Basisdata didasarkan *query-query* yang berhasil menyelesaikan kasus. Pengisian kolom Kemampuan Basisdata dengan tanda centang (v) berarti bahwa kasus dapat diselesaikan dengan *query* menggunakan basisdata struktur topologi hasil penelitian. Sebaliknya kasus yang tidak dapat diselesaikan diberikan tanda silang (x) pada kolom Kemampuan Basisdata.

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh informasi bahwa kasus yang dapat diselesaikan adalah Kasus 1, Kasus 3, Kasus 5, Kasus 7, dan Kasus 9. Selain kasus tersebut tidak dapat diselesaikan dengan *query* menggunakan basisdata struktur topologi hasil penelitian.

Kasus 1, Kasus 3, Kasus 5, Kasus 7, dan Kasus 9 merupakan kasus untuk lantai satu sedangkan Kasus

2, Kasus 4, Kasus 6, Kasus 8 dan Kasus 10 adalah kasus yang melibatkan data spasial selain lantai satu. Karena dalam penelitian tidak menggunakan data spasial selain lantai satu maka kasus yang membutuhkan informasi spasial selain lantai satu tidak dapat dilakukan *query*. Tidak lengkapnya data spasial juga merupakan penyebab tidak dapat diselesaikannya Kasus 11 dan Kasus 12. Kedua kasus tersebut adalah kasus yang membutuhkan informasi spasial mengenai objek koridor atau lorong, sedangkan dalam penelitian tidak menggunakan data spasial objek lorong atau koridor.

Dalam analisis kemampuan basisdata struktur topologi hasil penelitian menanggapi kasus riil kadaster seperti yang dilakukan di atas, dapat diketahui bahwa basisdata mampu mengatasi beberapa kasus kadaster. Kasus tersebut meliputi pemberian informasi mengenai ruang-ruang yang bersebelahan langsung searah horisontal, keberadaan suatu ruang terhadap bidang tanah, ruang-ruang yang berada di atas suatu bidang tanah, serta informasi data spasial yang merupakan bagian bersama antara dua ruang atau lebih secara horisontal. Namun basisdata struktur topologi hasil penelitian tidak mampu memberikan informasi terkait data spasial selain lantai satu dan koridor atau lorong.

IV. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, basisdata struktur topologi yang menyimpan data tanpa redundan memiliki kemampuan untuk mengeksekusi *query* analisis spasial lebih cepat dibandingkan dengan basisdata struktur geometri. Hal ini dibuktikan dengan waktu eksekusi yang diperlukan basisdata struktur topologi lebih cepat dibandingkan basisdata struktur geometri.

Dalam menyelesaikan kasus terkait kadaster, basisdata struktur topologi hasil penelitian terbatas memberikan informasi. Hal ini dikarenakan kurangnya data spasial yang dilibatkan.

Untuk mencukupi kebutuhan informasi dan menyelesaikan kasus yang belum mampu diselesaikan basisdata hasil penelitian ini perlu ditambahkan informasi data spasial lantai lain dan data spasial koridor. Perlu diperhatikan, data spasial lantai dua objek ruang tidak langsung berbatasan dengan atap ruang di lantai satu. Ada jarak yang merupakan tebal lantai yang perlu diperhitungkan jika akan menyempurnakan basisdata struktur topologi penelitian ini. Kemudian untuk objek koridor perlu dipisah menjadi beberapa bagian pada setiap belokan. Perlu diperhatikan penentuan titik yang membagi koridor pada belokan.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Pertanahan Nasional (BPN) yang menyediakan data spasial Rusun Plasa Simpanglima Semarang, segenap pengelola program pascasarjana Teknik Geomatika UGM dan rekan-rekan program pascasarjana Teknik Geomatika UGM atas bantuan dan dukungan yang diberikan kepada penulis selama penelitian.

Daftar Pustaka

- Anonim. 2011. *Undang-Undang Nomor 20 Tahun 2011 tentang Rumah Susun*.
- Chen, T.K., Abdul-Rahman, A., dan Zlatanova, S., 2007, "3D Spatial Operations in Geo DBMS Environment for 3D GIS", Ed. Gervasi, O. and Gavrilova, M., ICCSA 2007, LNCS 4705, Part I, pp. 151–163, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- Chen, T.K., Abdul-Rahman, A., dan Zlatanova, S., 2008, "3D Spatial Operations for Geo-DBMS : Geometry Vs. Topology", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Science*, Vol. XXXVII, Part B2, Beijing.
- Butwilowski, E. dan Breunig, M., 2010, "Requirements and implementation issues for a topology component in 3D geo-databases", *13th AGILE International Conference on Geographic Information Science*, Portugal.
- Cholis, N., 2008, "Kadaster Tiga Dimensi (3D) Untuk Kepentingan Pendaftaran Tanah Terhadap Hak Milik Atas Satuan Rumah Susun (HMASRS)", thesis, Teknik Geodesi, Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Egenhofer, M.J., Sharma, J., dan Mark, D.M., 1993, "A Critical Comparison of the 4-Intersection and 9-Intersection Models for Spatial Relations : Formal Analysis", Ed. McMaster, R. and Armstrong, M., *Autocarto 11*.
- Hendriatiningsih, S., Leksono, B.E., Meyke, L., Wisudanar, W., Ristiawan, A., dan Abdulharis, R., 2011, "The Study on the Utilisation of Spatial Unit above and beneath the Surface in Indonesia based on 3D Cadastre System", *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, Netherlands.
- Imrak, C.E., 2002, *Computer Aided Technical Drawing*, MAK 112E-4.
- Lee, S. dan Lee, J., 2010, "Efficient Topological Data Models for Spatial Queries in 3D GIS", *A special joint symposium of ISPRS Technical Commission IV & AutoCarto in conjunction with ASPRS/CaGIS 2010 Fall Specialty Conference*, Orlando, Florida.
- Marsh, D., 2005, *Applied Geometry for Computer Graphics and CAD*, Second Edition, Springer-Verlag, London, Berlin, Heidelberg.
- Stoter, J. dan Oosterom, P.V., 2006, *3D Cadastre in an International Context*, Taylor & Francis Group, New York.
- Ying, S., Guo, R., Li, L., Oosterom, P.V., Ledoux, H., Stoter, J., 2011, "Design and Development of a 3D Cadastral System Prototype based on the LADM and 3D Topology", *2nd International Workshop on 3D Cadastres*, Netherlands.
- Zichar, M. dan Szeghalmy, S., 2010, "Network Topology in 3D GIS", *Proceedings of the 8th International Conference on Applied Informatic Eger*, Vol.1, pp.211–219, Hungary.

Pemanfaatan Terintegrasi Data Citra Satelit dan SIG dalam Mendukung Kebijakan Pengelolaan Pertanahan

Budi Jaya Silalahi ^a, Irawan Sumarto ^b, Asmadi Adnan ^c,
Purnomo Hadi ^d, Faus Tinus Handi Feryandi ^e

^a Staff Direktorat Pemetaan Dasar, Deputi Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan, BPN RI (✉)
Jln. Kuningan Barat I No. 1 Jakarta Selatan, Telp. +062-021-5202328, Email: budijayasilalahi@gmail.com

^b Deputi Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan, BPN RI

^c Kasubdit Wilayah Pesisir, Pulau-Pulau Kecil dan Kawasan Tertentu, BPN RI

^d Kasi Wil. Pesisir, BPN RI

^e Staff Direktorat Pemetaan Dasar

Abstract

Satellite imagery has been widely applied in various fields including in land management and administration area. As a source of basic data for geospatial-based infrastructure, satellite imagery can be used as a land base map and its derivatives. By integrating GIS into that satellite imagery usage, information will be more complete and useful. This paper will discuss in general the use of integrated satellite image data and GIS to support land management policies. The data used is high-resolution satellite imagery namely Global Base Map (GBM). GBM is a set of ortho-ready satellite images consists of World View (WV) -1 and 2 and Quick Bird with multiple date of acquisition ranging from 2009 to 2011 making them still relevant to use. The paper will elaborate the potential use of GBM and GIS. As result, it can be concluded that such kind of data integration can support National Land Agency's strategic plans and implementation, such as supporting enforcement wastelands, supporting Larasita program and settling land disputes and conflicts.

Keywords: satellite imagery, base map, GIS, Global Base Map, World View, Quick Bird, data integration, the National Land Agency, strategic plans

PENDAHULUAN

“Bumi dan Air dan Kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat”. Bunyi dari Pasal 33 ayat (3) UUD 1945 adalah pondasi dari disahkannya Undang-undang Nomor 5 Tahun 1960 tentang Peraturan Dasar Pokok-Pokok Agraria atau yang lebih dikenal dengan UUPA. Selama rentang 52

tahun berlakunya UUPA ini, apakah tujuan tanah untuk sebesar-besarnya kemakmuran rakyat telah tercapai?

Pertanyaan pada paragraf diatas mengemuka dalam Amanat Kepala Badan Pertanahan Nasional RI pada Acara Peringatan Hari Agraria Nasional Ke-52 pada tanggal 24 September 2012 yang lalu. Pertanyaan tersebut tentu saja membutuhkan jawaban yang pasti, khususnya diseluruh jajaran BPN RI yang mempunyai kewenangan dalam kebijakan dan pengelolaan pertanahan.

Implementasi dari solusi pertanyaan tersebut, ditinjau dari aspek geospasial adalah tersedianya infrastruktur pertanahan dan informasi dasar pertanahan berupa

peta-peta pertanahan yang lengkap, valid dan terpercaya. Adanya peta-peta pertanahan yang memenuhi ketiga kriteria tersebut sangat besar kontribusinya dalam pengembangan kebijakan dan pendukung pengambilan keputusan pro rakyat berbasis spasial pertanahan.

METODOLOGI

Penulisan makalah ini bersifat implementasi dari penggunaan citra satelit resolusi tinggi yang terintegrasi dengan SIG sehingga dapat dimanfaatkan untuk mendukung kebijakan pengelolaan pertanahan.

Data yang digunakan adalah data citra Global Base Map (GBM) yaitu gabungan dari citra satelit resolusi tinggi terdiri dari World View 1 dan 2 serta Quick Bird dengan tahun pengambilan data 2009 sampai dengan 2011. Dengan dikombinasikan terhadap beberapa data hasil survei lapangan, informasi pada citra tersebut akan lebih lengkap dan bermanfaat.

PEMANFAATAN CITRA SATELIT RESOLUSI TINGGI

Salah-satu sumber ketersediaan infrastruktur pertanian adalah dengan memanfaatkan citra satelit resolusi tinggi. Citra satelit resolusi tinggi didefinisikan sebagai citra satelit yang mempunyai resolusi spasial berupa ukuran piksel yang relatif kecil sehingga dapat menggambarkan bagian permukaan bumi secara detil dan halus¹. Pada umumnya, citra satelit resolusi tinggi adalah citra satelit dengan resolusi spasial ≤ 5 meter. Beberapa citra satelit resolusi tinggi yang telah dikenal dan dimanfaatkan diantaranya adalah Ikonos-2 yang dioperasikan oleh Geoeye (tahun 1999) dengan resolusi spasial 1 m, Quick Bird-2 yang dioperasikan oleh Digital Globe (tahun 2001) dengan resolusi spasial 0,6 m, SPOT-5 yang dikembangkan oleh *Centre National d'etudes Spatiales* (CNES), Prancis pada tahun 2002 dengan resolusi spasial 5 m, Geo Eye-1 dengan resolusi spasial 0,41 meter (2008), dan World View-1 dan 2 (WV-1 & WV-2) yang dioperasikan oleh Digital Globe sejak tahun 2007 dengan resolusi spasial 0,5 m.

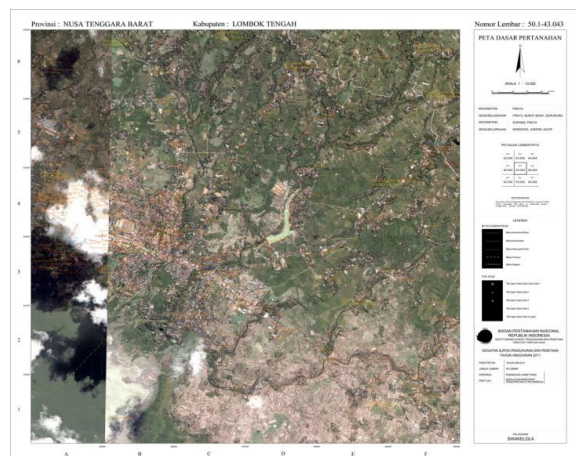
Pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi seperti yang disebutkan diatas telah banyak dilakukan untuk berbagai kegiatan, baik oleh sektor swasta maupun pemerintahan. Pemanfaatan tersebut diantaranya dalam bidang kajian analisis perubahan penggunaan lahan, kehutanan, pertambangan, pengelolaan sumber daya alam, pertanian dan pertanahan. Banyak manfaat yang dapat diperoleh dengan menggunakan data citra satelit resolusi tinggi, seperti informasi yang ditampilkan oleh citra satelit adalah informasi riil di lapangan, sebagai peta kerja, sebagai pedoman dalam melakukan suatu perencanaan dan menginventarisir data yang dibutuhkan oleh pengguna.

Pada tahun 2011, Direktorat Pemetaan Dasar, Kedeputusan Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan, BPN RI membeli data spasial dalam bentuk Peta Citra Format Sederhana Berbasis Web. Peta Citra Format Sederhana Berbasis Web, atau yang dikenal dengan *Web Based Simple Imagery Map* (WeBSIM), meliputi wilayah daratan NKRI. WeBSIM atau lebih dikenal dengan Global Base Map (GBM) adalah sekumpulan citra satelit resolusi tinggi yang terdiri dari citra WV-1, WV-2 dan Quick Bird dengan tahun pengambilan data dari rentang tahun 2009 s/d 2011 sehingga masih cukup *up to date* untuk mensupport data pertanahan pada saat ini. Keseluruhan citra GBM telah terortorektifikasi dan bergeoreferensi sehingga dapat langsung digunakan. Meskipun tidak semua wilayah daratan terliput oleh citra ini, namun tidak mengurangi fungsinya sebagai data dasar pengembangan peta-peta pertanahan yang

lengkap, valid dan terpercaya. Untuk menutup wilayah daratan yang masih 'bolong' digunakan citra satelit SPOT-5 ataupun Ikonos, sehingga pada akhirnya seluruh wilayah daratan NKRI tercakup oleh data citra satelit resolusi tinggi. Tampilan dari ketersediaan citra GBM dan tampilan Peta Dasar Pertanahan menggunakan citra GBM ini dapat dilihat pada Gambar 1 dan 2.



Gambar 1. Ketersediaan Citra GBM Indonesia



Gambar 2. Contoh Format Peta Dasar Pertanahan Dengan Keterangan Obyek Hasil Survei Toponimi

Oleh BPN RI, GBM telah digunakan sebagai peta dasar pertanahan yang dikombinasikan dengan produk dari kegiatan survei toponimi sehingga mampu memberikan informasi yang lengkap. Kemudahan akses layanan (service) citra dengan perangkat lunak SIG yang dapat menerima layanan citra memanfaatkan protokol data WMS (Web Map Service) memungkinkan satuan kerja BPN untuk mengakses dan memanfaatkan citra tersebut dalam berbagai pemanfaatan yang mendukung pelayanan pertanahan.

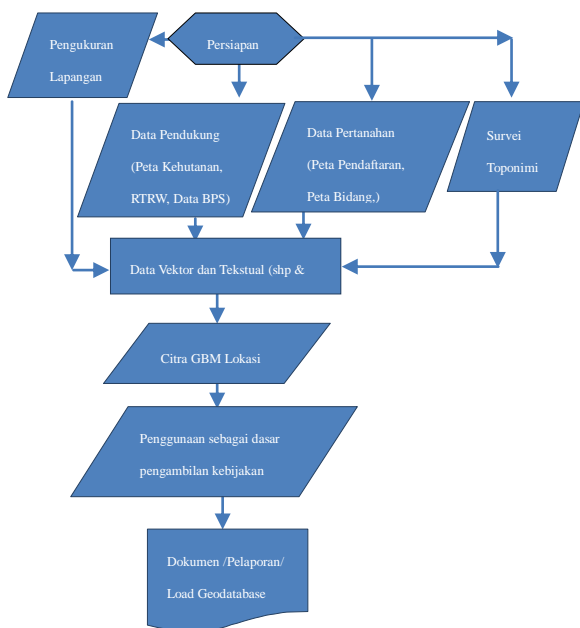
SIG DALAM MENGENAL CITRA SATELIT

Citra satelit resolusi tinggi akan terasa kurang bermanfaat apabila hanya berupa data raster belaka dan tidak memberikan informasi grafis maupun tekstual yang terkini. Informasi grafis dan tekstual dapat dilakukan dengan beberapa metode, seperti melakukan pengukuran langsung di lapangan menggunakan peralatan survei dan pemetaan, misal

¹ Prahasta, E, *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*, Informatika, 2009

Total Station, Geodetic GPS ataupun menggunakan peralatan Geodetic Navigasi (handheld GPS).

Dengan menggunakan handheld GPS dan dilengkapi oleh camera digital, pelaksanaan updating data citra satelit dapat dilakukan. Kegiatan ini dikenal dengan istilah Survei Toponimi. Toponimi itu sendiri berarti usaha manusia untuk memberikan nama-nama terhadap unsur-unsur geografis seperti sungai, bukit, gunung, lembah, pulau, teluk, laut bahkan terhadap nama daerah yang ditempatinya, seperti nama permukiman, nama desa, nama kampung, nama kota, nama jalan dan lain sebagainya². Dengan demikian, survei toponimi didefinisikan sebagai survei pengumpulan dan pencatatan nama unsur geografis/obyek toponimi sebagai dasar pemberi informasi tekstual pada peta citra. Pengkombinasian metode digitasi ataupun pengukuran langsung di lapangan sangat bermanfaat sehingga informasi peta citra akan semakin lengkap, karena berisi informasi berupa data vektor maupun data tekstual (tabular). Diagram alir integrasi data citra dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. Diagram Integrasi Citra Satelit dengan SIG

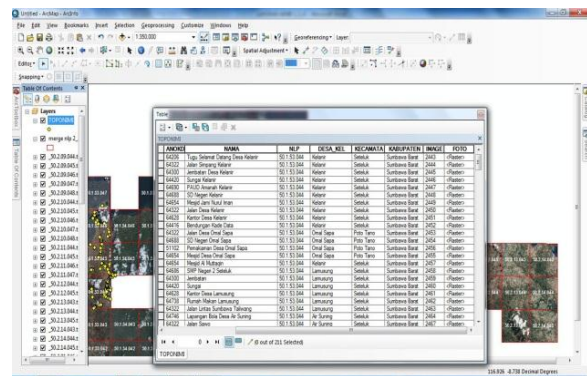
PEMANFAATAN HASIL INTEGRASI DATA CITRA SATELIT DAN SIG DALAM Mendukung PROGRAM STRATEGIS BPN

Seperti yang telah dijelaskan pada bagian pendahuluan, apakah pengelolaan pertanahan telah memberikan kemakmuran sebesar-besarnya terhadap rakyat? Maka, terobosan kedepan adalah memanfaatkan perkembangan teknologi survei dan pemetaan serta aplikasinya untuk mendesain program

pertanahan dengan memanfaatkan ketersediaan data citra satelit yang telah dikombinasikan dengan SIG.

Misalnya, dalam memanfaatkan sumber daya alam secara efisien dan berkelanjutan, produk turunan dari peta dasar yang dihasilkan dapat berupa Peta Sebaran Lokasi Tanah Pertanian/Perkebunan/Sumber Mineral di suatu lokasi. Dengan mengetahui luasan kawasan pertanian, dapat diestimasi kemampuan atau potensi daerah dalam mencukupi kebutuhan pangan penduduknya. Demikian pula untuk Peta Sebaran Lokasi Sumber Mineral, dapat dilakukan “cluster” terhadap lokasi-lokasi pertambangan, sehingga pemberian ijin lokasi pertambangan tidak tumpang tindih dengan kawasan budidaya, sehingga mampu dijaga kelestarian lingkungannya. Selain itu, potensi cadangan mineral di suatu lokasi dapat diestimasi rentang waktu pemanfaatannya.

Hasil integrasi data citra satelit dengan SIG dapat digunakan untuk mendukung iklim investasi di suatu lokasi. Dengan mengetahui jumlah penduduk, komposisi usia produktif, informasi kondisi infrastruktur jalan, fasilitas fasum fasos dan kepastian kepemilikan terhadap status tanah maka pihak pemerintah setempat dapat memanfaatkan informasi tersebut sebagai dasar menetapkan jenis investasi apa yang cocok dikembangkan di wilayahnya. Mengingat setiap aktivitas usaha, baik skala besar maupun kecil pasti membutuhkan tanah dalam menjalankan aktivitasnya, Dengan adanya sistem pengelolaan dan pengalokasian pertanahan yang transparan, efektif dan efisien dapat mendukung iklim investasi yang sehat dan dinamis yang pada muaranya mampu memberikan kesejahteraan kepada masyarakat. Contoh integrasi data citra satelit dengan SIG dapat



dilihat pada gambar dibawah ini.

Gambar 4 Integrasi Data Citra Satelit dengan SIG

Data spasial yang lengkap beserta informasi tekstual yang melingkupinya dapat digunakan untuk memberikan kepastian terhadap bahaya laten pertanahan, yaitu terjadinya sengketa, perkara dan konflik pertanahan. Berdasarkan data teridentifikasi sebanyak 7.491 permasalahan pertanahan yang tersebar di seluruh wilayah tanah air, terdiri dari 4.581 sengketa, 858 konflik dan 2.052 perkara

² Rais, J, *Arti Penting Penamaan Unsur Geografi, Definisi, Kriteria dan Peranan PBB dalam Toponimi*

pertanahan³. Dengan perkembangan teknologi di bidang survei dan pemetaan, memungkinkan untuk melakukan pendataan terhadap permasalahan pertanahan tersebut. Misalnya, terhadap tanah-tanah yang masih dalam status sengketa dilakukan pengelompokan berdasarkan jenis sengketanya. Apakah sengketa timbul karena adanya tumpang tindih lahan, bukti kepemilikan (riwayat tanah) yang dimiliki, bentuk bidang tanah yang berubah ataupun hilangnya tanda batas bidang tanah.

Informasi yang dihasilkan dari produk turunan berupa Peta Sebaran Lokasi Sengketa Pertanahan akan memudahkan tim penyelesaian sengketa untuk mengetahui secara pasti letak, posisi dan bentuk fisik bidang tanah yang bersengketa. Dengan demikian, tim khusus penyelesaian sengketa pertanahan dapat memanfaatkan data hasil integrasi tersebut untuk membuat skala prioritas penyelesaian sengketa pertanahan.

Peta Dasar Pertanahan yang lengkap berbasis citra dapat digunakan untuk mendukung program Larasita yang sudah berjalan. Segenap jajaran BPN bersama masyarakat dapat melakukan pemetaan partisipatif, yaitu bersama-sama melihat bentuk bidang tanah di atas lembar peta citra yang dihasilkan. Karena peta tersebut telah berisi beragam informasi, maka proses pemetaan partisipatif dapat lebih memudahkan masyarakat untuk mengenali bidang tanahnya sehingga dapat mengefektifkan pegawai BPN di lapangan dalam mempersiapkan proses pendaftaran tanah yang akan dilakukan. Dengan demikian, untuk wilayah-wilayah yang jauh dari jangkauan Kantor Pertanahan, masyarakat dapat memperoleh informasi letak, posisi dan bentuk bidang tanahnya dengan lebih cepat yaitu dengan memanfaatkan informasi yang tersedia diatas citra satelit.

Hasil integrasi data citra satelit dan SIG lainnya adalah digunakan untuk pembuatan Peta Pendaftaran Tanah. Peta Pendaftaran Tanah adalah peta yang menggambarkan bidang atau bidang-bidang tanah untuk keperluan pembukuan tanah⁴.

Sudah selayaknya peta pendaftaran sebagai dasar pembukuan tanah memiliki informasi yang lengkap tidak hanya berupa bidang atau sekumpulan bidang tanah melainkan juga informasi penggunaan tanahnya, pemanfaatan tanahnya dan informasi situasi sekitarnya lengkap diatas citra satelit sehingga kepastian obyek bidang tanah semakin pasti dan memudahkan dicari solusinya apabila dikemudian hari timbul sengketa batas bidang tanah.

Dengan resolusi spasial yang dimiliki oleh GBM yaitu sebesar 0,5 m, maka dapat digunakan untuk pembuatan peta pendaftaran hingga skala 1:1000.

Apabila setiap kantor pertanahan mampu memanfaatkan citra GBM ini untuk pembuatan peta pendaftaran skala 1:1000 atau 1:2.500, dapat dibayangkan berapa banyak bidang-bidang tanah hasil pengukuran lapangan yang tidak akan “melayang-layang” lagi posisi, bentuk dan letaknya.

KESIMPULAN DAN SARAN

Pemanfaatan teknologi di bidang survei dan pemetaan mutlak dilaksanakan oleh segenap jajaran BPN dalam mendukung program rencana strategis BPN ke depan. Teknologi dapat dimanfaatkan untuk mempermudah proses pendaftaran tanah. Peta-peta pertanahan akan mempunyai nilai lebih apabila mempunyai informasi yang lengkap, valid dan terpercaya. Dengan memanfaatkan terintegrasi data citra satelit dan SIG, distribusi spasial intensitas penggunaan tanah di Indonesia dapat diketahui lebih pasti, letak, posisi dan bentuk bidang tanah tegas dapat ditetapkan, status bidang tanah dapat lebih pasti diketahui, serta secara makro, adanya tanah terlantar, pemberian ijin lokasi yang tidak tepat sasaran, sengketa ataupun konflik pertanahan yang mengandung potensi kerugian ekonomi dapat dikurangi bahkan dicegah pada masa mendatang.

Dari hasil kajian diperoleh beberapa rekomendasi berupa saran terkait pemanfaatan data citra satelit dan SIG dalam mendukung pengelolaan kebijakan pertanahan diantaranya bahwa peningkatan sumber daya masyarakat di jajaran kantor pertanahan supaya ‘melek’ teknologi sehingga dapat melakukan proses pengolahan data digital maupun dapat mendukung program komputerisasi kantor pertanahan, pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi GBM dapat digunakan sebagai dasar pembuatan peta dasar pertanahan maupun sebagai dasar pekerjaan pendaftaran tanah, supaya kantor pertanahan dapat melakukan proses pemutakhiran data spasial pertanahannya mengingat proses dan pengolahan datanya tidak serumit yang diperkirakan, dan memanfaatkan Sistem Informasi Geografis sebagai solusi dalam mendukung kebijakan pengelolaan pertanahan dimana sistem ini mempunyai berbagai kelebihan dalam melakukan pengolahan, manipulasi dan analisis data pertanahan.

Ucapan terima kasih

Penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- DR. Irawan Sumarto, Deputy Bidang Survei, Pengukuran dan Pemetaan, BPN RI yang telah memberikan masukan dan saran dalam penulisan makalah ini;
- Ir. Asmadi Adnan, Msi, Kasubdit Wilayah Pesisir, Pulau-Pulau Kecil dan Kawasan Tertentu yang

³ Rencana Strategis BPN RI 2010-2014

⁴ PP NO 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah

selalu mendukung penulis dalam berdiskusi sehingga menambah wawasan mengenai pengelolaan pertanahan;

- Purnomo Hadi, ST selaku Kasi Wilayah Pesisir yang mendukung penulis dalam menyelesaikan makalah
- Faus Tinus Handi Feryandi, ST., MSc selaku teman penulis yang senantiasa memberikan saran, diskusi dan data sehingga makalah ini dapat terselesaikan;
- Rekan-rekan di Direktorat Pemetaan Dasar yang telah berkontribusi terhadap data yang diperlukan penulis.

Republik Indonesia,
http://www.bpn.go.id/CMSTemplates/getattachmen t.aspx?id=188b01ee-5664-4dd2-b67a-8e4071a5a141&f=Renstra%202010_Bab%20I.pdf (akses tgl 7 November 2012).

Daftar Pustaka (Heading 2)

Berke, P.R, et.al, 2006, Urban Land Used Planning (Fifth Edition), University of Illinois.

Dunn, W.N, 2001, Pengantar Analisis Kebijakan Publik, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Prahasta, E., 2009, Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika), Penerbit Informatika, Bandung.

Rais, J., 2006, “Arti Penting Penamaan Unsur Geografi, Definisi, Kriteria dan Peranan PBB dalam Toponimi”,
<http://geodesy.gd.itb.ac.id/wedyanto/wp-content/uploads/2006/12/arti-penting-penamaan-unsur-geografi.pdf> (akses tgl 7 November 2012)

Utomo, P., S, Analisis Pemanfaatan Citra Satelit ALOS-PRISM Sebagai Dasar Pembuatan Peta Pendaftaran Tanah, Paper,
<http://digilib.its.ac.id/public/ITS-Undergraduate-16285-3507100010-Paper.pdf> (akses tgl 7 November 2012)

Anonim, 2005, Kebijakan, Pengelolaan dan Administrasi Pertanahan,
<http://siteresources.worldbank.org/INTINDONESIA/Resources/Publication/280016-1106130305439/617331-1110769011447/810296-1110769073153/Landpolicy.pdf> (akses tgl 7 November 2012).

PP No 24 Tahun 1997 Tentang Pendaftaran Tanah.

Rencana Strategis Badan Pertanahan Nasional

Pembangunan Model Distribusi Populasi Penduduk Pada Sistem Grid Skala Ragam (Studi Kasus: Wilayah Bandung)

Reneica Ayu Pratiwi^a, Akhmad Riqqi^b, R. Driejana^c

^a Alumni Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FITB-ITB
Telp. +062-815-73166678, Email: reneicaap@yahoo.com

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FITB-ITB

^c Staf Pengajar Jurusan Teknik Lingkungan FTSL-ITB

Abstract

To see the distribution of population in some areas need a correlation between population and landuse/landcover data. From existing statistical population data, the value of population data just represented in homogenously value by administrative areas. Therefore, need to create a model of spatial population distribution according the landuse/landcover data to see the visualisation of distribution of population in some areas that can be used for many necessary. Multiscale grid system applicable for storage data of spatial population distribution data. The resolution of grid scale system that used in this research is 5" x 5" (0.155 x 0.155 km) with Bandung areas for the case study. To modeling spatial population distribution needed to joining some data such as landuse/landcover data, administrative boundary data, and statistical population data in Bandung. With mathematical approximation model we can figuring out the value of population density in each grid cells for each administration area by include the weight parameters for every class of landuse/landcover data. Then, those value of population density in each grid can be visualize in gradual and spatial map to get the information of population distribution in Bandung areas.

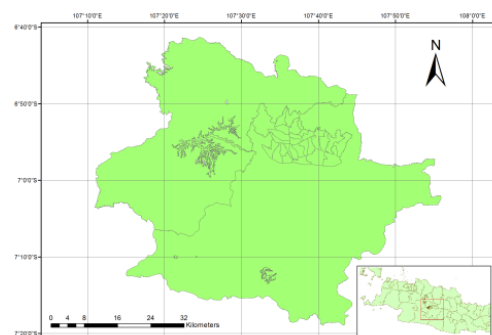
Keywords: Multiscale Grid System, Landuse/landcover, Population Distribution

Pendahuluan

Jumlah populasi penduduk pada suatu wilayah berpengaruh pada tingkat kebutuhan akan lahan di wilayah tersebut. Informasi mengenai populasi jumlah penduduk secara spasial diperlukan untuk berbagai penelitian, seperti penelitian penentuan kualitas udara dan lain sebagainya. Dari perolehan data statistik jumlah populasi penduduk dari BPS (Badan Pusat Statistik) hanya dihitung dan disajikan secara statistik berdasarkan wilayah administrasi secara homogen. Sedangkan kenyataan di lapangan distribusi penduduk tiap wilayah administrasi tidak merata di seluruh wilayah tersebut. Untuk itu perlu dibangun suatu sistem yang dapat memberikan informasi mengenai distribusi populasi penduduk secara spasial.

Penyimpanan data spasial yang dapat merepresentasikan fenomena geografis yang bersifat kontinyu dan berubah secara gradual, seperti halnya distribusi populasi penduduk digunakan sistem grid skala ragam. Sistem grid merupakan struktur dua dimensi yang terbentuk dari rangkaian perpotongan garis vertikal dan horizontal yang mempartisi suatu wilayah, dimana setiap wilayah memiliki satu titik

yang saling terhubung (Sahr, dkk, 2003). Sistem grid skala ragam memiliki resolusi yang bertambah secara monoton (skala ragam), semakin tinggi resolusi grid maka jumlah sel semakin bertambah. Wilayah penelitian berada di wilayah Bandung (Kota dan Kabupaten Bandung) pada posisi geografis: 107° 11' 00" BT- 107° 54' 00" BT dan 6° 41' 00" LS - 7° 19' 00" LS (gambar 1).



Gambar 1. Lokasi Penelitian (Wilayah Bandung)

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat model matematis yang dapat digunakan untuk memberikan informasi distribusi populasi penduduk suatu wilayah tertentu di wilayah Bandung secara spasial dengan

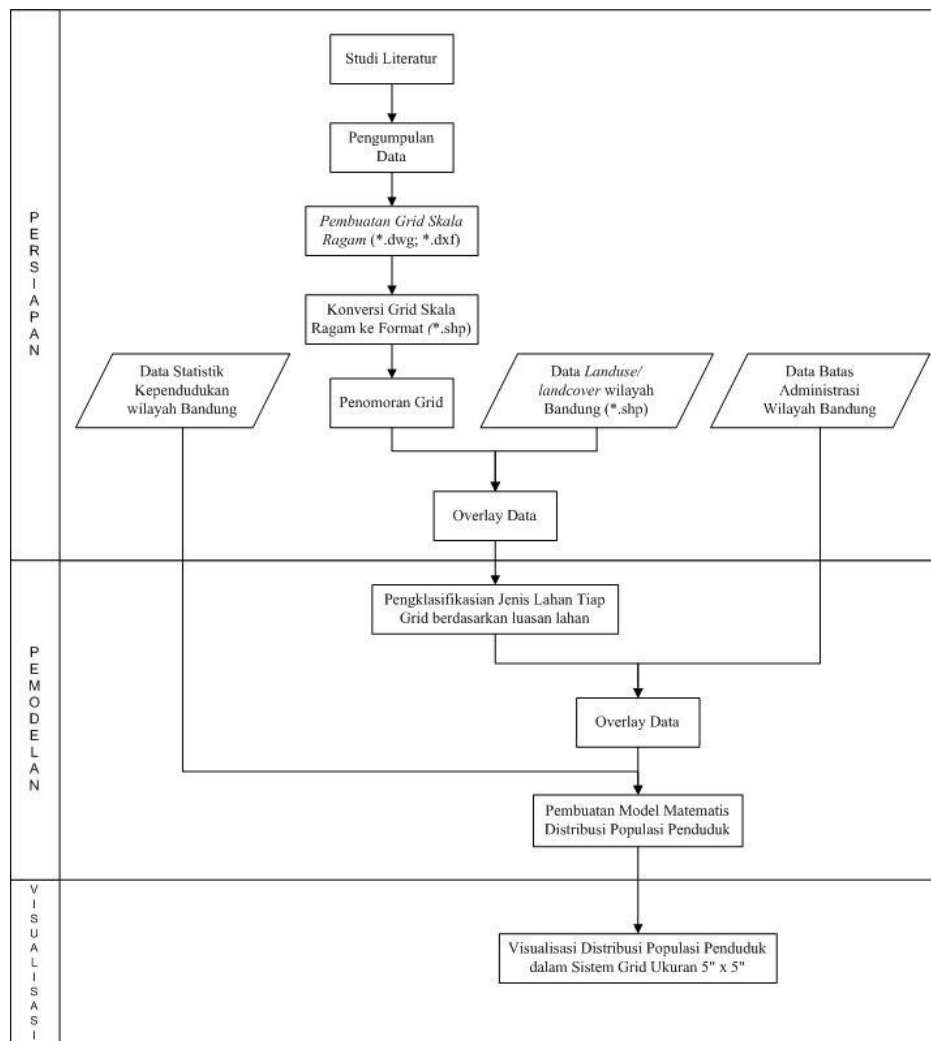
menggunakan sistem grid skala ragam berdasarkan data statistik populasi jumlah penduduk, data batas administrasi, dan data tutupan dan penggunaan lahan (*landuse/landcover*).

Metodologi

Data-data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data statistik kependudukan wilayah Bandung tahun 2006, data *landuse/landcover* wilayah Bandung tahun 2006 (skala 1:5000), dan data batas administrasi wilayah Bandung. Dalam pembuatan model

matematis distribusi populasi penduduk, tahapan awal yang dilakukan adalah pembuatan grid skala ragam. ukuran grid yang digunakan dalam penelitian ini adalah ukuran 5" x 5". Kemudian dilakukan penggabungan data *landuse/landcover* dan selanjutnya dilakukan pengklasifikasian jenis lahan tiap grid berdasarkan dominansi dari luas lahan.

Pembuatan model matematis dilakukan setelah seluruh data digabungkan. Tahapan terakhir adalah visualisasi dari sebaran populasi penduduk di wilayah Bandung pada sistem grid skala ragam. Tahapan metodologi penelitian dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Pembuatan Grid Skala Ragam Wilayah Bandung

Dari penelitian sebelumnya yang telah dilakukan oleh Fitria (2009) dan Sofiyanti (2010) tentang pembangunan sistem grid wilayah Indonesia, datum geodetik yang digunakan dalam sistem grid ini adalah DGN (Datum Geodesi Nasional) 1995 dengan parameter-parameter elipsoid $a = 6,378,137.00$ m dan $1/f = 298.257223563$. Sedangkan sistem koordinatnya adalah sistem koordinat geodetik, lintang dan bujur. Titik (90° BT, 15° LS) kemudian ditetapkan sebagai

titik asal (*origin*) sistem koordinat grid pada sistem grid skala ragam untuk data lingkungan Indonesia (BAKOSURTANAL, 2005).

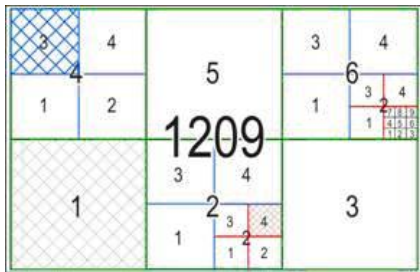
Tahapan pembangunan sistem grid skala ragam dimulai dari pembuatan grid dengan resolusi terbesar $1^\circ \times 1^\circ 30'$ sampai $5'' \times 5''$ dengan menggunakan perangkat lunak *AutoCAD Land Desktop 2009* yang kemudian dikonversi kedalam format *.shp. Pembuatan grid dibuat berdasarkan pembagian ukuran resolusi grid yang disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Ukuran Grid beserta Resolusinya

Ukuran Lintang	Ukuran Bujur	Cakupan grid (KM)
30'	30'	55,661 x 55,661
15'	15'	27,831 x 27,831
7' 30"	7' 30"	13,916 x 13,916
2' 30"	2' 30"	4,639 x 4,639
30"	30"	0,900 x 0,900
5"	5"	0,155 x 0,155

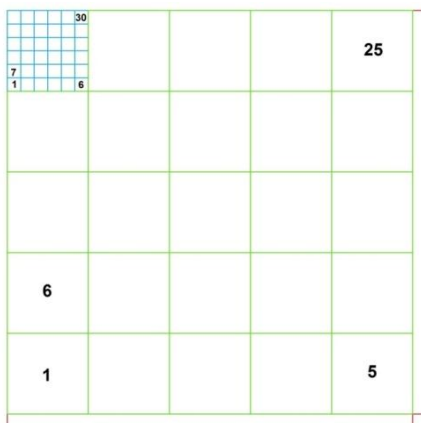
Keterangan : 1° ≈ 111,322 km (Sofiyanti, 2010)

Setelah pembuatan grid selesai dilakukan hingga resolusi terkecil, selanjutnya dilakukan penomoran grid pada tiap-tiap grid. Penomoran grid bertujuan untuk memudahkan pencarian lokasi suatu daerah atau wilayah tertentu di dalam sistem grid Indonesia. Untuk skema penomoran grid dapat dilihat pada



Gambar 3.

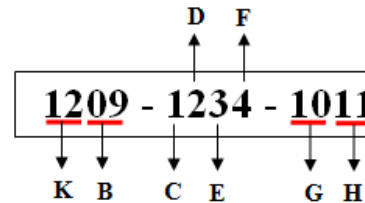
Gambar 3. Skema Penomoran Grid (1° x 1° 30' hingga 2'30" x 2'30") (Fitria, 2009)



Gambar 4. Skema Penomoran Grid ukuran 30" x 30" dan 5" x 5"

Untuk penomoran grid, dilakukan berurutan mulai dari: grid dengan ukuran grid 1° x 1° 30' dengan penomoran tiap 1° 30' bujur dari 90° BT -144° BT dengan angka 1-36, penomoran 1° lintang dari 15° LS - 10° LU dengan angka 1 - 25; ukuran grid 30' x 30' penomoran dari angka 1 - 6 mulai dari pojok kiri bawah; ukuran grid 15' x 15' penomoran dari angka 1

- 4 mulai dari pojok kiri bawah; ukuran grid 7' 30" x 7' 30" penomoran dari angka 1-4 mulai dari pojok kiri bawah; ukuran grid 2' 30" x 2' 30" penomoran dari angka 1-9 mulai dari pojok kiri bawah; ukuran grid 5" x 5" penomoran dari angka 1-900 mulai dari pojok kiri bawah (Gambar 3., Gambar 4., Gambar 5.).



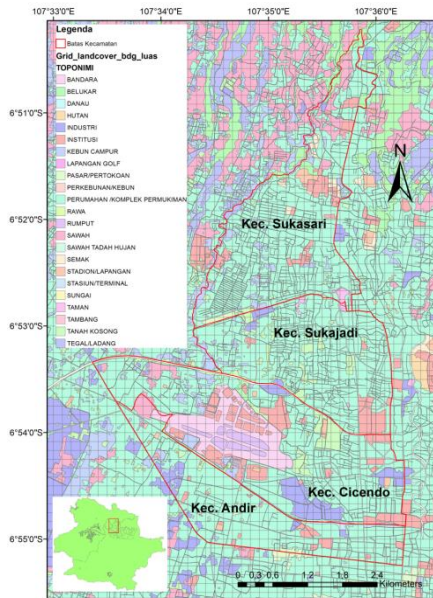
Gambar 5. Contoh Penomoran Grid (Sofiyanti, 2010)

Keterangan:

- K : Nomor kolom grid ukuran (1° x 1° 30'). Semakin ke kanan nilai K akan semakin besar.
- B : Nomor baris grid ukuran (1° x 1° 30'). Semakin keatas nilai B akan semakin besar.
- C : Nomor urut grid ukuran (30' x 30') pada grid ukuran (1° x 1° 30').
- D : Nomor urut grid ukuran (15' x 15') pada grid ukuran (30' x 30').
- E : Nomor urut grid ukuran (7'30" x 7'30") pada grid ukuran (15' x 15').
- F : Nomor urut grid ukuran (2'30" x 2'30") pada grid ukuran (7'30" x 7'30").
- G : Nomor urut grid ukuran (30" x 30") pada grid ukuran (2'30" x 2'30"). Nilai G ini merupakan penambahan atau modifikasi dari sistem penomoran grid skala ragam untuk data lingkungan Indonesia yang dikembangkan oleh Fitria, 2009. Sehingga akan menambah 1 digit pada penomoran.
- H : Nomor grid ukuran 5" x 5" pada grid ukuran 30" x 30".

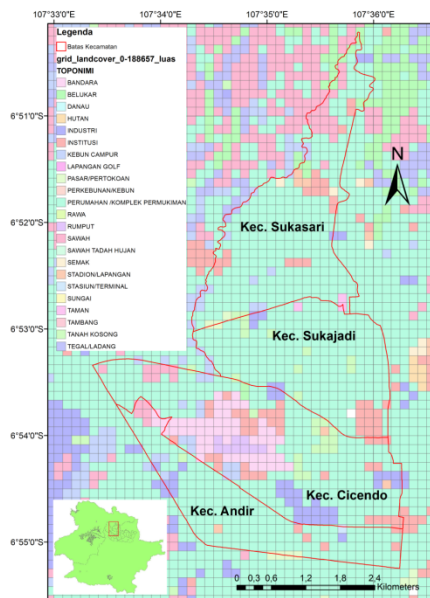
Penggabungan Data *Landuse/ landcover* dan Batas Administrasi Wilayah Bandung dengan Data Grid Skala Ragam Wilayah Bandung

Pada tahapan ini dilakukan penggabungan data grid skala ragam wilayah Bandung yang telah dibuat pada tahapan sebelumnya dengan data *landuse/landcover* wilayah Bandung yang telah berformat *shapefile* (*.shp). Penggabungan data ini bertujuan untuk menggabungkan data-data spasial dan non-spasial dari data grid skala ragam dengan data *landuse/landcover*. Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa pada satu sel grid bisa memiliki satu atau lebih kelas lahan berdasarkan data *landuse/landcover*.



Gambar 6. Contoh Hasil Penggabungan Data Sistem Grid Skala Ragam dengan Data Landuse/landcover

Tahap selanjutnya adalah pengklasifikasian kelas lahan untuk setiap grid. Pengklasifikasian kelas lahan untuk masing-masing grid ini dimaksudkan agar setiap grid hanya memiliki satu kelas lahan (gambar 7). Hal ini bertujuan untuk menghindari adanya data yang duplikasi, sehingga nomor grid masih bisa dijadikan indentifier (ID) untuk setiap grid. Pengklasifikasian/penyortiran grid per tiap kelas lahan ini dilakukan berdasarkan luasan kelas lahan yang terbesar atau dominan.



Gambar 7. Contoh Hasil Klasifikasi Kelas Lahan Tiap Grid

Setelah masing-masing grid dengan telah memiliki nomor grid dan kelas lahan untuk tiap grid, dilakukan penggabungan data dengan data batas administrasi. Di dalam satu grid bisa saja menyimpan satu atau

lebih kelas kecamatan.

Pembuatan Model Matematis Distribusi Populasi Penduduk

Untuk memperoleh nilai dari densitas populasi kependudukan berdasarkan data *landuse/landcover* ini dilakukan dengan metode pendekatan. Metode pendekatan yang digunakan adalah penyajian informasi kepadatan penduduk berdasarkan perbedaan tipe tutupan dan penggunaan lahan. Model matematika yang dijadikan sebagai pendekatannya adalah (Min, dkk, 2002):

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i D_i) \dots (1)$$

dimana:

P : jumlah penduduk total

A_i : luas area setiap tipe tutupan atau penggunaan lahan

D_i : kepadatan penduduk setiap tipe tutupan lahan atau penggunaan lahan

Tentu saja tingkat kepentingan data dari tiap tipe tutupan dan penggunaan lahan yang berpengaruh pada jumlah populasi suatu wilayah berbeda antara tipe yang satu dengan lainnya. Contohnya, keberadaan tipe lahan permukiman memiliki tingkat kepentingan yang tinggi dibandingkan dengan tipe lahan industri dalam penentuan jumlah populasi disuatu wilayah. Oleh karena itu untuk masing-masing tipe tutupan dan penggunaan lahan ditentukan tingkat kepentingan datanya (pembobotan). Semakin tinggi tingkat kemungkinan kelas lahan tersebut ditinggali, maka bobot yang diberikan juga akan semakin besar (tabel 2).

Setiap tipe tutupan lahan memiliki nilai lahan yang berbeda berdasarkan fungsi ekologi, fungsi sosial, dan fungsi ekonomi (Riqqi, 2008). Nilai bobot untuk masing-masing kelas lahan ini diperoleh dari proses ranking nilai selisih dari fungsi sosial lahan dengan fungsi ekonomi lahan (tabel 2).

Tabel 2. Fungsi Lahan (Riqqi, 2008) dan Bobot Kelas Lahan

Kelas Lahan	Fungsi Sosial	Fungsi Ekonomi	Σ Fungsi Sosial-Fungsi Ekonomi	Bobot
Danau	0.249957	0.244512	0.005445	0.05445
Rawa	0.031414	0.024122	0.007292	0.07292
Perkebunan	0.34205	0.32509	0.01696	0.1696
Sawah Tadah Hujan	0.289754	0.311516	0.021762	0.21762
Bandara	0.42994	0.45409	0.02415	0.2415
Stasiun	0.42994	0.45409	0.02415	0.2415
Hutan	0.20663	0.1544	0.05223	0.5223
Tegal/Ladang	0.34439	0.28391	0.06048	0.6048
Kebun Campur	0.34382	0.27979	0.06403	0.6403
Sungai	0.27121	0.17858	0.09263	0.9263
Sawah	0.38529	0.24712	0.13817	1.3817
Pasar/Pertokoan	0.53344	0.3827	0.15074	1.5074
Semak	0.45382	0.25891	0.19491	1.9491
Belukar	0.46751	0.25581	0.2117	2.117
Taman	0.46751	0.25581	0.2117	2.117
Tanah Kosong	0.52303	0.26716	0.25587	2.5587
Industri	0.31923	0.60299	0.28376	2.8376
Institusi	0.30524	0.59827	0.29303	2.9303
Rumput	0.5399	0.21913	0.32077	3.2077
Tambang	0.214842	0.585543	0.370701	3.70701
Lapangan Golf	0.62701	0.209	0.41801	4.1801
Stadion	0.62701	0.209	0.41801	4.1801
Perumahan	0.90187	0.065653	0.836217	8.36217

Dari pendekatan model matematis untuk memperoleh nilai densitas populasi penduduk pada persamaan 1, kemudian dibuatlah pendekatan model matematis baru dengan menambahkan parameter bobot untuk setiap tipe *landuse/landcover* sehingga diperoleh pendekatan model matematis berikut.

$$P = \sum_{i=1}^n (A_i W_i D_i) \quad \dots (2)$$

dimana:

- P : jumlah penduduk total
 A_i : luas area setiap kelas lahan dari data tutupan dan penggunaan lahan (*landuse/landcover*)
 D_i : kepadatan penduduk setiap kelas lahan dari data tutupan dan penggunaan lahan (*landuse/landcover*)
 W_i : bobot setiap kelas lahan

Misalnya terdapat j wilayah yang telah diketahui jumlah penduduknya, $j = 1, 2, 3, \dots, m$. Jumlah total penduduk untuk tiap wilayah didefinisikan dengan P_j.

Selanjutnya dapat didefinisikan terdapat i kelas *landuse/landcover*, $i = 1, 2, 3, \dots, n$. Dengan, W_{1,2,...,n} merupakan bobot kepentingan dari tiap-tiap kelas lahan *landuse/landcover*. Sedangkan, A_{ij} merupakan jumlah grid ukuran 5" x 5" untuk suatu kelas lahan pada tiap kecamatan. Sehingga berdasarkan pendekatan model matematis pada persamaan 2, didapatkan persamaan matematis distribusi populasi penduduk untuk masing-masing kecamatan di wilayah Bandung, adalah sebagai berikut:

$$P_1 = A_{11}W_1D_1 + A_{12}W_2D_2 + \dots + A_{1n}W_nD_n \dots (3)$$

$$P_2 = A_{21}W_1D_1 + A_{22}W_2D_2 + \dots + A_{2n}W_nD_n \dots (4)$$

$$P_m = A_{m1}W_1D_1 + A_{m2}W_2D_2 + \dots + A_{mn}W_nD_n \dots (5)$$

Untuk memperoleh nilai dari densitas populasi penduduk tiap kelas lahan masing-masing kecamatan digunakan persamaan matematis sebagai berikut:

$$A'_{ij} = A_{ij} \times W_i \quad \dots (6)$$

$$D_{ij} = \frac{\left(\frac{A_{ij}}{\sum A_{ij}} \times A_{ij} \right)}{A_{ij}} \times P_j \quad \dots \quad (7)$$

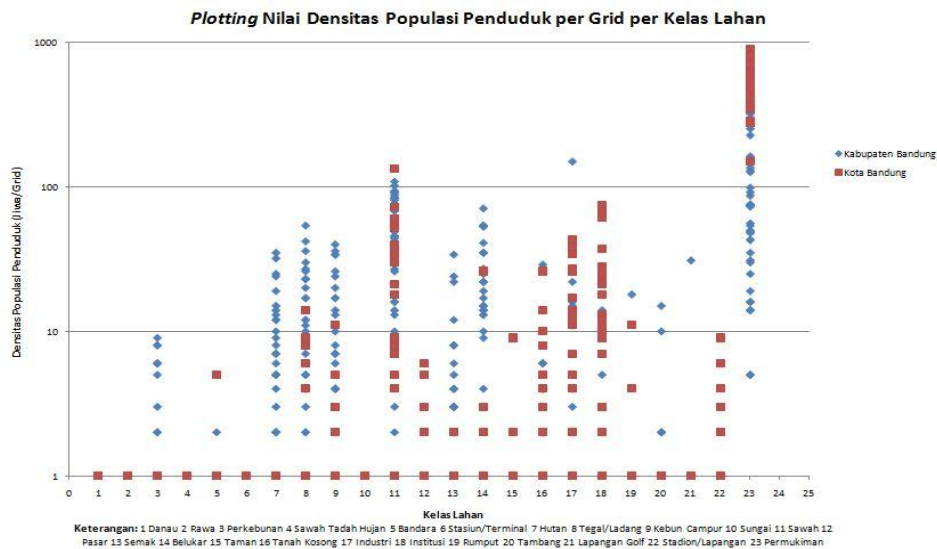
Dengan,

- D_{ij} : densitas populasi penduduk untuk setiap kelas lahan per kecamatan
- A_{ij} : jumlah grid setiap kelas lahan per kecamatan
- i : kelas lahan (*landuse/landcover*)
- j : kecamatan

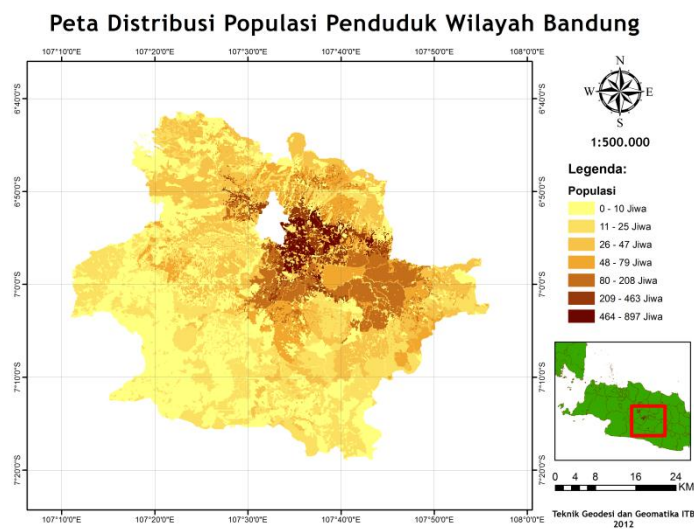
Dari persamaan 7 dapat diperoleh nilai densitas populasi penduduk per grid untuk tiap kelas lahan masing-masing kecamatan. Densitas populasi penduduk per grid tiap kelas lahan untuk satu kecamatan dengan kecamatan lain di wilayah Bandung dapat berbeda antar kecamatan.

Hasil dan Analisis

Dengan menggunakan persamaan matematis, didapatkan densitas penduduk dari masing-masing jenis lahan untuk setiap kecamatan (gambar 8). Dari gambar 8 dapat dilihat bahwa nilai dari densitas populasi penduduk untuk kelas lahan pada setiap kecamatan bervariasi. Dan perbedaan ini lebih jelas terlihat jika membandingkan kecamatan yang berada di Kota Bandung dengan kecamatan yang berada di Kabupaten Bandung. Hal ini terjadi akibat pengaruh dari variasi kelas lahan pada masing-masing kecamatan yang berbeda satu sama lain. Dari data densitas populasi tersebut dapat divisualisasikan sebaran distribusi populasi penduduk pada masing-masing kecamatan di wilayah Bandung (gambar 9).



Gambar 8. Grafik Distribusi Densitas Penduduk Pada Kecamatan di Wilayah Bandung (per Grid Kelas Lahan)

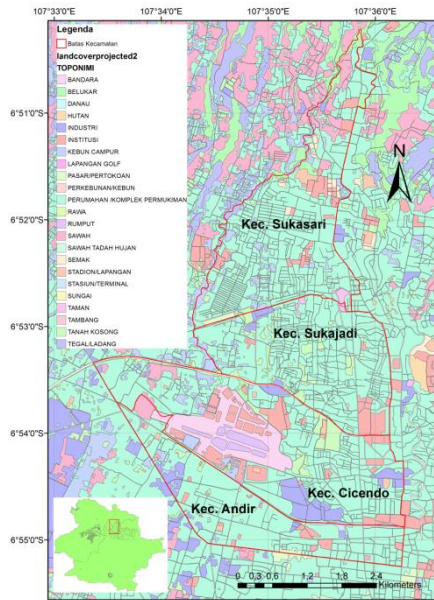


Gambar 9. Visualisasi Distribusi Populasi Penduduk Wilayah Bandung

Tabel 3. Perbandingan Jumlah Populasi Penduduk Dari Hasil Model Dengan Data Statistik BPS

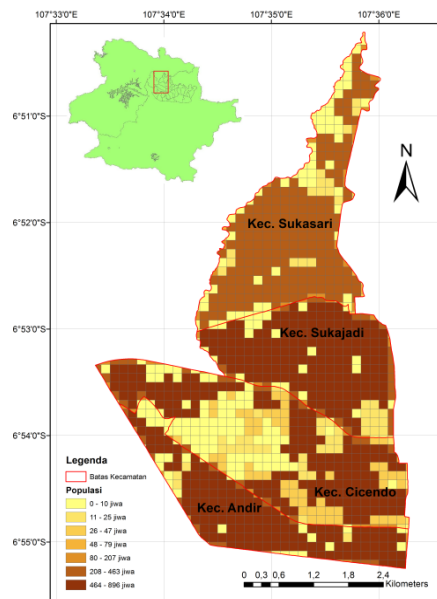
Kecamatan	Kelurahan	KELURAHAN				KECAMATAN				
		Jumlah Penduduk (Jiwa)		Selisih (jiwa)	Persentase Selisih dan Data BPS (%)	Rata-rata Persentase Kelurahan (%)	Jumlah Penduduk (Jiwa)		Selisih (jiwa)	Persentase Selisih per Data BPS Kecamatan (%)
		BPS	Model				BPS	Model		
Cibeunying Kidul	Cicadas	15,967	14776	1,191	7.5	6.8	109,416	109424	8	0.007311545
Cibeunying Kidul	Cikutra	24,239	24291	52	0.2					
Cibeunying Kidul	Padasuka	17,581	15894	1,687	9.6					
Cibeunying Kidul	Pasirlayung	19,746	22848	3,102	15.7					
Cibeunying Kidul	Sukamaju	12,067	11387	680	5.6					
Cibeunying Kidul	Sukapada	19,816	20228	412	2.1					

Untuk memvalidasi hasil dari model matematis untuk memperoleh nilai densitas populasi per grid per kelas lahan, dilakukan perbandingan antara hasil distribusi populasi penduduk dari nilai densitas populasi dengan data *landuse/landcover*-nya. Pada gambar 11 merupakan sampel distribusi populasi penduduk, dan gambar 10 merupakan data *landuse/landcover*-nya.



Gambar 10. Landuse/landcover Sampel Beberapa Kecamatan (Kota Bandung)

Dapat dibandingkan pada gambar 10 dan 11 yang merupakan sampel data pada kecamatan Andir, Kecamatan Cicendo, Kecamatan Sukajadi, dan Kecamatan Sukasari Kota Bandung. dari gambar dapat dilihat jika hasil distribusi penduduk berkorelasi dengan data *landuse/landcover*-nya. Dimana kelas lahan yang biasanya memiliki populasi terbesar, misalnya kelas lahan permukiman, pada visualisasi distribusi populasi penduduk pun memiliki jumlah penduduk yang terpadat jika dibandingkan dengan kelas lahan lainnya.



Gambar 11. Hasil Visualisasi Sampel di Beberapa Kecamatan (Kota Bandung)

Selain validasi dari visualisasi, validasi model juga dilakukan dengan membandingkan hasil jumlah penduduk pada tingkat kelurahan serta kecamatan dari hasil model dan dengan data BPS (tabel 3). Pada tabel 3 dapat dilihat persentase rata-rata dari perbedaan jumlah penduduk antara data yang didapatkan dari model dengan data dari BPS sebesar 6.8% pada tingkat kelurahan. Sedangkan pada tingkat kecamatan diperoleh persentase perbedaan jumlah penduduk antara jumlah yang diperoleh dari data model dengan jumlah dari data BPS sebesar 0.007%. Hal menunjukkan bahwa nilai densitas populasi penduduk yang didapatkan dari model distribusi populasi penduduk lebih baik digunakan untuk menghitung jumlah populasi penduduk pada tingkat kecamatan dibandingkan pada tingkat kelurahan.

Kesimpulan dan Saran

Model matematis yang dibuat dapat digunakan untuk memperoleh nilai dari distribusi populasi penduduk setiap kelas lahan untuk masing-masing kecamatan di

wilayah Bandung. Nilai distribusi populasi penduduk yang didapatkan dari model matematis dapat divisualisasikan secara gradual dan spasial untuk mempermudah pengguna dalam memperoleh informasi distribusi populasi di wilayah Bandung. Dengan pembangunan sistem basis data spasial distribusi populasi penduduk dengan sistem grid skala ragam, selain visualisasi yang dapat terlihat secara gradual, dan untuk pembaruan/ perubahan data dapat dilakukan secara mudah dan efisien tanpa mengubah keseluruhan data yang telah ada.

Adapun saran yang dapat diberikan adalah dalam proses pembuatan model matematis yang digunakan untuk memperoleh nilai distribusi populasi penduduk, selain pembobotan yang diberikan untuk masing-masing kelas lahan (data *landuse/landcover*), sebaiknya pembobotan juga diberikan pada setiap kecamatan berdasarkan variasi kelas lahan yang ada. Agar model matematis dapat digunakan secara global pada setiap wilayah dengan variasi lahan yang berbeda. Kemudian, proses visualisasi dapat dikembangkan lagi sehingga dapat ditampilkan dalam bentuk Web.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Akhmad Riqqi dan Ibu Driejana selaku pembimbing penulis, BPS (Badan Pusat Statistik) Jawa Barat untuk ketersediaan data statistik yang dibutuhkan penulis, dan kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis selama penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Bakosurtanal. *Tutorial Penomoran Indeks Peta*. <http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/tutorial/>. Akses: 23 April 2012.
- Deliar, Albertus. 2006. *Catatan Kuliah: Sistem Informasi Geografis*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Fathansyah. 1999. *Basis Data*. Bandung : Informatika.
- Fitria, Annisa. 2009. *Sistem Grid Skala Ragam Untuk Data Lingkungan Indonesia*. Tugas Akhir. Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Hakim, D. Muhally dan Albertus Deliar. 2010. *Catatan Kuliah: Basis Data Spasial*. Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. Institut Teknologi Bandung.
- Min, Lu An, Li Cheng Ming, dan Lin Zong Jian. 2002. *Modeling Middle Urban Population Density With Remote Sensing Imagery*. Ottawa. Symposium

- on Geospatial Theory, Processing and Application.
- Prahasta, Eddy. 2009. *Sistem Informasi Geografis Konsep-Konsep Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika)*. Bandung : Informatika.
- Pusat Bahasa Departemen Pendidikan Nasional. 2008. *Kamus Besar Bahasa Indonesia Edisi Ke Empat*. Jakarta : Gramedia Pustaka Utama.
- Riqqi, Akhmad. 2008. *Pengembangan Pemetaan Geografik Berbasis Pendekatan Skala Ragam Untuk Pengelolaan Wilayah Pesisir*. Disertasi. Institut Teknologi Bandung.
- Riqqi, Akhmad, Annisa Fitria, Kosasih Prijatna, Radityo Egi Pratama, dan John Mahmudy. 2011. *Indonesian Multiscale Grid System for Environmental Data*. Jakarta. Asian Geospatial Forum (AGF).
- Sahr, Kevin, Denis White, dan A. John Kimerling. 2003. *Discrete Global Grid Systems: Basic Definitions Discrete Global Grid*. Cartography and Geographic Information Science, Vol. 30, No. 2, 2003, pp. 121-134.
- Sofiyanti, Intan. 2010. *Metode Agregasi Sistem Grid Emisi Gas Rumah Kaca Untuk Kota Bandung*. Tesis. Institut Teknologi Bandung.
- Wikantika, Ketut, Soni Darmawan, dan Firman Hadi. 2005. *Analisis Distribusi Kepadatan Penduduk Dengan Citra Satelit*. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV.

LIDAR Block Adjustment Self Calibration Using General Least Squares Method

Soetaat¹, Agung Setianto², G.H. Anto³, Handy⁴

1. Geodesi, UGM
2. Geologi, UGM
3. PT. Waindo SpecTerra, Jakarta
4. PT. NAC Bukaka, Jakarta.

Abstract

Airborne laser mapping (ALM) provides as primary product a 3D point cloud. Currently, a rigorous method that provides a thorough accuracy control for the primary ALM product (point cloud) as well as in flight self calibration are lacking. Usually empirical evaluation and laboratory calibration are used. This paper presents a review of the method, analogous to the photogrammetric block adjustment, for controlling the accuracy of point cloud as well as for calibration of LiDAR (instrument) system. The method uses the redundancy in the overlapping areas of LiDAR flight lines to estimate correction for the observation and instrument parameters. The goal is geometrically correct laser point cloud, one that is free of blunders and systematic errors and for which the accuracy is predictable, and given in form of standard deviations for the individual laser points.

1. Introduction

For maps at scale of 1/1000 and larger, high vertical accuracy of digital elevation datasets is necessary. In such survey application, the requirement for LiDAR measurement accuracy often is in a few centimeters. In order to meet stringent accuracy requirements, it is essential to ensure proper calibration of the LiDAR system.

Sensor calibration provided by the manufacturer is not always stable enough to provide the required data accuracy, therefore it is common the service providers to perform calibration at a period basis. However, it is time-consuming process requiring an experienced and skillful operator.

This paper review a new, fully automated, rigorous self-calibration technique that allows deriving a set of multi parametric corrections with minimal input from the operator. This method was introduced by Peter Friess (Friess, 2006), and it has become commercially available as Optech's software Lidar Mapping Suite, LMS, in 2010. The approach is analogous to the photogrammetric block adjustment.

The overlap areas provide redundancy, not on a point to point basis, but with respect to the surface scanned. Instead of tie- and control points, as in aerial triangulation, tie and control features are proposed. A least-squares

adjustment is formulated that minimizes the weighted quadratic sum of the residuals at the tie and control features by estimating correction parameters of the mathematical model for the laser point position computation.

The most prominent feature in the terrain is the planar feature (Kager 2004, Schenk 2001).

The approach will be: an appropriate mathematical model for the laser point position computation; algorithms for extracting planar feature per flight line and for the correspondence between identical planes in the overlapping areas, as well as a process for selecting appropriate tie planes; finally, an implementation of the least squares adjustment model.

The basis of this approach is that without random and systematic errors, paired surface elements, such as roofs in overlapping strips should perfectly match each other. The quality of the adjustment between planar features in overlapping strips is used to detect systematic errors in the system.

2. Laser Point Position Computation

Mathematical model for computing the laser point position is split into two components: a generic geo-referencing part and a sensor specific part. This has the advantage that the

geo-referencing part needs to be implemented only once and can be used for different sensors.

Generic Geo-referencing.

For computing the position of each LiDAR point, called Geo-referencing, the equation below is used. In this equation position is compute in UTM system.

$$X_G = (X_0 + dX_0) + (R_{roll,pitch,heading} \cdot R_{droll,dpitch,dheading}) \cdot ((P_G + dP_G) + (R_{o,p,k} \cdot R_{do,dp,dk} \cdot R_{a,r})) \dots\dots\dots (1)$$

X_G = Position (coordinates) of laser point (DEM), for example in UTM.

X_0 = GPS or GNSS antenna position.

$R_{roll,pitch,heading}$ = Rotation around the IMU frame.

$R_{o,p,k}$ = Rotation of the sensor frame (lidar) into the IMU frame.

roll, pitch, heading = derived from GPS/IMU.

o, p, k = bore sight angles.

P_G = GPS antenna eccentricity in the sensor frame or lever arm.

d = correction, or added parameters (the list of 15 added parameters).

r = range.

There are 8 observations for each point ,and **their covariance matrix needed:**

- Laser range (r),
- Scan angle (a),
- GPS/GNSS antenna position (X_o, Y_o, Z_o),
- IMU attitude (roll, pitch, heading).

Sensor model R_a, r :

R_a = rotation around range, as fuction of scan angle a.

$$a = a_{obs} (s + ds) + ai + dai , \dots\dots\dots(2)$$

a_{obs} = observed scan angle

s = scan angle scale factor (from factory calibration),

ds = correction to scan angle scale factor,

ai = scan angle offset (from factory calibration),

dai = correction to scan angle offset,

$$r = r_{obs} + ro + dro \dots\dots\dots(3)$$

r_{obs} = observed laser range,

ro = range offset (from factory calibration),

dro = correction to range offset.

List of added or instrument parameters (15 parameters):

dX0, dY0, dZ0 ..correction to GPS/GNSS antenna position,

droll, dpitch, dhead ..correction to IMU attitude,

do, dp, dk ..correction to bore sight angles,

dxp, dyp, dzpcorrection to lever arms,

drorange offset correction,

dsscan angle scale factor correction,

daiscan angle offset correction.

3. Adjustment Model

The adjustment is based on General Least Squares Method.

In this LiDAR Block adjustment, the General Least Squares Method is used, because there are 8 observations for each LiDAR point, and all of 8 observations contain errors.

Equation of General Least Square Method:

$$F(la, xa) = 0 \dots\dots\dots(3)$$

F is laser point position equation in (1).

l : is the vector of observations.

la : is the vector of adjusted observation.

v : is the vector of residuals.

$$la = l + v \dots\dots\dots(4)$$

xa : is the vector of parameter estimates or adjusted (non linear case).

d : is the vector of parameters estimates (linear case) or parameter corrections (non linear case).

xo : is the approximate or initial values for parameter.

$$xa = xo + d \dots \text{for nonlinear case} \dots\dots\dots(5)$$

For one LiDAR point, there are 8 observations and 15 parameters.

Linearization of equation (1), found:

$$Bv + Ad + K = 0 \dots\dots\dots(6)$$

A = partial derivative of F, with respect to parameters.

B = partial derivative of F, with respect to observations.

K = computed F using observations values and initial approximation of parameters.

$$= F(l, x_0)$$

Each laser point of the tie-planes provides one equation of type (6)

$$Q_e = (B \cdot Q \cdot B^T)^{-1} \dots\dots\dots(7)$$

Q = covariance matrix of observation.

$$W_e = Q_e^{-1} \dots\dots\dots(8)$$

$$N = A^T W_e A \text{ and } t = A^T W_e K \dots\dots\dots(9)$$

$$d = N^{-1} \cdot t \dots\dots\dots(10)$$

$$v = Q \cdot B^T \cdot W_e \cdot (K - A \cdot d) \dots\dots\dots(11)$$

Because this is non linear equation system, the corrections in matrix x are applied to the initial approximations (equation 5), and the method is repeated until the system converge. The observations should also be updated according to their residuals (equation 4).

The cofactor matrices are:

$$Q_{dd} = N^{-1} \dots\dots\dots(12)$$

$$Q_{xx} = N^{-1} \dots\dots\dots(13)$$

$$Q_{vv} = Q \cdot B^T \cdot W_e \cdot (I - A \cdot N^{-1} \cdot A^T \cdot W_e) \cdot B \cdot Q \dots\dots\dots(14)$$

$$Q_{lala} = Q - Q_{vv} \dots\dots\dots(15)$$

The estimate of the reference variance is:

$$S_0^2 = (K^T W_e K - t^T d) / r \dots\dots\dots(16)$$

r = redundancies in the system.

The covariance matrices are:

$$C_{xx} = C_{dd} = S_0^2 N^{-1} \dots\dots\dots(17)$$

$$C_{lala} = S_0^2 Q_{lala} \dots\dots\dots(18)$$

Equation (17) represent the accuracy of LiDAR point position or standard deviation of a laser point position.

4. Laser Point Cloud Accuracy

Three types of errors can generally be distinguished during a process of measurement: blunders (gross errors), systematic errors, and random errors. Blunders are significantly larger in magnitude compared to the other two types. Blunders can be detected and eliminated with use of redundant observations. Systematic errors are caused by imperfect instruments, or deficiencies in the mathematical used to compute the desired parameters from the observations. With appropriate surveying method the can either be eliminated during the observation process, or determined and corrected. This requires redundant observations. Random errors are always present and can never be eliminated. They can, however, be minimized, again by redundant observations, using Least Squares Method.

Laser point accuracy describes the closeness of the computed laser point position to the position of the actual laser footprint in the terrain, i.e. the position at which the laser return pulse was generated. Laser point accuracy depends solely on the accuracy of the observations (laser-range, scan-angle, sensor position and orientation, all together 8 observations), and on the validity of the mathematical model used to compute the laser point position (equation 1).

For each laser point the theoretical accuracy can be computed by applying error (covariance) propagation. Assuming that blunders and systematic errors can be eliminated, and that theoretical accuracies of the 8 observations are given and proven to be valid, the resulting standard deviation (equation 17) will be a valid measure of the laser point accuracy.

5. Tie Surface Extraction

5.1. Plane Extraction

The planar surface extraction is done on a flight line by flight line basis. The topology of the laser points is provided by the scan-line geometry. The laser points are organized in an array of which each row contains the points of one scan-line. The columns represent scan-angle intervals. Filters can be applied while reading the laser point and filling the array. The filters

select points that fulfill certain conditions, e.g. only points for given scan-angle range. This is for choosing only the overlapping areas.

The plane extraction starts with a least-squares plane fit through a subset of laser points. The size of the subset is user selectable. The adjustment minimizes the weighted quadratic sum of the distances of the laser point to the plane (Lee, Schenk, 2001). The plane is accepted if the standard deviation of unit weight is smaller than, or equals, a threshold. If a plane is accepted, then the neighboring points are substituted to the plane equation. If the fitting error remain smaller than the given threshold, the points are used to update the plane parameters using **sequential least-squares**.

5.2 Plane Correspondence

Establishing the correspondence between planes of overlapping flight lines is largely a software engineering problem, and can be solved in a satisfactory fashion with appropriate data file structures.

One possibility is to establish a grid covering the project area. As planes are identified, the planes centers are sorted into the respective grid cells, while keeping the links to points and plane parameters.

Such an approach not only allows for fast retrieval of the of the planes for given sub-area, but also or readily identifying those cells that contain planes from more than one flight line. Planes from two flights, co-located to within an acceptable tolerance, are then tested for correspondence, i.e. for representing the same physical plane.

5.3 Plane Selection

For the laser point adjustment, a set of appropriate tie-planes is to be selected from all available correspondence planes. Potential selection criteria for tie-planes are size and shape, number of laser points, slope, orientation with respect to flight line and fitting error.

All these criteria have an effect on the parameter estimation, as they determine the geometry of the adjustment.

6. CONCLUSION

Automatic calibration of LiDAR systems has been an active field of research and development over the last years. Traditional

calibration approaches rely on manual extraction of geometric features in the laser data and require time-intensive input of a trained operator. Recently, new methodologies evolved using automatic extraction of linear features and planar information to minimize systematic errors in LiDAR mapping.

Least-squares method offers a variety of possibilities for analyzing and testing the results. Test can be performed to check if the residuals are randomly distributed, thus, if all systematic errors are removed. The estimated standard deviation of unit weight allow for proofing the correctness of the priori assumption for the observation accuracies.

Optech's software suite LMS (LiDAR Mapping Suite), is the first commercial implementation of this functionality.

REFERENCES

- Friess, P., 2006, *Toward a Rigorous Methodology for Airborne Laser Mapping*, Optech International, Canada.
- Kager, H., 2004, *Discrepancies between overlapping laser scanner strips – Simultaneous fitting of aerial laser scanner strips In International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol. XXXV, B/2, pp. 113-118, Istanbul, Turkey.
- Lindenthal, et.al., 2010, *Airborne Lidar: A Fully-automatic Self Calibration Procedure*, Optech Incorporated, Canada.
- Mikhail, E.M., Gracie, G, 1981, *Analysis and Adjustment of Survey Measurement*, Van Nostrand Reinhold Company, London.
- Schenk, T., 2001, *Autonomous Extraction of Planar Surfaces from Airborne Laser Scanning Data*, In *Proceedings of the Annual Conference of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)*, St. Louis, USA.

DSM LIDAR Sebagai Data Pendukung Pemetaan Rupabumi Skala 1:10.000

Wildan Firdaus dan Aldino Rizaldy

Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim

Badan Informasi Geospasial (BIG)

Abstract

Nowadays, LIDAR has been generally used for topographic mapping in Indonesia. LIDAR is known as an instrument which can map large area in short time with high accuracy. This research examine DSM LIDAR and aerial photograph data for supporting topographic mapping project scale 1:10.000. DSM is one of LIDAR output, and this is very useful in orthorectification process and stereomate production to 3D modelling.

Keyword: LIDAR, DSM, Orthorectification, Stereomate, 3D modeling

1. Pendahuluan

Dalam rangka mendukung program MP3I koridor Sulawesi, Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim – Badan Informasi Geospasial (BIG) melakukan pekerjaan survei LIDAR dan foto udara di beberapa kota besar di Pulau Sulawesi. Hasil dari pekerjaan ini selanjutnya digunakan sebagai data dasar untuk pekerjaan pemetaan Rupa Bumi Indonesia skala 1:10.000 yang diprioritaskan pada daerah Kabupaten/Kota yang dilalui koridor ekonomi yang telah ditetapkan.

Sesuai dengan spesifikasi pemetaan rupabumi skala 1:10.000 akurasi horisontal dan akurasi vertikal yang diperlukan adalah sebesar 2 m dan 1.5 m, dan LIDAR adalah salah satu teknologi yang bias memenuhi spesifikasi yang diminta dengan kelebihan dapat memetakan area yang sangat luas dengan waktu cepat.

LIDAR (Light Detection and Ranging) adalah teknologi penginderaan jauh terkini yang dapat memetakan permukaan bumi dengan akurasi vertical yang tinggi [Sun, et al., 2003; Lefsky, et

al., 2005; Hofton, et al., 2006; Chen, 2007; Simard, et al., 2008]. Dalam prakteknya, standar akurasi horizontal dan vertikal LIDAR (pada 1σ) berkisar antara 0.05-0.2 m untuk tinggi dan antara 0.2-1.0 m untuk horizontal (dengan pertimbangan ketinggian terbang 2000m diatas permukaan tanah) [Beradlin, JA, Blais, F., Lohr, U., 2010].

Dalam sistem LIDAR terdapat 3 Instrumen yang bekerja secara bersama-sama yaitu Laser Scanner (LS), GPS (Global Positioning System), INS (Inertial Navigation System). Laser Scanner yang ditempatkan dibadan wahana terbang berfungsi untuk menyiam di permukaan bumi yang dilewati jalur terbang. Dari hasil penyiaman ini didapatkan DSM (*Digital Surface Model*) yang akan digunakan sebagai data dasar peta rupabumi.

2. Metodologi

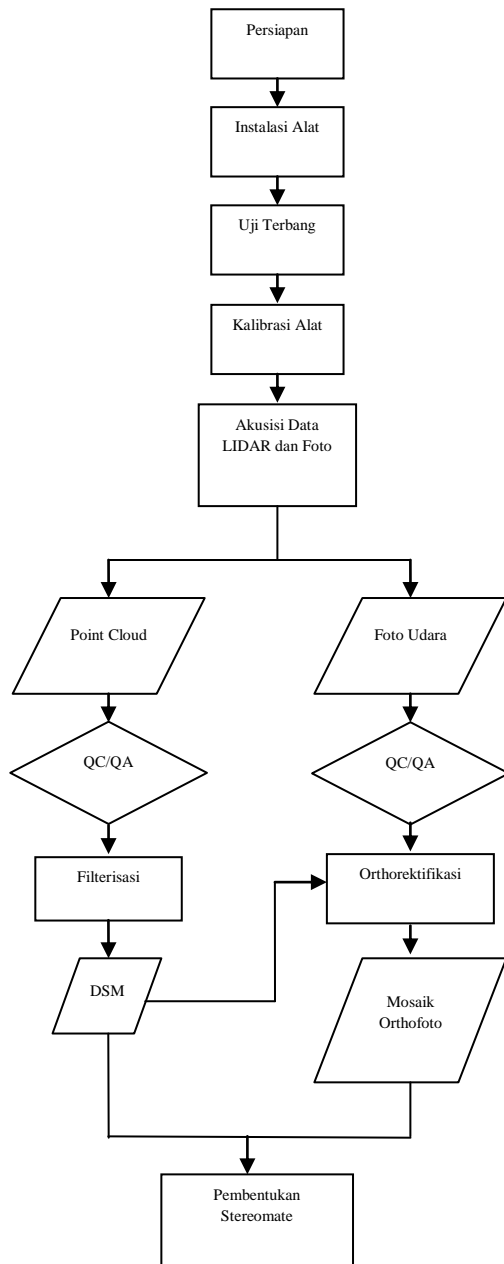


Diagram 1. Metodologi Penelitian

Diagram pada halaman sebelumnya menjelaskan mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian ini. Terdapat beberapa tahap yang dilakukan untuk menjamin kualitas dari *stereomate* yang dihasilkan, yang tentunya sangat menentukan keberhasilan pekerjaan pemetaan.

Rangkaian pekerjaan ini dimulai dengan tahapan persiapan, terkait hal teknis dan non-teknis, dilanjutkan dengan instalasi alat dan uji terbang dalam rangka kalibrasi alat. Setelah memastikan instrumen yang akan digunakan dalam keadaan baik, akuisisi data dilakukan.

Akuisisi data memberikan keluaran berupa data *point cloud* (*LAS file*) dan foto udara. Data *trajectory*GPS/IMU digunakan agar data *point cloud* dan foto udara dapat *digeoreferensikan*.

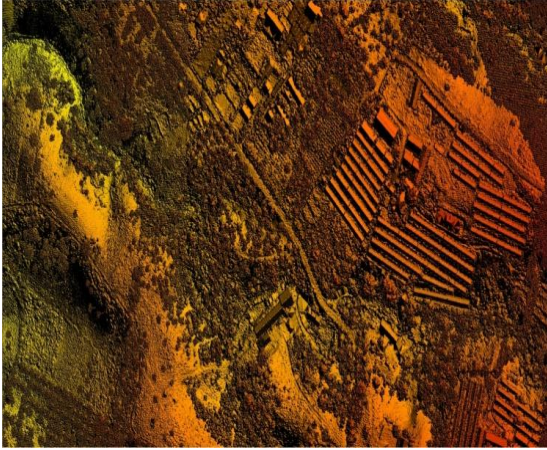
Data *point cloud* diklasifikasikan menggunakan teknik filterisasi, untuk membedakan titik *ground* dan *non-ground*. Sementara data pantulan laser *full return* diolah menjadi DSM. Foto udara yang sudah terkoreksi selanjutnya dimosaik. DSM dan mosaik orthofoto selanjutnya dicrop sesuai NLP.

Hasil dari tahapan pekerjaan diatas berupa DSM dan mosaik orthofoto dapat dilihat secara stereo menggunakan teknik *stereomate*. Operator *stereoplotting* dapat melakukan kompilasi secara 3 dimensi untuk pekerjaan pemetaan Rupabumi.

3. Hasil



Gambar 1. Foto Udara Hasil Survei

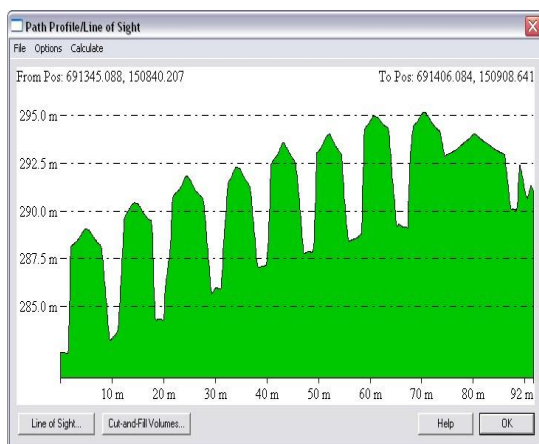


Gambar 2. DSM hasil LIDAR

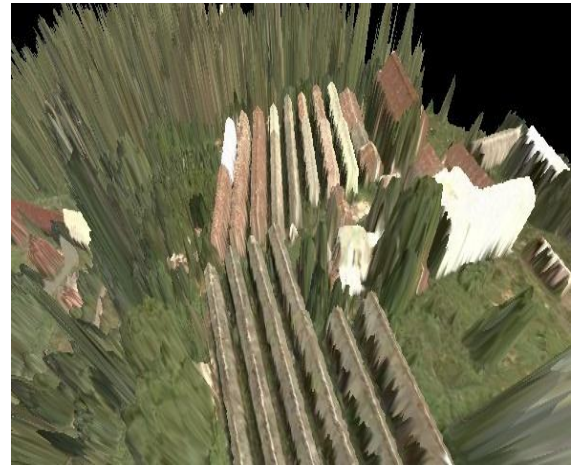
Gambar diatas menunjukkan suatu area yang diakuisi dengan menggunakan fotogrametri digital dan LIDAR. Dapat dilihat dengan jelas kemiripan pada pola bangunan dan saluran didepannya. Kedua data ini akan digunakan sebagai dasar untuk membuat *stereomate*.



Gambar 3. Hasil overlay antara Foto udara dan DSM LIDAR



Gambar 4. Profil dari area overlay



Gambar 5. Model 3D dari area overlay

Dapat dilihat dari 2 gambar diatas, profil memanjang dari overlay foto udara dan DSM LIDAR menunjukkan permukaan tanah yang naik sekitar 5 m di sepanjang garis profil dan terlihat sela-sela antar bangunan. Hal ini menunjukkan bahwa DSM LIDAR apabila diintegrasikan dengan foto udara dapat menyajikan penampakan tiga dimensi suatu area. Hal ini sangat penting karena perpaduan kedua data tersebutlah yang akan dibentuk *stereomate* untuk proses *plotting* pemetaan rupabumi.

4. Kesimpulan

DSM LIDAR merupakan data pendukung yang sangat berguna bagi proses pemetaan rupabumi. DSM berguna dalam proses orthorektifikasi foto udara sehingga menghasilkan foto udara tegak (*true ortho photo*) dan dalam pembentukan *stereomate* untuk *diplotting* menjadi peta rupabumi. DSM LIDAR dan foto udara jika disatukan dapat menghasilkan model tiga dimensi (*3D Model*) dari suatu area. Riset lebih lanjut dapat dilakukan untuk mengkaji lebih lanjut mengenai kualitas DSM, teknik filtering dan analisis *noise* yang terdapat dalam setiap produksi DSM.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z. 2000. Penentuan posisi dengan GPS dan aplikasinya. PT Pradnya Paramita, Jakarta. Edisi kedua. ISBN 979-408-377-1. 268 pp.
- Ahokas, E., Kaartinen, H., Hyyppa, J., 2003. A quality assessment of airborne laser scanner data. *International Archives of Photogrametry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 34 (Part 3/W 13), 1-7.
- Baltsavias, E.P., 1999. Airborne laser scanning: basic relations and formula. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sensing* 54 (2/3), 199-214.
- Boehler, W., Bordas, W. Vicent., dan Marbs, A., 2003. Investigating laser Scanner Accuracy. i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz.
- Bretar, F., 2006. Couplage de donees laser aeroportee et photogrametriques pour l'analyse de scenes tridimensionnelles. Ph.D. Thesis. ENST Paris, France.
- Chen, Q., 2007. Airborne lidar Data Processing and information extraction. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing* 73 (2), 109-112.
- Hoften, M.A. et. Al., 2000. An airborne scanning laser altimetry survey of long valley, California. *Int. J. Remote Sensing*, Vol 21, #12, 2413-2437.
- Hofton, M., Dubayah, R., Blair, J.B., Rabine, D., 2006. Validation of SRTM elevations over vegetated and non-vegetated terrain using medium footprint lidar. *Photogrametric Engineering & Remote Sensing* 72 (3), 279-285.
- Huising, E., Pereira, L.G., 1998. Errors and accuracy estimate of laser data acquired by various laser scanning sistem for topographic applications. *ISPRS Journal of Photogrametry & Remote Sensing* 53 (5), 1245-1261.
- Lefsky, M.A., Harding, D.J., Keller, M., Cohen, W.B., Carabajal, C.C., Del Bom Espirito Santo, F., Hunter, M.O., de Oliveira Jr., R., 2005. Estimates of forest canopy height and aboveground biomass using ICESat. *Gephysical Research Letters* 32, L22S02. doi: 10.1029/2005GL023800.
- Mallet, C., Bretar, F., 2009. Full-waveform topographic LiDAR: State-of-the-art. *Laboratoire MATIS. Institut Geographique National, France.*
- May, Nora Csanyi dan Toth, Charles K., 2007. Point positioning accuracy of airborne LiDAR sistem : a rigorous analysis. Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, Ohio State University.
- Schenk, T., 2001. Modelling and analysing sistematic errors in airborne laser scanners. Technical Report. Departement of Civil and Enviromental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University, USA.
- Simard, M., Rivera-Monroy, V.H., Ernesto Mancera-Pineda, J., Castanada-Moya, E., Twilley, R.R., 2008. A systematic method for 3D mapping of mangrove forest based on shuttle radar topography mission elevation data, ICESat/GLAS waveforms and field data: Aplication of cienaga Grande de Santa Marta, Colombia. *Remote Sensing of Environment* 112 (5), 2131-2144.
- Sun, G., Ranson, K.J., Kimes, D.S., Blair, J.B., Kovacs, K., 2008. Validation of surface height from shuttle radar topography mission using shuttle laser altimeter. *Remote Sensing of Environment* 88 (4), 401-411.

Orthorectification and Visualization of Mobile Laser Scanning (MLS) Data in The Context of Large Scale Mapping

W. Tampubolon^a, E. Hendrayana^a, M. Hahn^b

^a Center for Topographic Mapping and Toponym, Geospatial Information Agency of Indonesia, Jl. Raya Jakarta Bogor Km.46, 16911, Bogor, Indonesia,- winhard@bakosurtanal.go.id

^b Department of Geomatics, Computer Science and Mathematics, University of Applied Sciences Stuttgart, Schellingstraße 24, D-70174 Stuttgart (Germany), - michael.hahn@hft-stuttgart.de

Abstract:

Recent Act No.4 / 2011 in Indonesia make breakthrough in national geospatial data development concerning the production rules of base geospatial information particularly in the topographic map production as a public domain. Specifically it mandates responsible institution i.e. Geospatial Information Agency of Indonesia (BIG) to provide topographic maps up to 1:1.000 scale with proper accuracy to be used as an official reference data.

Large scale mapping is really a challenge since it requires high resolution data containing high volume geospatial data capacity. In this case, it is necessary to produce higher data density with high quality sensor remaining by high productivity data processing capacity. The utilization of Mobile Laser Scanner (MLS) in a combination with LiDAR airborne, terrestrial measurement and GNSS surveying will produce high density geospatial data sources as a raw material to produce large scale topographical maps accurately.

Orthorectification mechanism arises as one solution to achieve better accuracy by considering the land terrain for geometric correction in this case the building facades. Basically, this approach needs two major components namely Ground Control Points (GCP) and Digital Elevation Model (DEM). This paper will identify the proper requirements of those two components by using empirical approach. Using Continuous Operating Reference System (CORS) is considered as an effective and productive way to provide accurate coordinates of GCP and to assess the spatial data accuracy.

This paper describes a procedure for the generation of ortho-rectification of a stream of MLS images and generate a visualization of a simulated 'drive through' using the image data from both cameras mainly based on MATLAB platform. The project focuses on two main issues. The implementation of an algorithm for image rectification by using a projective transformation, and development of procedure for automatically orthorectifying the image streams.

Key words: Large scale, high resolution, GCP, MLS

1 Introduction

1.1 Background

After transforming from National Coordinating Agency for Surveys and Mapping (BAKOSURTANAL) into Board of Geospatial Information (BIG) in March 2012, based on the Act No.4/2011 which was ratified on March 2011, the role of geospatial information has increased significantly. Not only the name itself, but the role of BIG is becoming more important and crucial in the context of spatial data acquisition and production.

By above mentioned regulation only BIG will be responsible for the production of fundamental or base geospatial data and information e.g.

Horizontal Geodetic Network, Vertical Geodetic Network and Topographic Map in Indonesia. Consequently, the expected spatial data accuracy needs to be increased since the public will only use single official topographic map produced by BIG.

Based on the latest national act in Indonesia both concerning detail spatial planning purposes and geospatial information, it is necessary to provide large scale topographical map as a framework. As an instance, this fundamental geospatial dataset in a large scale of 1:5.000 will be used as a primary geospatial input for detail spatial planning purposes.

In principal, there are two major components contended in the topographical map as a spatial data infrastructure. The first one is planimetric

component relating with 2 dimensional form of the object (features) while the second one is the hypsographic component relating with 3 dimensional form of the object (features).

Mobile Laser Scanning (MSL) allows the simultaneous collection of point clouds and image data on both sides of a mapping vehicle by driving through the area of interest. Point clouds are measured by two laser scanners while the images are acquired by two digital video cameras in a simultaneous way. The integrated platform of scanner and cameras is usually mounted firmly on the roof top of the vehicle which captured topographical object while moving.

By obtaining the position from GNSS and IMU installed onboard on the mapping vessel, 3D model of the nearby structures can be reconstructed after processing the laser point clouds. The importance of images data is to complete the facade texture for visualization of the 3D model. However, image data must be orthorectified before used and this is real challenge what comes next.

1.2 Research Objectives

The objectives of this research can be grouped into three major parts as follows:

- Identification of orthorectification requirement by performing independent GCP measurements using Rapid Static GNSS positioning or Continuous Operating Reference System (CORS) Real Time Kinematic (RTK);
- Defining Standard Operational Procedure (SOP) for orthorectification of MLS data in terms of large scale mapping topographical mapping consideration;
- Developing algorithm of MLS data orthorectification i.e. building fascades

1.3 Data set and Software Used

1.3.1 Data set

A location plan 'streifeneubersicht.pdf' showing the survey path was available. Field data was acquired on streets near University of Applied Science Stuttgart, Germany. Five tracks (from 3 to 7) were taken by using MLS platform. The

location plan is useful for correlation of laser and image data in our task.

GPS time is used as a tie component between coordinate dimension and physical dimension. A file 'sbet_081113_2_1Hz.ASC' with three header lines recorded the time stamp of the vehicle during the measurements. The time is tagged by GPS in every single second while the location in ETRS 89 coordinate system stored the corresponding Easting, Northing and Ellipsoidal Height. Those components were obtained by the GNSS and IMU data processing. Apparently the offset or shifting between sensors locations and time stamp are not found.

Since it is necessary to define a relationship between image and GCP, the time dimension has been selected as a reference. A file 'FHS_Image_time.txt' with three header lines recorded the time of exposure of each frame of image captured by cameras. Both cameras (Cam1 and Cam2) were recording alternatively one after another within 0.05 sec. within the rate of one frame per second for each camera.

Processed laser point cloud can be used for image reconstruction purposes. The sample of laser scanning data was already processed in the ETRS 89 coordinate reference system. The laser point clouds were measured both from the mobile vehicle and airborne mode. Only the laser from mobile vehicle is adopted in our task as our main aim is to orthorectify the terrestrial images. Total 10 files in 'LAS' format generated from sensors of both side have been used as an input.

Video streaming has been selected as a powerful tool to provide a large collection of imageries. Those images were obtained from cameras on both sides of the vehicle while recording the building facades. File name with 'Cam1' and 'Cam2' represents image captured on the driver side and passenger side respectively. Total 1284 images containing 642 images on each side in 'JPG' format were obtained and also found differently from the image names recorded in the image file. Besides, there is no information about the interior orientation of the cameras.

1.3.2 Software Used

The software used to support this research can be classified into the following purposes:

1. Accuracy assessment investigation and GIS analysis by using:

- LP 360 Viewer software that is given for visualization of provided point cloud files. Cross sectional view for the laser points can be generated with XYZ information prompt on screen for viewing. Cross section view is helpful for preliminary study for rectification in our task although the full version is capable to export data for manipulations;
- Microsoft Excel plays a role in the calculation of control points (base points) before computation of transformation parameters takes place.

2. Image processing and visualization

- MatLab with Image Processing Toolbox option is used for the manual registration for finding transformation parameter and automatically ortho-rectification process;
- XnView software is used for visualization of the ortho-rectified image. Xnview is a freeware and can be download from <http://www.xnview.com>.

1.4 Methodology

This research is conducted by combining theoretical and empirical approach in order to identify proper geospatial data quality in an efficient way (Figure 1). At the first place, a series of imagery derived from video streaming is used as a benchmark for defining orthorectification model. Following the image sequences, the relationship between image and building facades can be preceded as well as control point pricking over the images for being used in the orthorectification process subsequently.

The close relationship between building and DSM has been introduced by Brenner, 2000 in a so called DSM segmentation. This approach relies on ground plans and DSM from laser scanning, which can be used to reconstruct the building roof as well as the building structure.

In this case, the investigation will also identify the real planimetric accuracy of video imagery against GCP measurements using GNSS survey with a cm level accuracy. This investigation will also verify the quality of orthorectified image streaming in context of large scale mapping.

By using both free downloadable DEM/DSM in a medium resolution of 1 arc second (30 m) and measured GCPs, first initial orthorectification is proceeding subsequently to produce orthorectified imagery for further accuracy assessment. In this case, accuracy assessment shall be performed in order to obtain planimetric component characteristic.

Next step of orthorectification is following iteratively by using different numbers of image streaming until it saturates within specified accuracy tolerance using both National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) and National Mapping Accuracy Standard (NMAS). From this point, the number of optimized GCP can be identified for further efficient improvement in the standard operating procedure of orthorectification in subsequent processes.

Continuously by using point clouds with a better resolution (30 cm) from airborne acquisition, the final orthorectification will provide the reliable geospatial data source to be used in feature compilation by using automated process. Topographical geodatabase approach will be used as a geospatial data warehouse with necessary cartographic setting afterwards. At the end, final orthorectification in large map scale context will be produced to visualize some features e.g. building facades in a real world accurately.

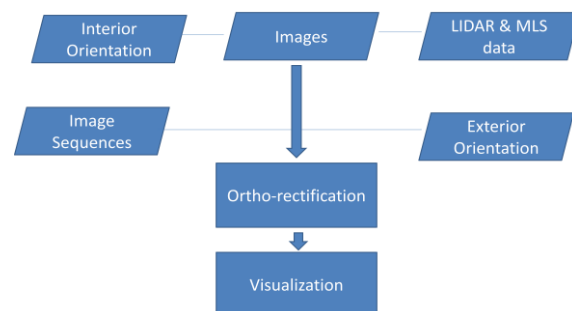


Figure 1: Research workflow

1.5 Data Acquisition

Data acquisition has been performed by collecting both building facades and building imageries. Building facades provided from laser scanner while building imageries captured using dual video cameras. Those pairs of sensors installed in a vehicle which equipped with Global Navigation Satellite System (GNSS) and Inertial Measurement Unit (IMU).

The vehicle was driven in a normal speed up to 60 km/h through the area of interest (Figure 2). However constant speed was preferable in order to obtain the uniform building facades and images specifically in terms of point density. Combining those data with point cloud from Light Detection and Ranging (LiDAR) will lead into more accurate result to fulfill large scale mapping requirements.

Since GNSS used already connected to the CORS, it can be used for image and point clouds coordinate registration directly. As a comparison, it is important to mention that additional GCP measurements have been made to validate CORS utilization. GCP measurement provided by using rapid static differential GNSS which connected to one base reference system.

GCP selection has been performed in the sample images by defining 4 points which can be identified clearly such as building corner, windows and doors. The point selection shall be done by extracting point from regular form features within the minimum size of 2 times imagery spatial resolution i.e. 60 cm. The good examples of this regular form feature are the building corner, statue, and road delimiter.



Figure 2: MLS Platform

2 Technical Implementation

2.1 Orthorectification

Orthorectification is the process of transforming raw image to an accurate orthogonal projection. On this research, feature captured in the original images are not shown in their correct locations due to the tilting of the sensors (cameras) relatively against the building facades. Projective rectification algorithm is chosen and applied for solving the task. It is applicable to rectify aerial images of flat terrain or images of facade of buildings.

To perform a projective rectification, a geometric transformation between the image plane and the projective plane is necessary. It describes what happens to the perceived positions of observed objects from the point of view of the observer. Projective transformations do not preserve sizes or angles but do preserve incidence and ratio. At least four control points in the object plan are required to calculate the eight unknown coefficient.

The equations of the projective rectification are as follows:

$$\mathbf{X} = \frac{\mathbf{b11x'} + \mathbf{b12y'} + \mathbf{b13}}{\mathbf{b31x'} + \mathbf{b32y'} + \mathbf{1}} \dots \dots \dots \text{Equation 1}$$

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{b21x'} + \mathbf{b22y'} + \mathbf{b23}}{\mathbf{b31x'} + \mathbf{b32y'} + \mathbf{1}} \dots \dots \dots \text{Equation 2}$$

X, Y are pixel coordinates (row and column) of output image (base point) while x' and y' are coordinates of input image (image to be rectified). Thus 8 unknown parameters from both equations need to be solved by 8 observation equations resulted from 4 pairs of points.

2.2 Image Rectification

The process of rectification can be handled by aligning two images of the same scene into a common reference system. Usually one image called input image (image to be rectified) will be

fit into the base image (laser point cloud in our case) by applying a spatial transformation. Rectification is the process to rectify image distortion caused by different view point (tilting) and lens distortion. Since both cameras (Cam1 and Cam2) were firmly fixed during survey process, it was assumed that the geometry would not change during the whole process. It can be described in the following procedures which used two different approaches (Figure 3).

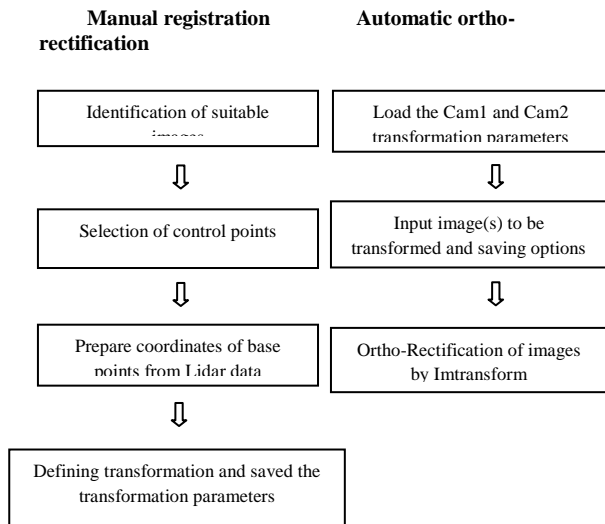


Figure 3: Image Orthorectification Workflow

2.3 Orthorectification Algorithm

2.3.1 Image identification

Two images, one from Cam1 and the other from Cam2 have been selected as unrectified images. The selected images must capture scene along street where a lot of building feature can be identified. The features selected as control points shall be located near the edge of the frame while it can also be identified on the image of laser point cloud.

Since the cameras were installed not perpendicular to the vehicle direction, the areas being covered between the near side and the far side were significantly different. The image captured in the far side covers a meaningless large area and usually be re-captured by the next image with larger scale. Moreover, the lower part of images covers the road part on ground. Considering this, it is necessary to crop the image from 1624 x 1235 pixels into 812 x 812 pixels (fig.2) by using the `imcrop()` function in MATLAB.

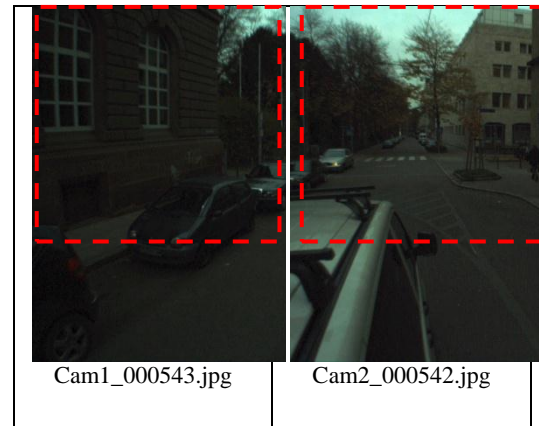


Figure 4: Samples of original images in sequence format

2.3.2 Control points selection

The Control Point Selection Tool (Cpselect (input_points, base_points)) in MATLAB allows user to select control points on images manually. The input_points are selected from image being rectified and the base_points were selected from laser point cloud image (ortho-image). As mentioned before, suitable control points must be separated within edge of images and can be identified both on the image and laser point cloud.

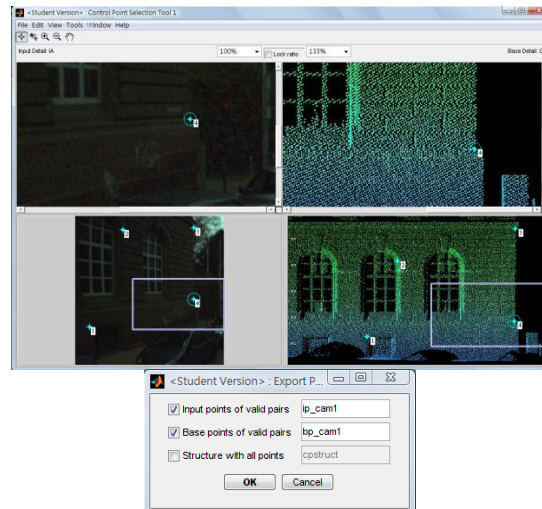


Figure 5: Control Point selection

Four pairs of input points and base points were selected in our task. The points must be exported to workspace and user must rename the variables for further use.

2.3.3 LiDAR Data Utilization

At the beginning, it took the cross sectional images from screen shots for manual registration in order to orthorectify the imageries. The orthorectified images were found not accurate enough due to the reason that the point cloud

images (pixel numbers) were small and the scale has not known yet.

In order to overcome this problem, we used LP 360 Viewer to obtain the coordinates of control points on screen. The unit of coordinates is in meter. To overcome the small scale problem the scaling procedures shall be performed to put the coordinate system into centimeter unit. That means the dimension of the rectified image would be 1 cm per pixel.

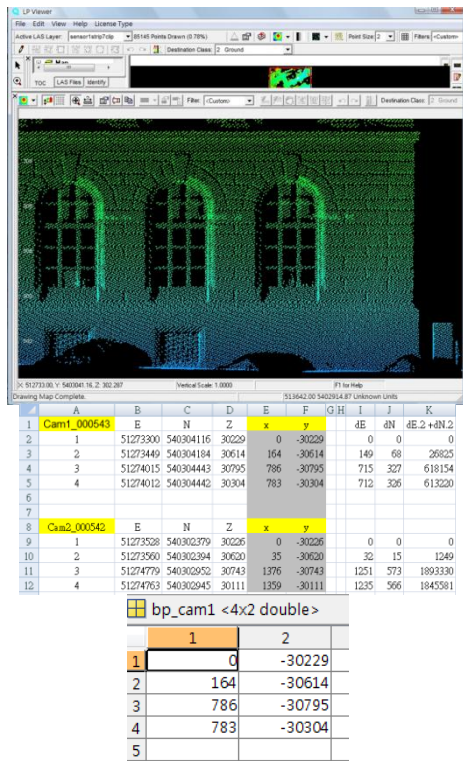


Figure 6: LiDAR data integration

The ground coordinate in (E,N) and (Z) would become (x) and (y), respectively in the result image. Microsoft Excel has been used to perform this simple computation. The computed x and y values were put in the base points 'bp_cam1' of MatLab workspace. In addition, the difference in coordinates systems of real world and screen, negative values were applied for y values only. The same procedures also applied for base points of camera 2, i.e. 'bp_cam2'.

Projective transformation using the four pairs of input points and base points were applied in our task. The protocol is $T_{form} = cp2tform(input_points, base_points, 'projective')$. It defines two times for each pathway one for camera 1 and the other for camera 2. They were named as "cam1_tform" and

"cam2_tform", respectively. Preview of orthorectification using MATLAB function 'imtransform' for the sample images have been done. Once the test images have been found acceptable, the workspace contained the two transformation parameters have to be saved. The saved work space would be used for automatic orthorectification of the whole images within the project.

A loop for automatic creation of filenames strings for reading images (imread('filename')) was programmed in order to deal with hundreds of imageries. What user needs to enter are the camera name (Cam1 or Cam2), start and stop image-number and the file saving options 0 or 1 (No or Yes) using 'imwrite' for the orthorectified images. The automatic orthorectification using 'imtransform' have been tested with 50 frames of sample images without problems. It is suggested for user to disable the 'imshow' for prompting the result images on screen to avoid lack of memory during the intensive rectification activities.

At the end, XnView was employed for visualization of the orthorectified image. The orthorectified images are generated by the automatic orthorectification process and saved in a directory. By using the create slide show of XnView, it added the required files or folder which contained the rectified images for further visualization.

2.4 Accuracy Assessment

Considering spatial accuracy, the judgment method called National Standard for Spatial Data Accuracy (NSSDA) has been applied for geospatial consistency checking (FGDC, 1998). The basic functionality of this method is the detection of blunders (vector inconsistency) from a given data set and the derivation of a statistical model. Data resolution (similar to image pyramids) can be applied to generate a corresponding model in a coarse to fine approach using 4 different GCP schemes. This method is based on linear prediction to detect the smallest object.

The NSSDA uses Root Mean Square Error (RMSE) to estimate positional accuracy. RMSE is the square root of the average of the set of squared differences between dataset coordinate values and coordinate values from the reference data for identical objects.

The RMSE can be calculated by the following equation (FGDC, 1998) for each corresponding object in the different datasets i.e. between the evaluated data and the reference data. The examination focuses on the point features since the involved spatial data are assumed to deal with different resolutions and various acquisition methods.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum (X_{Ref_i} - X_{Check_i})^2}{n}} \quad (\text{Equation 3})$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum (Y_{Ref_i} - Y_{Check_i})^2}{n}} \quad (\text{Equation 4})$$

$$RMSE_r = \sqrt{RMSE_x^2 + RMSE_y^2} \quad (\text{Equation 5})$$

$$Accuracy_r = 1.7308 * RMSE_r \quad (\text{Equation 6})$$

where:

$RMSE_x$ = Root Mean Square Error in x axis direction

$RMSE_y$ = Root Mean Square Error in y axis direction

$RMSE_r$ = Horizontal (2D) Root Mean Square Error

(X_{Ref_i}, Y_{Ref_i}) = Coordinates of common points i in the reference dataset

$(X_{Check_i}, Y_{Check_i})$ = Coordinates of common points i in the evaluated dataset

n = number of common points

Accuracy is reported in ground distances at the 95% confidence level. It means that 95% of the positions in the dataset will have an error with respect to true ground position that is equal to or smaller than the reported accuracy value. The reported accuracy value reflects all uncertainties, including those introduced by geodetic control coordinates, compilation, and final computation of ground coordinate values in the product.

Based on National Mapping Accuracy Standard (NMAS), the horizontal tolerance accuracy can be seen in **Table 1**. Differently to NSSDA accuracy, NMAS introduced circular error in 90 % level of confidence which is more moderate than NSSDA in what so called Circular Map Accuracy (CMAS) as put in Eq. 5.

$$CMAS_r = 1.5175 * RMSE_r \quad (\text{Equation 7})$$

Table 1: NMAS Horizontal Accuracy Tolerance

Map Scale	Tolerance at Publication Scale	Tolerance at Ground Distance
1:1,000	1/30 inch = 0.85 mm	0.85 m
1:5,000	1/30 inch = 0.85 mm	4.25 m
1:10,000	1/30 inch = 0.85 mm	8.5 m
1:25,000	1/50 inch = 0.5 mm	12.5 m
1:50,000	1/50 inch = 0.5 mm	25 m

By using this methodology, the spatial quality of orthorectified imageries can be identified within the existing coordinate reference system network. In addition, it would give recommendation about the quality of available CORS network within the area as well.



Figure 7: Orthorectification result (left : before orthorectification, right : after orthorectification)

3 Summary and Conclusion

The selection of suitable time for acquisition of images and laser points cloud is essential. Less traffic fine day would be better for obstruction free and clear images. Sun angle positions in the morning and evening may affect the image quality. Therefore it is better to perform the measurement at the same time and same weather condition.

Projective transformation built in the MatLab Image Processing Toolbox is powerful. It is suitable for rectification of aerial images of flat terrain and even video camera photographs of building facades. In terms of large scale mapping, it shall be potentially used in 3 D city maps specifically building features.

Direct input of control points coordinates with known units in the base points allows user to monitor the resolution and size of output image. This research has shown that it is necessary to

integrate LiDAR data for the orthorectification purposes of video streaming as well as single scene frame.

The combination between airborne LiDAR measurement and MLS data acquisition will be performed in the context of large scale mapping by using GNSS surveying as a tie factor to the existing reference system.

4 References

Brenner, C., (2000): Towards Fully Automatic Generation of City Models. In: IAPRS Vol. XXXIII, Part B3/1, Comm. III, pp. 85-92, ISPRS Congress, Amsterdam. 2000.

Federal Geographic Data Committee (1998): *Geospatial Positioning Accuracy Standards Part 3: National Standard for Spatial Data Accuracy (version 2.0)*, FGDC-STD-001-1998: Federal Geographic Data Committee, pp.3-4 Washington, D.C.

Federal Geographic Data Committee (1998b): *Spatial Data Transfer Standard. Computer Products Office*, FGDC-STD-002-1998: Federal Geographic Data Committee, National Technical Information Service, Springfield, VA.

Okeke, F.I. (1998): "Review of Digital Image Orthorectification Techniques", GISDevelopment.net.

Photogrammetric Guide, Wichmann, ISBN 3-87907-176-4

Rosenholm, D. and Akerman, D. (1998): "Digital Orthophotos from IRS - Production and Utilization". GIS - Between Visions and Applications, ISPRS, 32, Stuttgart, Germany

Perbedaan Ketelitian Metode Registrasi Data *Laser scanner* Menggunakan Koordinat Station dan Koordinat Target *Backsight*

Sigit Riyanto

Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM 2004
Jln. Pemuda No. 40 Tanjung Redep, Berau, Kalimantan +62554-23400
Email: sigit.riyanto@beraucoal.co.id
Survey Supervisor PT Berau Coal

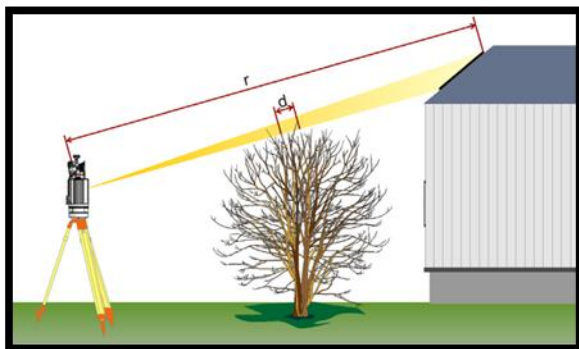
Abstract

The reasearch is based on science and field practical exercise who held on surveying department of PT Berau Coal about measuring using laser measurement systems. The Purpose of research to know best method to register data of laser measurement systems. The research use field data in PT Berau Coal mining area. In this research, we use two kind of data, vector and raster. We use global positioning systems (GPS) and 3D terrestrial laser scanner to get data. The comparison of two method, shows us where the best registration method to use in mining surveying.

Keywords: registrasi, laser scanner, survei, koordinat, GPS.

Pendahuluan

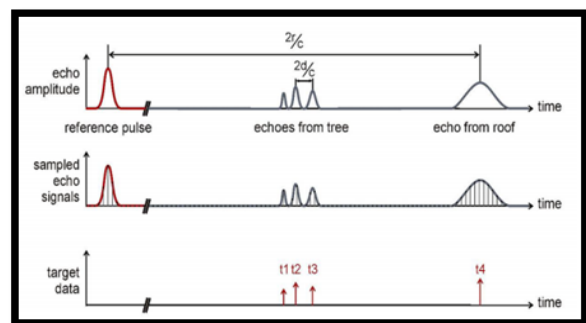
Laser scanner merupakan *surveying equipment* yang mampu mengakusisi data titik dengan kecepatan tinggi yang menggunakan teknologi laser. Pada tulisan ini teknologi yang akan dibahas adalah teknologi laser. Di PT Berau Coal saat ini memiliki 3 buah *laser scanner* merk *Riegl VZ 1000* dengan range jangkauan 1.5 m sampai dengan 1200 m. *Laser scanner* jenis ini dikenal juga dengan *laser scanner multiple target*, dimana titik-titik yang terkena sinar laser akan direkam semua. Pada gambar dibawah ini dapat dilihat perjalanan *signal laser scanner* jenis *multiple target*. Jika *laser scanner* digunakan untuk *scanning* pohon, maka objek yg berada di celah ranting di belakang pohon akan terekam.



Gambar 1. *Signal multiple target*

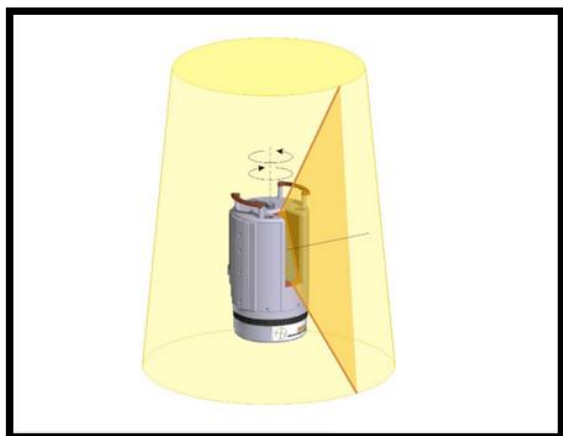
Sumber : *Riegl datasheet* (2011)

Gambar 2. *Amplitude signal multiple target*



Sumber : *Riegl datasheet* (2011)

Sistem mekanik yang terdapat pada *laser scanner* mampu berputar sejauh 360° (°), ini artinya unit mampu melakukan perekaman data sejauh 360° secara horisontal. Sedangkan secara vertikal unit memiliki radius jangkauan sejauh 100° (+60/ - 40). Unit ini dilengkapi dengan *inclination sensor*, kompas dan GPS internal tipe *single* frekuensi. eKoordinat yang dihasilkan oleh GPS internal tersebut berupa koordinat absolut. Pada tulisan ini akan dibahas penentuan posisi menggunakan GPS RTK (*Real Time Kinematic*), bukan penentuan posisi berdasarkan GPS internal yang ada pada unit *laser scanner*.



Gambar 3. Full Scanning range

Sumber : Riegl datasheet (2011)

Unit *laser scanner* ini memiliki kemampuan tingkat kerapatan titik yang dapat diatur hingga 5 mm. Berdasarkan spesifikasi pabrikan dituliskan bahwa presisi pengukuran 5 mm dan akurasi 8 mm. Untuk keperluan pengukuran di tambang tidak digunakan data dengan kerapatan antar titik hingga 5 mm. Namun untuk keperluan pekerjaan sipil seperti *conveyor* dan *crusser* diperlukan tingkat kerapatan antar titik hingga 5 mm. Terdapat 4 mode gelombang laser yang dapat digunakan. Mode gelombang dengan panjang 300 KHz pada jarak 450 m mampu menghasilkan 122.000 pengukuran per detik. Mode gelombang 150 KHz pada jarak 800 m mampu menghasilkan 62.000 pengukuran per detik. Mode gelombang 100 KHz pada jarak 1000 m mampu menghasilkan 42.000 pengukuran per detik. Sedangkan mode dengan gelombang 70 KHz pada jarak 1200 m mampu menghasilkan 29.000 pengukuran per detik. Berikut tersaji dalam tabel penjelasan panjang gelombang dan jangkauannya serta kemampuan melakukan pengukuran.

Laser signal	70 KHz	100 KHz	150 KHz	300 KHz
Effective measurement Rate	29.000 Meas/sec	42.000 Meas/sec	150.000 Meas/sec	122.000 Meas/sec
Maximum measurement range	1200 m	1000 m	800 m	450 m

Tabel 1. Panjang gelombang, kemampuan, dan jangkauan laser

Sumber : Riegl datasheet (2011)

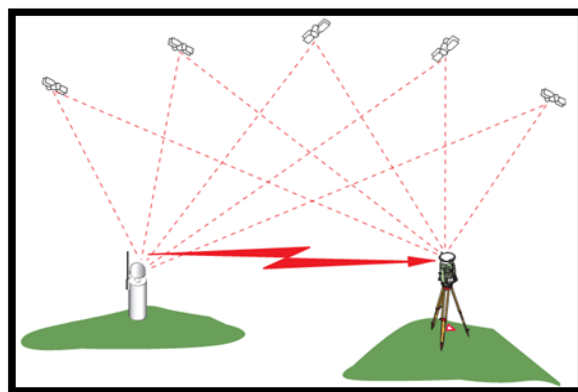
Pada pengukuran menggunakan *laser scanner*, koordinat berdiri unit atau selanjutnya disebut *station* diperoleh dari hasil perekaman menggunakan *total station*, atau menggunakan GPS RTK yang dipasang di atas *laser scanner*. Pada penelitian ini penentuan

koordinat berdiri unit dengan GPS RTK. Pemilihan metode ini didasarkan pada jumlah peralatan yang dibawa ke lapangan lebih sedikit dan ringkas, serta pengukurannya yang lebih mudah dan cepat bila dibandingkan menggunakan *total station*.

Data koordinat berdiri unit dengan data hasil *scan laser scanner* tidak terintegrasi secara langsung. Sehingga bisa dikatakan perekaman posisi dan pengambilan data terpisah, namun dalam satu tahap. Pada saat pengolahan data, kedua data digabungkan menggunakan *software Riscanpro* yang merupakan *bundle software* dari pembelian *laser scanner*.

Penentuan Koordinat

Untuk penentuan koordinat digunakan GPS RTK merk *Trimble 5800 series*. Jumlah satelit yang mampu ditangkap GPS ini di area Berau rata-rata 16 satelit pada kondisi *clear of obstacle* antara pukul 08.00 wita hingga pukul 16.00 wita. *Receiver* GPS tersebut merupakan *receiver* bertipe multi frekuensi. Sehingga jumlah satelit yang mampu ditangkap meliputi satelit GPS dan *GLONASS*. Untuk satelit GPS sendiri berjumlah 8 - 14 satelit. Sedangkan *Glonass* antara 6 - 8 satelit. Berdasarkan pengukuran yang telah dilakukan di area konsesi PT Berau Coal, jumlah minimal satelit yang dapat menghasilkan koordinat metode RTK ideal dengan ketelitian 1-5 cm, adalah 7 buah satelit. Semakin banyak akan semakin mudah dan cepat koordinat direkam.



Gambar 4. Ilustrasi penerimaan sinyal satelit dan koreksi data GPS RTK

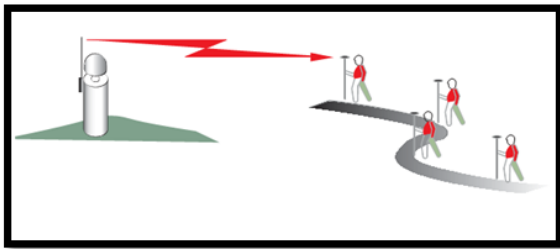
Sumber : *Leica smart station manual* (2005)

Pengukuran dengan metode GPS RTK diperlukan minimal 2 unit GPS yang saling terhubung dengan media komunikasi untuk komunikasi data koreksi. Dalam penelitian ini media komunikasi yang digunakan adalah internal radio pada GPS *Trimble 5800 series* dengan gelombang UHF (*Ultra High Frequency*) berfrekuensi 400 - 420 MHz. GPS yang berfungsi sebagai base dipasang di atas BM (*Bench Mark*) yang memiliki koordinat dalam sistem proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) 50 North. Zone tersebut merupakan zona dimana letak

konsesi tambang PT Berau Coal berada. Baik GPS yang berfungsi sebagai *base* maupun *rover* dilengkapi dengan internal radio yang berguna untuk mengirim data koreksi. Data koreksi yang dikirim dari *base* ke *rover* menggunakan format koreksi *default* dari *Trimble 5800 series*. Meskipun memiliki radio internal, komunikasi *base* dan *rover* tidak akan berjalan jika antena radio tersebut tidak dipasang. *Receiver Trimble 5800 series* bukan tipe *receiver* GPS yang memiliki radio internal sekaligus antena radio internal.

Registrasi data laser scanner

Registrasi data bertujuan untuk menggabungkan data hasil *bundle* yang berupa data vektor dan raster dengan data koordinat station. Pada penelitian ini digunakan dua metode registrasi. Metode pertama menggunakan koordinat station dan target (selanjutnya disebut *backsight*). Sedangkan metode kedua hanya menggunakan koordinat station. Kedua koordinat ditentukan dengan GPS RTK. Untuk metode pertama diperlukan *scan* tambahan pada *backsight* yang berupa *reflector*. *Reflector* tersebut dibuat berbentuk tabung seperti kaleng susu dengan ukuran tinggi 10 cm dan jari-jari 5 cm. *Backsight* didirikan secara bebas, tidak harus diatas BM.



Gambar 5. Ilustrasi koreksi data GPS RTK

Sumber : *Leica smart station manual* (2005)

Proses pengambilan data dengan *laser scanner* yang selanjutnya disebut *scanning* dilakukan dengan beberapa kali berdiri unit. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data dengan detail yang lengkap. Untuk itu diperlukan penguasaan lapangan dan konsep keruangan untuk meentukan dimana saja *laser scanner* harus berdiri. Jumlah berdiri alat di setiap pit tambang tidak selalu sama. Adakalanya di area pit dengan bukaan yang berkontur rapat dan heterogen diperlukan lebih banyak berdiri alat dibandingkan dengan kondisi pit yang cenderung datar dan berkontur homogen.

Tujuan dari penelitian adalah untuk mengetahui akurasi dan presisi registrasi data *laser scanner* dengan menggunakan 2 metode registrasi. Seperti telah disebutkan diatas, kedua metode tersebut yaitu registrasi yang melibatkan semua koordinat *station* dan *backsight*, dan registrasi yang melibatkan koordinat *station* saja. Sehingga akan diketahui pula, setiap *scanning* dan registrasi metode apa yang tepat

untuk mencapai tingkat ketelitian pengukuran yang ditetapkan di departemen survei PT Berau Coal.

Metodologi

Scanning dilakukan di *site* Samarata tepatnya di pit Gaharu pada 13 September 2012. Pengambilan data dilakukan dari pukul 8.30 Wita hingga pukul 13.30 Wita. Dengan tim yang terdiri atas seorang survei supervisor dan seorang *surveyor* yang dibantu 2 kru survei dan seorang *driver* yang bertugas membawa sarana transportasi. Sehingga perpindahan *station laser scanner* dapat dilakukan dengan lebih cepat.

Peralatan utama untuk penentuan posisi di lapangan meliputi GPS RTK merk *Trimble 5800 series* yang terdiri dari 1 unit *receiver* yang terintegrasi dengan antena GPS dan internal radio sebagai media komunikasi koreksi data GPS dari *base* ke *rover*. Di lapangan telah disiapkan sebuah BM dimana koordinatnya diturunkan dari jaring koordinat orde 1 yang dibuat oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) yang terletak di Bandara Kalimantan Berau. Selain itu aksesoris lain yang digunakan adalah sebuah *tripod* aluminium dan 1 set *tribrach* dengan *carrier* yang dilengkapi dengan *nivo* tabung yang berfungsi sebagai acuan *centering*. Sedangkan untuk GPS *rover* yang terdiri dari 1 unit *receiver* yang terintegrasi dengan antena GPS dan internal radio untuk menerima koreksi data GPS dari *base*. Setiap internal radio komunikasi dipasang antena radio berkemampuan 2 dB. Dengan *power* 1 waat, jarak jangkauan komunikasi 2 radio tersebut mampu menjangkau hingga 2 km tanpa halangan vegetasi. Khusus GPS *rover* akan dipasang di atas *laser scanner* untuk menentukan koordinat *station laser scanner* yang dihubungkan dengan *mounting* tambahan untuk memudahkan perhitungan *offset* dari pusat *laser scanner* terhadap pusat antena GPS.

Peralatan *laser scanner* sendiri meliputi 1 unit *laser scanner* merk *Riegl VZ-1000* yang dimiliki oleh PT Berau Coal (1 dari 3 unit yang ada). Jangkauan laser unit ini mencapai 1200 m dengan kemampuan perekaman data seperti yang telah disebutkan pada pendahuluan dalam tulisan ini. Dilengkapi juga dengan *inclination sensor* yang mampu mengkoreksi kemiringan terhadap *centering*. Berikut gambarnya pada posisi disimpan.



Gambar 6. Unit *laser scanner* Riegl VZ 1000

Sumber : Dokumentasi survei PT Berau Coal (2012)

Untuk merekam data raster berupa *image* digunakan kamera merk Nikon D700 yang merupakan 1 paket pembelian unit *laser scanner*. Unit kamera tidak terintegrasi secara langsung di dalam unit *laser scanner* sehingga bisa dibongkar pasang. Unit kamera juga dapat diganti jenis lensa yang digunakan. Pada penelitian ini lensa yang digunakan adalah lensa *fix wide* 14 mm yang telah dikalibrasi sehingga data *image* akan menyatu dengan data vektor. Pada bagian atas kamera terdapat mounting yang dihubungkan dengan GPS *single* frekuensi. Aksesoris pendukung lainnya berupa *tripod* kayu. *Tripod* kayu lebih stabil dan kuat dibandingkan *tripod* aluminium yang digunakan di GPS, karena nilai muai *tripod* kayu lebih kecil dibandingkan nilai muai *tripod* aluminium. Selain itu pemilihan *tripod* kayu mempertimbangkan berat unit yang mencapai ± 9.8 kg.



Gambar 7. Unit kamera Nikon D700 dengan lensa *fix wide* 14 mm dan internal GPS

Sumber : Dokumentasi *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Pengambilan data

GPS *base* dipasang di atas BM. Untuk mengatur fungsi *receiver* menjadi *base*, koordinat BM dalam sistem proyeksi UTM 50 N di *input* ke dalam *receiver* GPS dengan menggunakan *controller* GPS. Tinggi antena diukur menggunakan pita ukur dan di *input* menggunakan *controller*. GPS *base* akan mengirim data koreksi ke *rover* melalui radio, untuk itu disamakan frekuensi baik di *base* maupun di *rover*. Koreksi data dari GPS *base* akan diterima oleh GPS *rover* hanya jika frekuensi radio *base* dan *rover* berada pada frekuensi yang sama.

Setelah dihidupkan GPS akan melakukan inialisasi penerimaan satelit, untuk tipe *receiver* multi frekuensi, proses inialisasi berkisar 1 - 2 menit. Setelah data koordinat BM, tinggi antena, dan frekuensi radio di *input*, berikutnya GPS difungsikan sebagai *base*. Pada *receiver* dilengkapi lampu LED sebagai indikator bahwa GPS *base* mengirim data koreksi ke *rover*.

Untuk memastikan bahwa koreksi data benar-benar

masuk ke *rover*, GPS *rover* dihidupkan dan frekuensi radio di setting sama. Jika lampu indikator menerima koreksi data telah hidup, berarti koreksi data telah masuk. Untuk melihat apakah posisi *rover* telah *fix* dengan ketelitian kisaran 1 - 5 cm, pada layar *controller* GPS dapat dilihat ketelitiannya, apakah sudah *fix* atau masih *float*. *Fix* adalah jika ketelitian dalam kisaran 1 - 5 cm. lebih dari nilai tersebut maka dianggap *float*, atau ketelitian tidak bisa diterima. Kriteria *fix* dan *float* ini dapat di *customize* sesuai standar ketelitian pekerjaan yang disyaratkan.

Posisi berdiri *laser scanner* bebas, maksudnya adalah tidak harus berdiri di atas BM. Begitu juga dengan posisi *backsight*. Jarak antara *laser scanner* dengan *backsight* antara 4 - 10 m. Jarak ini tidak ada acuan tetapnya. Namun untuk mempercepat proses *scanning* target diletakkan tidak terlalu jauh agar mudah di deteksi. Setelah *laser scanner* dipasang di atas *tripod* dengan *tribrach* dan *carrier*, posisi *laser scanner* di atur *centering*nya dengan menggunakan skrup ABC pada *tribrach* sebagai pendekatan *centering* secara kasar, sambil memperhatikan petunjuk *centering* digital di unit *laser scanner*. Kamera dipasang di atas *laser scanner*. Frekuensi laser yang digunakan adalah 70 KHz dengan jangkauan 1200 m. Sedangkan line resolution baik vertikal maupun horizontal diatur seragam 0.004 °. Dengan pengaturan ini proses *scanning* untuk posisi awal kurang lebih 8 menit.



Gambar 8. Konfigurasi laser scanner

Sumber : Dokumentasi pengukuran *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Posisi target ditempatkan di belakang area yang akan di dilakukan *scanning*, sehingga tidak akan menutupi laser ketika akan mengambil detail. Target dipasang di atas *tripod* yang dilengkapi dengan *tribrach* dan *carrier* dan diatur *centering*nya dengan memperhatikan nivo dan memutar skrup ABC. Kemudian dilakukan *scanning*. Hal terpenting ketika melakukan *scanning* adalah menghindari kontak laser

dengan *reflector* berupa prisma pada jarak kurang dari 500 m. Proses *scanning* pertama ini untuk pengambilan detil sejauh 360 ° secara horizontal dan data vertikal yang diatur dengan range 100 °, yaitu dari 30 - 130 °.

Setelah proses *scanning* pertama selesai, kamera otomatis akan mengambil data *image*. Data hasil *scanning* pertama tersimpan di dalam unit *laser scanner* kemudian dilakukan *load* data untuk mencari *backsight*. Secara otomatis *laser scanner* dapat mendeteksi adanya *reflector* pada data *scan*. Kemudian dilakukan *scanning* ke 2 hanya untuk posisi *backsight* berada.

Setelah selesai, kamera dilepas dari *scanner* dan diganti dengan GPS *rover* untuk merekam koordinat *station*. Metode yang digunakan adalah RTK *observation* selama 180 detik. Begitu juga dengan koordinat *backsight*, di bagian atas *backsight* dipasang GPS RTK untuk mendapatkan posisi berdiri *backsight*. Karena *offset* yang berbeda antara titik tengah *laser scanner* dan target, pencatatan tinggi dilakukan secara manual. Integrasi data *laser scanner* dan data koordinat dari GPS dilakukan pada saat pengolahan data dengan *Riscanpro*.

Proses *scanning* dilakukan sebanyak 5 kali. Itu artinya terdapat 5 kali perpindahan posisi *laser scanner*. Dasar pengukuran sebanyak 5 kali adalah luas area pit yang dilakukan *scanning*. Dengan ukuran panjang ± 1800 m dan lebar ± 600 m, posisi berdiri *laser scanner* dibuat tersebar merata di area pit. Untuk sekali berdiri hingga proses *scanning* selesai dibutuhkan waktu kurang lebih 20 menit. Karena letak berdiri *laser scanner* yang jauh dan akses jalan total keseluruhan untuk melakukan *scanning* pit dengan ukuran 1800 x 600 m membutuhkan total waktu kurang lebih 4 jam. Kondisi ini tidak akan sama dengan pit serupa tanpa akses yang sama.

Data hasil *scanning* tersimpan di dalam *memory* internal *laser scanner*. Sedangkan data koordinat *station* dan *backsight* tersimpan dalam *controller* GPS. Kapasitas data hasil *laser scanner* bervariasi. Pada penelitian ini total keseluruhan data mencapai 669 MB.

Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengukuran dengan *laser scanner* berupa vektor dan raster. Data vektor diperoleh dari *scanning laser scanner* dengan ekstensi **.rxp*, sedangkan data raster berupa *image* diperoleh dari kamera. Kedua data tersebut disimpan dalam 1 folder pada satu *station*. Sedangkan data dari 5 *station* akan tersimpan dalam satu folder. Ketika dilakukan *download and convert* dari *raw* data ke *Riscanpro*, kedua jenis data akan disatukan ke dalam sebuah *project*. Data raster telah terintegrasi dengan data vektor namun dalam

sistem koordinat *project*.

Data hasil *scanning* memiliki 3 sistem koordinat, sistem koordinat WGS (World Geodetic Systems) dengan ketelitian absolut hasil dari GPS internal *laser scanner*, sistem koordinat *scanner*, dan sistem koordinat *project*. Namun karena koordinat WGS hasil posisi GPS internal berketelitian rendah, koordinat ini akan diganti dengan koordinat hasil pengukuran dengan GPS RTK. Dimana langkah tersebut dinamakan registrasi data.

Hal pertama yang perlu dilakukan sebelum registrasi data adalah memasukkan data koordinat hasil dari GPS RTK ke dalam *file ASCII*, bisa berupa *file* berekstensi **.txt*, atau *file* berekstensi **.csv*. Untuk posisi *easting northing* dalam sistem proyeksi UTM 50 N untuk area kerja PT Berau Coal tidak perlu dilakukan perubahan. Yang perlu dikoreksi adalah nilai elevasi. Elevasi hasil dari GPS RTK merupakan elevasi dari posisi antena GPS itu sendiri, sedangkan dalam perhitungan yang dibutuhkan adalah elevasi pusat *laser scanner*. Karena posisi antena GPS berada di atas *laser scanner*, maka elevasi hasil GPS RTK dikurangi dengan *offset* terhadap *laser scanner*. Pada penelitian ini konstanta pengurang sebesar 0.156 m. Namun ada cara lain yang lebih mudah agar tidak terjadi kesalahan dalam elevasi *laser scanner*, yaitu pada saat pengukuran di lapangan, konstanta sebesar 0.156 m dimasukkan sebagai tinggi antena GPS RTK. Sehingga pada saat *download* data koordinat, elevasi yang dihasilkan sudah merupakan elevasi pusat *laser scanner*.

Data dapat dipindah dari unit *laser scanner* dengan menggunakan USB *flashdisk*, kabel jaringan, atau dengan jaringan *Wifi*. Pada *Riscanpro*, dibuat *project* dengan *ID* data tanggal dilakukan *scanning*, agar memudahkan dalam penyimpanan. Data hasil *scanning* dengan ekstensi **.rxp* merupakan *raw* data, untuk dapat dilakukan pengolahan, *raw* data dikonversi ke dalam *Riscanpro*. Pada saat melakukan *download and convert*, data tidak akan terbaca sebagai *raw* data dengan ekstensi **.rxp*. Namun dalam satu *project scanning* dengan 5 kali berdiri unit yang terbaca adalah satu kesatuan *project* dengan ekstensi **.riproject*. Jenis data ini di dalamnya memuat *file* vektor yang berekstensi **.rxp* dan *file* raster berupa *image* dengan ekstensi **.jpg*. Semua data dikonversi tanpa terkecuali. Hal ini untukantisipasi jikalau terjadi kesalahan dalam registrasi, maka terdapat data lain yang bisa di registrasi ulang tanpa harus melakukan *download* data dari unit lagi.

Setelah proses *download and convert* selesai, data hasil *scanning* yang berupa vektor ada 2 jenis, pertama yang berekstensi **.mon*, dan kedua tanpa ekstensi. Pada layar *preview* dapat dilihat tingkat detil data. *File* dengan ekstensi **.mon* merupakan monitor *file* yang tidak digunakan dalam *processing*, maka *file*

ini dapat dibuang. Untuk *file* vektor tanpa ekstensi dilakukan pewarnaan dengan menggunakan *file* raster *image*. Karena *file* *image* dan *file* raster telah terintegrasi dalam satu sistem koordinat, maka pewarnaan data dapat dilakukan secara langsung. Pada tampilan *view*, data akan bertumpang tindih dengan orientasi yang berbeda setiap *station*.

Sebelum melakukan registrasi data, masukkan data koordinat *station* dan koordinat *backsight* ke dalam sistem koordinat global. Seperti yang telah dijelaskan sebelumnya, setiap hasil scan memiliki 3 jenis sistem koordinat, sistem koordinat *scanner*, sistem koordinat *project*, dan sistem koordinat global.

Buka hasil *scan* ke dalam 1 *view* untuk melihat hasil *scan*. Pada data yang ditampilkan di *view*, tidak digunakan sistem koordinat global dari GPS internal unit *laser scanner*, sehingga tampilan akan memperlihatkan bahwa pertampalan dan orientasi data tidak seragam.

Pada sistem koordinat *scanner* pilih pengaturan metode *backsight orientation* dengan melibatkan koordinat *station* dan koordinat *backsight* hasil dari pengukuran GPS RTK. Definisikan posisi berdiri alat dan pilih koordinatnya. Kemudian pilih koordinat dari *backsight*. Pada saat memasukan koordinat *backsight*, harus didefinisikan data *scan* yang berisi target *reflector*. Jika salah memilih target data *scan*, orientasi akan berubah dan tidak sesuai dengan data koordinat yang dimasukan. Secara otomatis *software* akan menghitung rotasi dan translasi sistem koordinat *scanner* terhadap sistem koordinat global. Dan hasilnya akan ditampilkan ke dalam bentuk matriks transformasi koordinat. Berikut *summary* hasil transformasinya.

SUMMARY			
Own position		Remote object	
Alignment: via remote object			
X = 544341.757 m	X = 544345.466 m		
Y = 240703.336 m	Y = 240701.939 m		
Z = 23.951 m	Z = 24.091 m		
Instrument height		Used tiepoint	
Height = 0.000 m	120913_114115.mon_Reflector0_3_bad		
Instrument orientation:			
Roll = 0.107 deg	Pitch = -0.026 deg		
MATRIX			
SOP (SOCS -> GLCS):			
0.320391501	-0.947283811	0.001633247	544341.757000000
0.947285113	0.320390173	-0.001025340	240703.336000000
0.000448011	0.001875661	0.999998141	23.951000000
0.000000000	0.000000000	0.000000000	1.000000000

Gambar 9. Matriks transformasi koordinat

Sumber : Dokumentasi pengolahan data *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Proses registrasi ke koordinat global hasil pengukuran GPS RTK telah selesai. Proses ini masih menghasilkan deviasi antar data *scan* dalam kisaran 5

- 20 cm. Tahapan selanjutnya adalah mengurangi nilai deviasi antar *scan*, atau dalam Riscanpro dikenal dengan MSA (*Multi Station Adjustment*). Sebelum dilakukan MSA data perlu di *prepare* untuk mengelompokkan pertampalan data menjadi *polydata*.

Untuk melakukan *prepare* data, *Riscanpro* menyediakan fasilitas *plane patch filter*, yaitu metode untuk menyatukan hasil beberapa kali *scan* dari posisi yang berbeda dengan membuat *sampling* berupa *cube*. Parameter ukuran *cube* yang dimasukan pada penelitian ini adalah 0.064 m, dengan minimal jumlah titik di dalam *cube* 5 buah. Sedangkan maksimum *plane error* di masukkan 0.02 m. Pengaturan ini bertujuan jika terdapat beberapa *cube* yang bertampalan, maka *software* akan membuat *cube* baru dengan maksimal jarak antar *cube* 0.02 m.

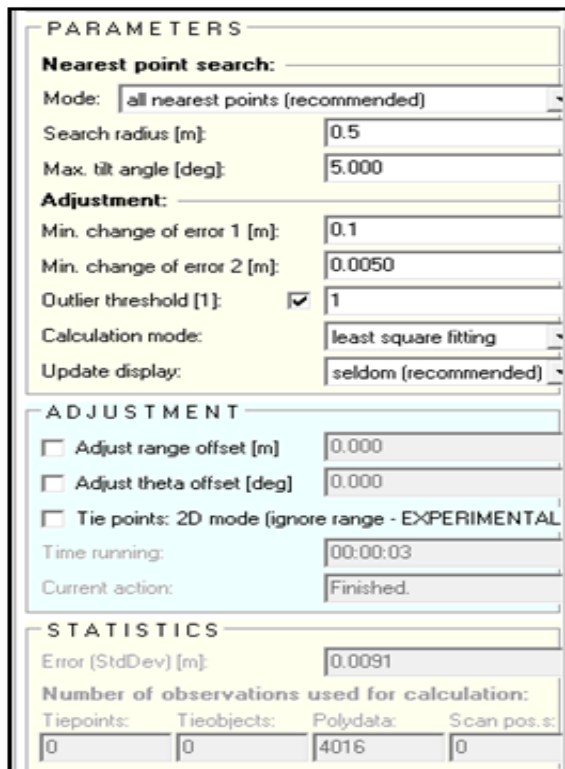
Proses MSA dilakukan dengan mengunci posisi dan orientasi berdiri unit sebagai acuan, yaitu posisi 1. Pada *analyze* data untuk mendefinisikan jumlah *polydata* digunakan pengaturan *search radius* sebesar 1 m dan maksimal *tilt* 5°. Artinya adalah untuk *cube-cube* dalam radius 1 m hanya yang memiliki kemiringan maksimal 5° yang digunakan sebagai dasar penyatuan data antar *scan*.

Adjustment Data

Parameter *adjustment minimal change of error 1* digunakan 0.1 m. Sedangkan parameter *adjustment minimal change of error 2* 0.005 m. Parameter ini menjelaskan langkah iterasi yang digunakan untuk hitung perataan. Nilai parameter ini dapat dirubah ke nilai yang lebih kecil. Sehingga standar deviasi dari penyatuan data antar *scan* akan lebih kecil. Namun yang perlu diperhatikan adalah jumlah *polydata* yang digunakan. Idealnya untuk mendapatkan standar deviasi dibawah 1 cm, diperlukan minimal 3000 *polydata*. Aturan ini tidak baku. Berdasarkan pengalaman praktis yang dilakukan di departemen survei di PT Berau Coal, nilai tersebut bisa dijadikan acuan pertampalan data memenuhi standar ketelitian survei yang disyaratkan, sama dengan ketelitian GPS RTK yaitu range 1-5 cm.

Pada *analyze* awal ini dihasilkan standar deviasi 0.1184 m dengan melibatkan 11.857 *polydata*. Dengan hasil ini pada pengecekan data masih terdapat ruang kosong sebesar 17 cm.

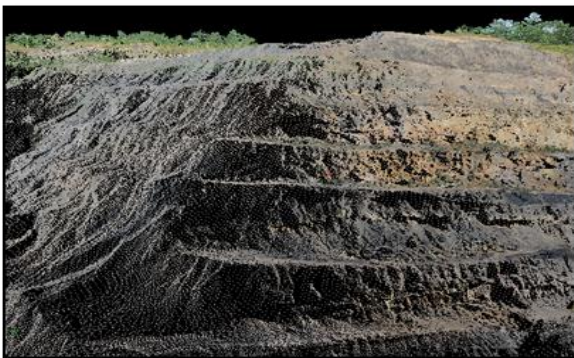
Kemudian dilakukan *compute* pertama dengan menurunkan *search radius* menjadi 0.5 m dan parameter *tilt* tidak dirubah. Standar deviasi dari hasil *compute* pertama adalah 0.0091 dan melibatkan 4016 *polydata*. Pada kondisi ini, jarak ruang kosong antar *scan* yang tadinya bernilai 17 cm mengecil menjadi 0.03 cm. Pada gambar di bawah ini dapat dilihat hasil *print screen* standar deviasi akhir dari penyatuan data antar *scan*.



Gambar 10. Parameter MSA

Sumber : Dokumentasi pengolahan data *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Ketelitian tersebut sudah memenuhi standar ketelitian yang disyaratkan untuk penyatuan data antar *scan* di PT Berau Coal. Hasil registrasi ini sekali lagi melibatkan *station* dan *backsight* yang ditentukan dengan GPS RTK metode *observation* selama 180 detik. Berikut hasil datanya ditampilkan dengan *true color*.



Gambar 11. Coloring Data

Sumber : Dokumentasi pengolahan data *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Registrasi selanjutnya adalah dengan hanya menggunakan koordinat *station* saja, tanpa melibatkan koordinat *backsight*. Di dalam *Riscanpro* langkahnya sedikit berbeda dengan metode registrasi data sebelumnya.

Sama halnya dengan registrasi yang melibatkan

backsight, koordinat hasil GPS RTK dimasukkan ke dalam sistem koordinat global. Tapi terdapat perbedaan yaitu hanya koordinat *station* saja yang dimasukkan. Sedangkan koordinat target tidak dimasukkan.

Setelah melakukan *download and convert* data, sistem koordinat global yang diperoleh dari GPS internal unit diregister sebagai sistem koordinat sementara dengan ketelitiannya sub meter. Ketelitian ini berkaitan dengan jenis GPS yang dimiliki yaitu jenis GPS *single* frekuensi.

Selanjutnya dilakukan *prepare* data untuk memulai MSA. Berbeda dengan langkah registrasi sebelumnya, pada metode ini dilakukan penyatuan data antar *scan*, baru kemudian ditransformasi ke koordinat global. Parameter *prepare* data yang dimasukkan sama dengan *prepare* data pada registrasi sebelumnya, yaitu ukuran *cube* 0.064 m, maksimal *plane error* 0.02 dan jumlah titik minimal dalam satu *cube* 5 buah.

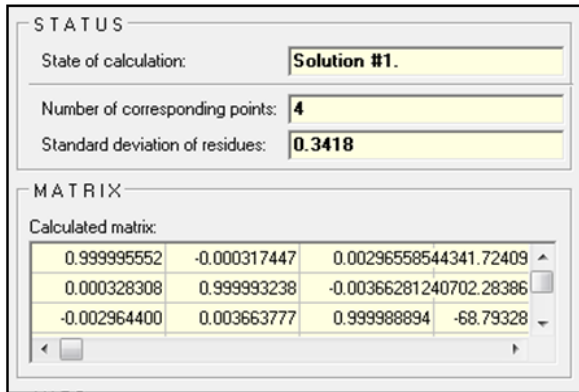
Terdapat perbedaan parameter masukan untuk MSA. Misalnya pada *analyze* data dimasukkan parameter *search radius* 12 m. Hal ini dikarenakan pertampalan data masih terdapat gap yang besar dalam sub meter. Agar jarak antar *scan* dapat dideteksi, idealnya diketahui berapa jarak terbesar antar *scan*. Nilai tersebut kemudian dimasukkan ke dalam parameter MSA. Parameter lainnya dibuat sama dengan registrasi sebelumnya.

Hasil *analyze* menunjukkan standar deviasi 4.4837 m dan melibatkan 106.252 *polydata*. Pada *compute* pertama *radius* diganti dengan nilai setengahnya (6 m), dan parameter lain dibuat sama. Standar deviasi pada *compute* pertama menghasilkan 0.2092 m dan melibatkan 66.315 *polydata*. Langkah serupa dilakukan hingga mendapatkan standar deviasi yang sesuai ketelitian yang disyaratkan. Setelah melakukan 4 kali *compute* dengan memperkecil radius hingga 0.75 m, standar deviasi menjadi 0.0126 m dan *polydata* berjumlah 8276 *polydata*. Jumlah *polydata* masih di atas 3000, namun ketika diperkecil parameter radius, nilai standar deviasi menjadi lebih besar dari 0.0126 m, yaitu 0.0229 m dengan *polydata* 2258 *polydata*. Maka hasil yang digunakan adalah yang bernilai 0.0126 m dengan 8276 *polydata*.

Setelah melakukan MSA, data selanjutnya dilakukan transformasi dari koordinat project ke dalam sistem koordinat global hasil pengukuran GPS RTK. Pada setiap hasil *scan* dibuat posisi baru dengan nilai 0 (nol). Nilai nol ini akan dikorelasikan dengan nilai koordinat setiap berdiri unit dengan parameter yang telah ditentukan.

Pada penelitian ini parameter toleransi dengan beberapa kali percobaan yang dimasukkan adalah 0.9% dan minimal posisi 4 koordinat. Standar deviasi

dari nilai adalah 0.3418 dengan melibatkan posisi berdiri unit 4 buah. Yaitu posisi 1, 2, 3 dan 4. Nilai ini merupakan nilai terkecil dari sekian percobaan yang melibatkan minimal 4 posisi berdiri unit. Berikut hasil *print screen* dari standar deviasi registrasi data dengan melibatkan hanya data koordinat *station* saja.



S T A T U S			
State of calculation:	Solution #1.		
Number of corresponding points:	4		
Standard deviation of residues:	0.3418		
M A T R I X			
Calculated matrix:			
0.999995552	-0.000317447	0.00296558544341.72409	
0.000328308	0.999993238	-0.00366281240702.28386	
-0.002964400	0.003663777	0.999988894	-68.79328

Gambar 12. Standar deviasi transformasi

Sumber : Dokumentasi pengolahan data *laser scanner* PT Berau Coal (2012)

Kesimpulan dan Saran

Dari 2 metode registrasi data hasil *scan* yang dilakukan oleh survei PT Berau Coal dapat dilihat bahwa ketelitian dari hasil registrasi dengan melibatkan koordinat *station* dan *backsight* memiliki ketelitian lebih baik dibandingkan dengan metode registrasi yang hanya melibatkan koordinat *station* saja. Sebagai salah satu perbandingan adalah nilai MSA. Pada Registrasi pertama dihasilkan standar deviasi MSA 0.009, sedangkan pada registrasi ke 2 dihasilkan nilai deviasi MSA 0.0126.

Meski secara persyaratan kedua MSA memenuhi syarat, namun nilai deviasi pada saat transformasi dari sistem koordinat *project* ke koordinat global pada cara registrasi kedua cukup besar, yaitu 0.3418. Sedangkan pada registrasi pertama, proses transformasi dilakukan dengan mengikatkan keseluruhan posisi berdiri unit terhadap posisi *backsight*. Kelebihan dari metode registrasi pertama adalah terdapat 10 titik koordinat (5 koordinat *station* dan 5 koordinat *backsight*) yang dilibatkan pada proses transformasi. sedangkan pada cara registrasi ke 2 hanya melibatkan 4 titik koordinat (koordinat *station* saja). Karena alasan tersebut, di PT Berau Coal metode registrasi data yang digunakan adalah metode registrasi data yang pertama.

Namun metode registrasi data yang melibatkan koordinat *station* dan *backsight* bukan tidak memiliki kelemahan. Pada saat melakukan *scan* target, *laser scanner* juga melakukan *scanning* pada obyek-obyek yang dianggap mirip target *backsight* yang mirip dengan *reflector* tabung. Sehingga jika tidak secara teliti memilih *backsight* pada data *scanner* dapat

menyebabkan disorientasi salah satu hasil *scan*.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada tim survei PT Berau Coal yang terlibat baik secara langsung maupun tidak langsung pada pengambilan data lapangan menggunakan *laser scanner* yang tidak dapat disebutkan namanya satu per satu. Ucapan terimakasih atas dukungan dari atasan *superintendent* dan manajer departemen survei PT Berau Coal sehingga tulisan ini dapat diselesaikan.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2011, *3D Terrestrial Laser scanner Riegl VZ-400 / Riegl VZ-1000, General Description and Data Interfaces*, Riegl Laser Measurement Systems GmbH, Austria.
- Anonim, 2005, *Surveying with Smartstation, An Introduction to RTK*, Leica Geosystems AG, Heerbrugg, Switzerland.

Robust and Fully Automated Mosaicing UAV Images: A Preliminary Result

Martinus Edwin Tjahjadi, Hery Purwanto, Silvester Sari Sai

Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi ITN-Malang

Jln. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang, Telp. +062-341-551431, Email: edwint.tjahjadi@gmail.com

Abstract

This paper presents a preliminary result of ongoing research on unmanned aerial vehicle (UAV) for an interactive 3D environmental monitoring and modeling. A small UAV can carry an embedded camera which can continuously take pictures of landscapes. A convenient way of monitoring landscape changes might be through accessing a sequence of images. However, since the camera's field of view is always smaller than human eye's field of view, the need to combine aerial pictures into a single mosaic is eminent. A fully automated program is developed to stitch aerial photographs into a mosaic without the need of on board GPS data. The problem with UAV's images was that they might be collected in unordered flight routes; hence they are sensitive to the ordering, orientation, scale and illumination changes. The stitching process is formulated using a multi-image matching method combined with a general projection model based on collinearity condition and uses that to determine a common projective plane between overlapped images. Common features between overlapped images are extracted using SIFT, then automatic matching processes between images are performed using RANSAC. An initial attempt shows a promising result yet a camera calibration is omitted.

Keywords: Image matching, mosaics, perspective, unmanned aerial vehicle

Introduction

Mosaic is a single continuous composite image formed by piecing together two or more overlapping aerial photos (Wolf and Dewitt, 2000). It is commonly accepted both in photogrammetric and computer vision communities that bundle adjustment is a golden standard method for recovering exterior orientation parameters from image sequences (Hartley, and Zisserman, 2004) to compose a mosaic. In an image registration process, a bundle adjustment computation requires however, good initial values for all the six exterior parameter, as well as approximations for the 3D coordinates of tie points. Szeliski (1996 and 2006) utilized the Levenburg-Marquadt nonlinear minimization algorithm to refine the estimates to achieve the best transformation. Nonetheless, to avoid such a need, this paper presents a novel method of transforming images into a mosaic using perspective projection of planes. More specifically, the steps to build a mosaic are discussed as follows: extracting invariant features on each images and determine point correspondences between the overlapped images, estimate transformation parameters between pairs of images, compute the extent of the output mosaic, and finally, blend the overlapping images to produce the output image.

Methodology

The first step in the mosaicking process is to extract and match Scale Invariant Feature Transform (SIFT features) between all of the images (Lowe, 2004), and at each feature location, a characteristic scale and orientation is established. Then they must be matched by using a k-d tree to find approximate nearest neighbors (Beis and Lowe, 1997)

At this stage the objective is to find all matching of the overlapping images. Connected set of image matches will later become mosaic. However, to automate a mosaic process, each image has to be matched into only a small number of neighboring images to obtain a good solution. A RANSAC (Random Sample Consensus) strategy is performed (Fischler and Bolles, 1981). For each pair of potentially matching images (i.e. overlapping images) there are a set of inliers and outliers. To verify the match is by comparing the probabilities that this set of inliers was generated by a correct image match. A cost function to be verified is a normalized cross correlation method (Lemmens, 1988) and an adaptive least square image matching (Gruen, 1985, 2001). Those method refer to the process of finding

corresponding or conjugate points in digital images (or parts thereof) in the form of a matrix of reflectance levels. It is based on the idea that grey values of pixels of conjugate points have similar radiometric characteristics. The process generally requires a close approximation to the matched patches in order to ensure a successful match. In other words, having a point in one image, its conjugate in the other one is obtained by optimizing a certain similarity measure, defined over the pixel grey values within the image window. Two techniques are adopted to calculate the possible similarity measures within sub-pixel accuracy:

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n [(f_{ij} - \bar{f})(g_{ij} - \bar{g})]}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (f_{ij} - \bar{f})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (g_{ij} - \bar{g})^2 \right]}} \quad (1)$$

Equation (1) is a normalized cross correlation method, where ρ is the normalized cross-correlation coefficient; m and n are the numbers of rows and columns of the patches respectively; f_{ij} is the ith row and jth column of the grey value from the reference patch; g_{ij} is the ith row and jth column of the grey value from the input patch; \bar{f} and \bar{g} are the arithmetic means of the grey values in the reference patch and the input patch, respectively.

To seek a better match, a Least Square Matching (LSM) technique is utilized (Gruen, 1985, 2001). This method employs iterative radiometric and geometric transformations between the reference patch and the input patch. if $f(x,y)$ is to be a reference patch of $n \times n$ pixels and $g(x,y)$ is to be a matching patch of an equal size, the objective of LSM is to estimate a new location of $g(x,y)$ such that the grey value differences between $f(x,y)$ and $g(x,y)$ are minimized:

$$f(x, y) = g(x, y) + e(x, y) \quad (2)$$

$e(x, y)$ is the true error vector of a goal function, which measures the differences of grey values between the reference patch and the input patch. A linearization of the Equation (2) gives:

$$f(x, y) = g^\circ(x, y) + \frac{\partial g^\circ(x, y)}{\partial x} dx + \frac{\partial g^\circ(x, y)}{\partial y} dy + e(x, y) \quad (3)$$

where

$$dx = \frac{\partial x}{\partial p_i} dp_i \quad ; \quad dy = \frac{\partial y}{\partial p_i} dp_i \quad (4)$$

and p_i are the geometric transformation parameters.

An appropriate numbers of parameters p must be considered to avoid problems of over-parameterization. Because image patches are usually very small, a further simplification can be introduced via affine transformation, which is considered to be a sufficiently full parameter set. In the case of affine transformation, the transformed matching patch is obtained from the original as follows:

$$\begin{aligned} x &= a_1 + a_2 x_0 + a_3 y_0 \\ y &= b_1 + b_2 x_0 + b_3 y_0 \end{aligned} \quad (5)$$

where x_0 and y_0 are the coordinates of the data points $g^\circ(x, y)$; a_1 and b_1 represent the shift parameters of Δx and Δy respectively; and $a_2, a_3, b_2,$ and b_3 are the shaping parameters. Differentiation provides:

$$\begin{aligned} dx &= da_1 + x_0 da_2 + y_0 da_3 \\ dy &= db_1 + x_0 db_2 + y_0 db_3 \end{aligned} \quad (6)$$

and (6) is then modified to become:

$$f(x, y) = g^\circ(x, y) + g_x dx + g_y dy + e(x, y) \quad (7)$$

where

$$g_x = \frac{\partial g^\circ(x, y)}{\partial x} \quad ; \quad g_y = \frac{\partial g^\circ(x, y)}{\partial y} \quad (8)$$

The g_x and g_y in (8) are a discrete first derivative (or a gradient) in the x-direction and in the y-direction, respectively. Derivatives of images can be approximated by the following central-difference approximations (Calderón and Romero, 2007):

$$\begin{aligned} g_x &= \frac{I(i+1, j) - I(i-1, j)}{2} \\ g_y &= \frac{I(i, j+1) - I(i, j-1)}{2} \end{aligned} \quad (9)$$

More accurate approximations consider more pixels in the neighborhood:

$$\begin{aligned} g_x &= \frac{-I(i+2, j) + 8I(i+1, j) - 8I(i-1, j) + I(i-2, j)}{12} \\ g_y &= \frac{-I(i, j+2) + 8I(i, j+1) - 8I(i, j-1) + I(i, j-2)}{12} \end{aligned} \quad (10)$$

The grey values of $f(x,y)$ and $g(x,y)$ are generally going to differ due to other factors such as temporal differences of illumination source radiance, different distance and viewing angles of the cameras to the object, lens distortion, and errors in image acquisition. To compensate for these errors and acquire a better match, a set of radiometric transformation parameters for $g(x,y)$ is incorporated. Two radiometric parameters, r_0 (grey value shift) and r_1 (grey value scale), are introduced into the system of (7) and it gives a result

as follows:

$$f(x, y) = g^{\circ}(x, y) + g_x dx + g_y dy + e(x, y) + r_o + r_1 g^{\circ}(x, y) \quad (11)$$

If the Equation (6) is substituted to the Equation (11), it gives the result:

$$f(x, y) = g^{\circ}(x, y) + e(x, y) + g_x da_1 + g_x da_2 + g_x da_3 + g_y db_1 + g_y db_2 + g_y db_3 + r_o + r_1 g^{\circ}(x, y) \quad (12)$$

Then the Equation (12) can be solved by Gaussian Least Square Adjustment to give the conjugate points.

Given a set of geometrically consistent matches between the images, ideally bundle adjustment is utilized to solve for all of the camera parameters jointly. However, as indicated on the title, a more robust method (i.e. a general projective method) is used instead (Mikail, et al., 2001).

A well known photogrammetric collinearity equation between points in an object space and camera system is stated in [9]:

$$x = x_o - c \frac{m_{11}(X - X_o) + m_{12}(Y - Y_o) + m_{13}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)} \quad (13)$$

$$y = y_o - c \frac{m_{21}(X - X_o) + m_{22}(Y - Y_o) + m_{23}(Z - Z_o)}{m_{31}(X - X_o) + m_{32}(Y - Y_o) + m_{33}(Z - Z_o)}$$

where (x, y) and (X, Y, Z) are photo coordinates and mosaic coordinates respectively, (x_o, y_o, c) are interior orientation parameters, (m₁₁, ..., m₃₃) are rotation matrix coefficients, and (Z_o, Y_o, X_o) are exposure camera coordinates. Kobayashi and Mori (1997) stated that the Equation (13) can be reduced to a simplified form if Z is set to zero, which is common for the image to mosaic transformation process:

$$x = \frac{a_1 X + b_1 Y + c_1}{a_3 X + b_3 Y + 1}; \quad y = \frac{a_2 X + b_2 Y + c_2}{a_3 X + b_3 Y + 1} \quad (14)$$

where:

$$a_1 = (m_{33}x_o - m_{11}c)/G \quad (15)$$

$$b_1 = (m_{32}x_o - m_{12}c)/G \quad (16)$$

$$c_1 = x_o + c(m_{11}X_o + m_{12}Y_o + m_{13}Z_o)/G \quad (17)$$

$$a_2 = (m_{31}y_o - m_{23}c)/G \quad (18)$$

$$b_2 = (m_{32}y_o - m_{22}c)/G \quad (19)$$

$$c_2 = y_o + c(m_{21}X_o + m_{22}Y_o + m_{23}Z_o)/G \quad (20)$$

$$a_3 = m_{31}/G \quad (21)$$

$$b_3 = m_{32}/G \quad (22)$$

$$G = -(m_{31}X_o + m_{32}Y_o + m_{33}Z_o) \quad (23)$$

The Equation (14) can be interpreted as an expression of the transformation relations between a mosaic space (XY-plane) and an image space (xy-plane) without considering non-linear elements and it attempts to get the relationship among several images. In this particular implementation, there is an underlying assumption that the pair of images are related through some sort of planar transformations. Therefore, a spatial relationship between images can be computed based on each pair of images by first, selecting an arbitrary image as a reference image (in the XY system). Once selected, a planar relationship between other images with this reference image is established. Rearranging (14) such that:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X & Y & 1 & 0 & 0 & 0 & -xX & -xY \\ 0 & 0 & 0 & X & Y & 1 & -yX & -yY \end{bmatrix} H \quad (24)$$

or $l = AH$

Where:

$$H = [a_1 \quad b_1 \quad c_1 \quad a_2 \quad b_2 \quad c_2 \quad a_3 \quad b_3]^T \quad (25)$$

Given two images, the input images and the reference image, the goal of the registration problem is to find the vector **H** that transforms the input image into another image similar to the reference image. Considering the structure of matrix A, the vector H is uniquely solved when the numbers of conjugate points are equal to or greater than 4. However, (24) is easily expanded to cope with the number of corresponding points which are greater than 4 by using the pseudo inverse:

$$l = A^+ \bullet H \quad (26)$$

where

$$A^+ = (A^T \bullet A)^{-1} \bullet A^T \quad (27)$$

To figure out the size of the output image we need to compute the maximum extent of each image after it is warped. But we need to specify a reference image at first. This is the image to whose viewpoint all other images will be warped. Because the perspective transformation transforms rectangles into quadrilaterals, all we need to do is to keep track of the four corners of each image to be warped. After warping, we find the minimum and maximum corner coordinates from all the warped corners, and these will determine the bounding box (the smallest rectangle that contains the mosaic). If the corners have coordinates: (1,1), (cols,1), (1,rows), and (cols,rows), where cols is the width of each image, and rows is its height. Then, find the minimum and maximum coordinates of the warped corners. These will become the upper left corner and lower right corner of the bounding box, respectively. Let (xmin, ymin); (xmax, ymax) be these coordinates. Then the width and height of the bounding box are:

$$\begin{aligned}bw &= x_{\max} - x_{\min} \\bh &= y_{\max} - y_{\min}\end{aligned}\quad (28)$$

Result and Discussion

Following is a typical operation of the robust mosaic development algorithm. A set of 80 UAV's images was input, then:

- a. Extract SIFT features from all images
- b. Find k nearest neighbors for each feature using a k-d tree
- c. Perform RANSAC to solve for consistent feature matches and verify matches using probabilistic model and image matching (i.e. least squares image matching computations)
- d. Perform least square computation to find all parameters of the general projective plane.
- e. Render mosaic using projective plane parameters

The experimental result of mosaic from input images is illustrated in Fig 1. It has been shown that seams on the mosaic are spotted due to the fact that we haven't implemented color blending or bundle adjustment for global image registration.

Conclusions

A fully automated yet robust mosaicing system has been developed for an affordable environmental monitoring system by utilizing a perspective transformation method. In this preliminary work, no sophisticated color blending is used nor is self-calibrating bundle adjustment performed. As a consequence, the output mosaic may exhibit seams and geometrically incorrect features' appearances.

Acknowledgments

This work is supported by a research grant "Hibah Bersaing Desentralisasi" scheme DIKTI, no ITN-02.041.6/I.LPPM/2012on "Pemetaan cepat dan akurat untuk identifikasi dan pemantauan lokasi kebakaran hutan di Gunung Arjuna Malang dengan kamera digital dan wahana udara tak-berawak".

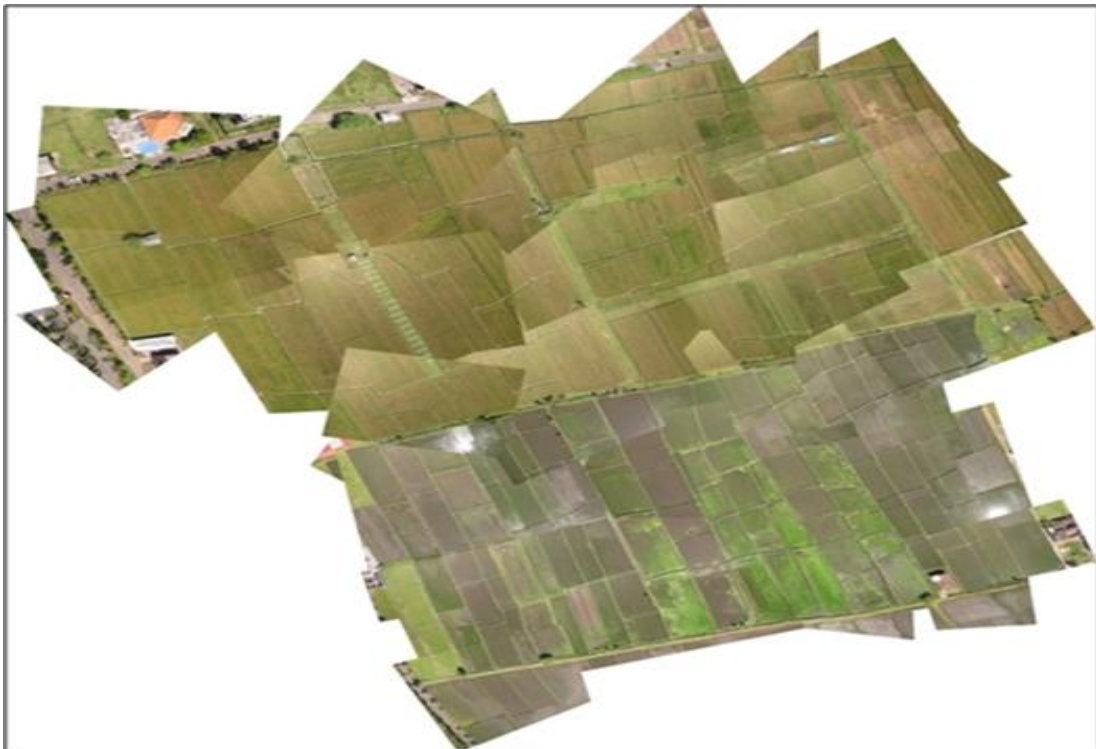


Figure 1. Paddy Field Mosaic: no blending, no distortion correction

References

- Beis, J., and Lowe, D., 1997. "Shape indexing using approximate nearest-neighbor search in high dimensional spaces", In *Proceedings of the International Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp.1000-1006.
- Calderón, F., and Romero, L., 2007. "An Accurate Image Registration Method Using a Projective Transformation Model", in *Proc. 2007 IEEE Eighth Mexican International Conference on Current Trends in Computer Science*, pp. 58-64
- Fischler, M., and Bolles, R., 1981. "Random sample consensus: A paradigm for model fitting with application to image analysis and automated cartography", *Communication of the ACM*,24: 381-395
- Gruen, A., W., 1985. "Adaptive Least Square Correlation: A Powerful Image Matching Technique", *South African Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Cartography*, 14, 175-187.
- Gruen, A., W., 2001 "Least Square Matching: A Fundamental Measurement Algorithm", *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*, K.B. Atkinson, Ed. Whittles Publishing, Scotland, UK, pp. 217-255.
- Kobayashi, K., and Mori, C., 1997. "Relations between the Coefficients in the Projective Transformation Equations and the Orientation Elements of a Photograph", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 63, 1121-1127.
- Lemmens, M.,J.,P.,M., 1988. "A Survey on Stereo Matching Techniques", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 27, 11-23
- Lowe, D., 2004. "Distinctive image features from scale-invariant keypoints", *International Journal of Computer Vision*, 60(2):91-110
- Hartley, R., I., and Zisserman, A., 2004. *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge University Press, p.203
- Mikhail, E., M., Bethel, J., S., and McGlone, J., C., 2001. *Introduction to Modern Photogrammetry*, John Wiley & Sons, New York, pp 92-97.
- Szeliski, R., 1996. "Video mosaics for virtual environments", *IEEE Computer Graphics and Applications*, pp.22-30
- Szeliski, R., 2006. "Image Alignment and Stitching: A Tutorial", *Foundation and Trends in Computer Graphics and Vision*, 2(1),1-104
- Wolf, P.,R., and B.A. Dewitt, B.,A., 2000. *Element of Photogrammetry with Application in GIS*, McGraw-Hill, New-York, p.199

Metode Cepat, Ekonomis dan Akurat Penentuan Deformasi Struktur Material Jembatan Baja Dengan Kamera SLR

Pradono Joanes D. Deo, Silvester Sari Sai, Martinus Edwin Tjahjadi

Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi ITN Malang

Jln. Bendungan Sigura-gura No. 2 Malang, Telp. +062-341-551431, Email: ardi_mlg@indo.net.id

Abstract

A sustainable development of infrastructures such as rail bridges in Indonesia nowadays is very challenging since a lack funding hinders the ability to maintain and monitor such infrastructures. This article offers an alternative solution to monitor any cracks, or deformed rail bridge structures without the need of any sophisticated and expensive survey equipment such as Total Station or GPS.

By utilizing a self-calibrating bundle adjustment method, the use of off-the-shelf digital SLR (Single Lens Reflector) cameras can easily spotted a less than 1mm cracks on the structures. Through a three years of consecutive monitoring a rail bridge in Malang, a deformation in a range of between 4mm – 15mm can be detected with a measurement accuracy around 0.1mm by using Nikon D60 camera.

Keywords: deformasi, struktur, jembatan, kamera digital.

Pendahuluan

Survei deformasi merupakan suatu survei untuk dapat mengetahui perubahan bentuk, posisi dan dimensi dari struktur material suatu objek baik secara absolut maupun relatif (pergeseran akibat objek lain) dalam suatu kerangka referensi tertentu (Armer, 2003). Perubahan dimensi struktur ini dapat terjadi pada setiap struktur bangunan, seperti misalnya gedung bertingkat, jalan layang, jembatan, menara, konstruksi baja, dsb., yang mungkin disebabkan antara lain oleh: aktifitas tektonik, tanah longsor, pengaruh eksplorasi tambang, perubahan permukaan air tanah, bencana alam, dan atau proses penuaan maupun karena pemakaian yang melebihi batas kewajaran.

Selama ini, salah satu faktor kendala dalam perolehan informasi tentang kekuatan struktur dan perubahan bentuk, posisi serta dimensi per satuan waktu (deformasi) dari suatu struktur adalah tingginya biaya operasional survei (pengukuran) dan lamanya pengolahan data, terutama jika diukur dengan menggunakan alat survei terestris, seperti Total Station dan Global Positioning System (GPS). Disamping itu, sensitivitas (ketelitian) alat ukur sangat berpengaruh dalam upaya untuk mendeteksi besaran minimum deformasi yang masih dapat dilacak, (yaitu kemampuan sistem untuk mendeteksi pergerakan yang sekecil mungkin), sangat mempengaruhi dalam mendeteksi besaran minimum pergeseran/pergerakan yang masih dapat dideteksi.

Penggunaan kamera digital merupakan salah satu alternatif pilihan yang dapat meminimalisir kendala tersebut. Dengan prinsip fotogrametri, kamera digital SLR dapat memotret suatu obyek dari berbagai sudut dengan cepat; dan dengan perangkat lunak tertentu, titik-titik deformasi yang diamati akan dapat dihitung nilai kordinatnya. Disamping itu, harga kamera digital SLR ini relatif lebih murah dibandingkan dengan dengan harga Total Station ataupun GPS. Lebih dari itu, sinar yang ditangkap lensa kamera adalah gelombang cahaya sehingga tidak terpengaruh oleh kondisi sekitar lokasi, lain halnya dengan sinyal GPS yang dapat dipengaruhi oleh multipath, sehingga dapat menurunkan tingkat keakurasian koordinat yang didapat.

Agar kamera digital SLR dapat digunakan untuk pemantauan deformasi, seperti halnya pemotretan udara, ada kaidah-kaidah tertentu yang harus diikuti agar diperoleh koordinat titik-titik deformasi dengan keakurasian yang optimum. Dengan keakurasian yang optimum, titik-titik tersebut akan dapat digunakan untuk mendeteksi adanya pergerakan/pergeseran struktur. Artikel ini akan membahas kaidah-kaidah tersebut dan contoh analisa dan perhitungan dari pemotretan berkala per tiga bulan sejak bulan Juni 2009 terhadap obyek jembatan kereta api di kota Malang.

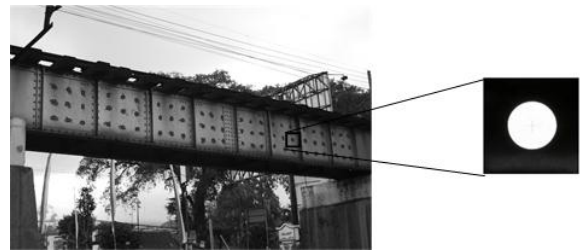
Metodologi

Tujuan akhir dari pemotretan adalah untuk mengetahui besaran pergeseran yang mungkin terjadi dari suatu struktur jembatan. Misalkan, kita menginginkan pergeseran minimum dalam arah 3-dimensi yang masih dapat dideteksi adalah 0,5mm. Maka Sensitivitas (ketelitian) dari sistem pengukuran adalah lebih kecil atau sama dengan besarnya pergeseran minimum tersebut. Indikator ketelitian sistem dirumuskan sebagai berikut (Fraser, 2001):

$$\bar{\sigma}_c = \frac{q}{\sqrt{k}} S \sigma \quad (1)$$

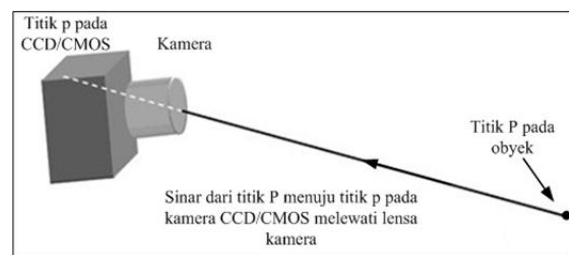
Dimana $\bar{\sigma}_c$ adalah ketelitian (*Root Mean Square* atau rms) dari besaran pergeseran yang ingin diamati, S adalah faktor skala pemotretan yaitu perbandingan antara jarak pemotretan dengan panjang fokus kamera pada saat pemotretan, k adalah banyaknya pemotretan untuk setiap posisi kamera, σ adalah ketelitian pengukuran koordinat foto untuk titik-titik yang akan diukur posisinya, sedangkan q merupakan konstanta yang umumnya bernilai 0,7 (Fraser, 2001) untuk jaringan pemotretan yang konvergen. Dari Persamaan 1 dapat dilihat bahwa semakin kecil besaran minimum pergeseran yang ingin diamati maka jumlah pemotretan harus semakin banyak, jarak pemotretan harus semakin dekat, dan ketelitian pengukuran koordinat foto harus seteliti mungkin.

Agar diperoleh ketelitian pengukuran koordinat foto yang optimum, biasanya pada titik-titik obyek yang akan diamati dilekatkan suatu stiker yang memiliki daya pantul tinggi. Pada Gambar 1 terlihat contoh sebaran titik-titik obyek yang akan diamati pergeserannya, yang telah dilekati dengan stiker. Karena stiker-stiker tersebut memiliki daya pantul tinggi, maka kontras stiker-stiker ini menjadi lebih dominan pada foto yang terekam ketimbang obyek-obyek lainnya. Gambar lingkaran putih dengan dengan hitam merupakan fitur yang paling kontras yang terekam pada foto. Sehingga titik tengah lingkaran putih tersebut dapat dijadikan titik amat untuk pergerakan deformasi. Titik tengah lingkaran putih pada stiker ini dapat diekstrak koordinat fotonya dengan metode Centroid (Wong, 1986; Shortis, *et al.* 1994; dan Shortis, *et al.* 1995). Ketelitian (nilai rms) dari penentuan posisi titik tengah ini dapat lebih baik dari 0,01 piksel. Untuk kasus ini, dimana obyek dipotret dengan menggunakan kamera dijital Nikon D60 dengan panjang fokus 35mm dapat menghasilkan ketelitian pengukuran titik tengah sampai dengan 6×10^{-5} mm.



Gambar 1: Jembatan Kereta Api dan contoh stiker yang terpasang

Nilai luaran utama dalam sistem ini adalah koordinat titik tengah (lingkaran putih pada stiker) dalam sistem kartesian 3-dimensi (XYZ) pada datum lokal. Pengukuran dilakukan untuk setiap foto, yaitu pengukuran masing-masing centroid lingkaran putih stiker dalam sistem kartesian 2-dimensi (xy) yang didefinisikan untuk setiap foto. Pengkonversian sistem piksel menjadi koordinat foto mengikuti arahan (Cooper dan Robson, 2001). Titik koordinat yang diamati pada foto adalah lokasi jatuhnya berkas sinar pada bidang sensor (CCD atau CMOS) yang dipantulkan dari obyek, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kondisi ideal berkas sinar yang memantul dari stiker ke bidang sensor kamera yang melewati lensa kamera merupakan garis lurus

Didalam kondisi ideal seperti pada Gambar 2, berkas sinar pantulan dari obyek P yang menuju ke titik p pada bidang sensor, akan berupa garis lurus (Cooper dan Robson, 2001). Tetapi pada kenyataannya, berkas sinar yang sampai pada bidang sensor telah mengalami pembelokan (distorsi) baik karena disebabkan oleh kecacatan dalam proses perakitan dan penyusunan komponen lensa maupun karena ketidakstabilan posisi sensor CCD/CMOS didalam cangkang kamera. Karena adanya kesalahan sistematis inilah yang menyebabkan kamera dijital SLR dikategorikan sebagai kamera non-metrik (Luhmann *et al.*, 2006). Oleh karena itu pengamatan koordinat foto adalah proses stokastik, dimana informasi ini akan digunakan untuk memodelkan berkas-berkas sinar yang diamati. Dengan kata lain, pengamatan satu berkas sinar dilakukan dengan cara mengukur koordinat sebuah titik, dalam hal ini adalah titik pusat lingkaran stiker pada foto.

Persamaan garis lurus (persamaan kolinier) antar titik

tengah lingkaran pada obyek dan pada foto seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2 adalah sebagai berikut (Mikhail et al., 2001), (Luhmann et al., 2006):

$$\begin{aligned} x - x_o + \Delta_x + c \frac{r_{11}(X - X^c) + r_{12}(Y - Y^c) + r_{13}(Z - Z^c)}{r_{31}(X - X^c) + r_{32}(Y - Y^c) + r_{33}(Z - Z^c)} &= 0 \\ y - y_o + \Delta_y + c \frac{r_{21}(X - X^c) + r_{22}(Y - Y^c) + r_{23}(Z - Z^c)}{r_{31}(X - X^c) + r_{32}(Y - Y^c) + r_{33}(Z - Z^c)} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

dimana Δ_x dan Δ_y adalah model kesalahan sistematik dalam arah x dan y, r_{ij} merupakan elemen dari matrik rotasi, x_o, y_o adalah koordinat *principal point*, c adalah panjang fokus kamera, X, Y, Z adalah koordinat 3-dimensi titik-titik obyek (stiker), X^c, Y^c, Z^c adalah koordinat 3-dimensi kamera saat pemotretan, dan x, y merupakan koordinat foto, yaitu satu-satunya informasi yang diketahui (*known observation*) dari pengukuran langsung, sedangkan parameter yang lain tidak diketahui nilainya (*unknown*). Untuk setiap pengukuran koordinat foto akan menghasilkan sepasang persamaan garis lurus (Persamaan 2).

Karena koordinat titik titik obyek (XYZ) adalah informasi yang akan dicari nilainya, sedangkan satu-satunya informasi awal yang tersedia adalah koordinat titik-titik pada masing-masing foto, maka Persamaan 2 dapat diselesaikan melalui metode Hitung Kuadrat Terkecil. Namun karena dalam prosesnya dibutuhkan suatu nilai pendekatan awal agar persamaan 2 dapat diselesaikan, maka kami menggunakan teknik seperti yang dijelaskan oleh (Stefanovic, 1973; Rampal, 1979; dan Zeng dan Wang, 1992) untuk mendapatkan nilai pendekatan awal agar proses iterasi dapat konvergen secara cepat, disamping untuk mengorientasikan jaringan pemotretan (Fraser, 2006).

Pengorientasian jaringan dilakukan dengan hanya melibatkan dua buah foto dengan menggunakan metode yang disebut "*dependent relative orientation*" yang dipakai untuk mendapatkan parameter orientasi luar (*Exterior Orientation* atau EO) kedua foto ini tanpa melakukan pengukuran koordinat terhadap titik-titik obyek yang diamati. Dengan kata lain, parameter EO dihitung hanya berdasarkan hasil pengukuran koordinat foto.

Setelah parameter EO pendekatan untuk kedua foto dapat ditentukan, proses selanjutnya adalah perhitungan untuk mendapatkan nilai koordinat 3-dimensi pendekatan untuk titik-titik obyek yang diamati. Didalam fotogrametri proses ini dikenal sebagai metode *triangulasi* atau *intersection* (Mikhail et al., 2001; dan Wolf dan Dewitt, 2000). Prinsipnya, jika dua buah foto atau lebih diketahui posisi dan orientasinya didalam sistem kartesian 3-dimensi (X^c, Y^c, Z^c), maka jika terdapat titik obyek yang terlihat dari dua foto atau lebih itu, koordinat 3D titik obyek itu dapat ditentukan nilainya. Orientasi foto

biasanya dinyatakan dalam sudut *omega*, *phi*, dan *kappa* untuk masing-masing salib sumbu sistem kartesiannya.

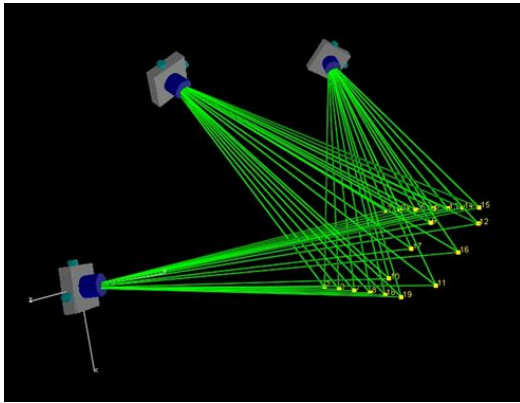
Setelah itu, untuk mencari nilai pendekatan parameter EO untuk foto-foto yang lainnya, digunakan teknik *Resection* (Mikhail et al., 2001; dan Wolf and Dewitt, 2000). Pada prinsipnya, jika terdapat titik-titik obyek yang diketahui koordinatnya dan terekam pada foto, maka posisi dan orientasi foto ini (parameter EO) didalam sistem kartesian 3D dapat ditentukan. Teknik komputasi metode *resection* ini dapat dijumpai pada (Mikhail et al., 2001), dan (Wolf and Dewitt, 2000). Setelah nilai pendekatan awal parameter EO untuk semua foto dan nilai koordinat 3D untuk semua titik-titik obyek didalam jaringan diketahui, langkah selanjutnya adalah memodelkan ulang seluruh berkas sinar yang terlibat dengan menggunakan teknik hitung perataan kuadrat terkecil. Pemodelan ini sering dinamakan sebagai *Bundle adjustment* (Mikhail et al., 2001; dan Wolf dan Dewitt, 2000).

Jika Persamaan 2 dilinierisasikan dengan deret Taylor akan menjadi persamaan linier berupa:

$$\underset{(2mn,1)}{v} = \underset{(2mn,6m)}{A_1} \underset{(6m,1)}{\delta_1} + \underset{(2mn,3n)}{A_2} \underset{(3n,1)}{\delta_2} + \underset{(2mn,p)}{A_3} \underset{(p,1)}{\delta_3} + \underset{(2mn,1)}{w} \quad (3)$$

jika m adalah jumlah foto yang terlibat dalam pemotretan dan n adalah banyaknya titik-titik obyek yang diamati, maka vektor v akan berisikan 2nm buah nilai residu pengukuran koordinat foto. Matrik A_1 berisikan turunan terhadap parameter orientasi luar dan berdimensi 2mn x 6m; matrik A_2 berisikan 2mn x 3n elemen turunan terhadap titik-titik obyek; dan matrik A_3 berdimensi 2mn x p yang merupakan turunan terhadap q buah parameter kesalahan sistematis kamera. Vektor δ_1, δ_2 dan δ_3 berturut-turut berisikan nilai koreksi parameter orientasi luar (EO), koordinat titik-titik obyek yang diamati deformasinya, dan model kesalahan sistematis kamera. Sedangkan 2mn buah elemen vektor w berisikan selisih perbedaan antara nilai pengukuran dengan nilai terkoreksi dari Persamaan 2.

Persamaan 3 adalah persamaan hitung kuadrat terkecil untuk seluruh berkas sinar (*bundle adjustment*) dari titik-titik obyek yang diamati. Proses hitungan ini diilustrasikan pada Gambar 3, dan proses akan berhenti apabila kuadrat dari nilai residu ($v^T v$) telah mencapai minimum.



Gambar 3. Ilustrasi proses Bundle Adjustment

Seperti yang terlihat pada Gambar 3, proses hitung perataan seluruh berkas sinar yang terlibat dapat dilakukan dengan metode *Helmert Blocking* (Brown, 1974, 1980), dan persamaan normalnya dapat ditulis sebagai berikut:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{w} \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{w} \end{pmatrix} = 0 \quad (4)$$

Dimana \mathbf{P} disini adalah matrik bobot dari ketelitian (rms) pengukuran koordinat titik-titik obyek yang dilakukan dengan metode centroid. Karena satu-satunya informasi pengukuran adalah hanya dari ukuran koordinat titik-titik pada foto, maka persamaan 4 tidak dapat diselesaikan karena matrik persamaan normalnya *singular* (nilai determinannya sama dengan nol). Agar persamaan 4 dapat diselesaikan, datum untuk koordinat titik-titik obyek harus ditetapkan terlebih dahulu. Solusi dengan teknik *inner constraint* (Dermanis, 1994) tidak menghasilkan ketelitian yang optimum. Artinya matrik varian-kovarian (matrik ketelitian) sangat tergantung dari pemilihan titik obyek yang dijadikan titik basis/datum. Oleh karena itu kami memilih teknik *Free Network Adjustment* (Papo and Perelmutter, 1982; dan Perelmutter, 1979) untuk menyelesaikan persamaan 4 dan menghasilkan ketelitian yang optimum tanpa tergantung dari pemilihan titik-titik obyek yang akan dijadikan datum, seperti yang pernah ditegaskan oleh Akimoto dan Hattori (2001), serta Fraser (2001).

Untuk meningkatkan sensitivitas sistem agar masih dapat mendeteksi pergeseran deformasi yang sekecil mungkin, kesalahan sistematis pada kamera saat pemotretan harus dapat dihilangkan atau diminimalisir. Karena kamera digital SLR merupakan kamera non-metrik, maka susunan komponen lensa dan letak komponen sensor sangat tidak stabil. Hal ini mengakibatkan panjang fokus dan lokasi *principal point* pada bidang sensor selalu berubah ubah dari satu pemotretan ke pemotretan lainnya karena guncangan. Disamping itu kesalahan sistematis

karena distorsi lensa, seperti distorsi radial, distorsi decentring, dan distorsi affinity haruslah pula dimodelkan untuk seluruh jaringan pemotretan. Kesalahan sistematis ini dapat diakomodasi dan dimodelkan secara proporsional dengan memodifikasi persamaan 4 menjadi (Fraser, 1997):

$$\begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_3 & \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \\ \mathbf{A}_3^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_3^T \mathbf{P} \mathbf{A}_3 & \mathbf{A}_3^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_1 & \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_3 & \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{A}_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \delta_1 \\ \delta_3 \\ \delta_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{A}_1^T \mathbf{P} \mathbf{w} \\ \mathbf{A}_3^T \mathbf{P} \mathbf{w} \\ \mathbf{A}_2^T \mathbf{P} \mathbf{w} \end{pmatrix} = 0 \quad (5)$$

Persamaan 5 ini disebut sebagai teknik *Self Calibrating Bundle Adjustment* (Fraser, 1997), dan δ_3 terdiri dari 10 parameter kalibrasi (Fryer, 2001).

Pergeseran merupakan suatu fungsi perubahan posisi suatu titik atau obyek pada tiap satuan waktu tertentu. Berdasarkan pada Chen (1) dan Chrazanowski (11) parameter pergeseran dalam ruang tiga dimensi dapat diperoleh jika pergeseran bidang:

$$d = (x, y, z; t - t_0)$$

di ketahui. Bidang pergeseran dapat di estimasi dengan menyesuaikan model pergeseran yang dipilih untuk menentukan pergeseran pada titik yang terpisah (2).

$$d = (x, y, z; t - t_0) = B(z, y, z; t - t_0) e \quad (6)$$

Dimana d merupakan komponen pergeseran titik (x, y, z) pada tiap waktu (t) terhadap (t_0) , B adalah sebuah matriks nilai fungsi dasar dan e adalah vektor parameter pergeseran yang tidak diketahui. Persamaan dari vektor pergeseran tersebut bila dituliskan dalam bentuk matriks akan menjadi sebagai berikut :

$$d = \begin{pmatrix} u(x, y, z; t - t_0) \\ v(x, y, z; t - t_0) \\ w(x, y, z; t - t_0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_u(x, y, z; t - t_0) \\ B_v(x, y, z; t - t_0) \\ B_w(x, y, z; t - t_0) \end{pmatrix} \quad (7)$$

Diman u , v dan w merupakan komponen pergeseran dalam arah x , y , dan z dan fungsi dari dua epok yang berbeda.

Hasil dan Pembahasan

Untuk dapat mendeteksi ada-tidaknya deformasi pada suatu struktur jembatan, maka dilakukan pemotretan secara berkala, misalnya setiap 3 bulan sekali atau mungkin setiap satu hari sekali. Frekuensi pemotretan ditentukan dari kemungkinan kecepatan pergerakan yang didapat dari diagnosa awal. Jadi frekuensi pemotretan berbeda-beda untuk setiap kasus. Pada kasus kami, pengukuran beberapa kolom jembatan kereta api dilakukan secara berkala setiap 3 bulan

sekali mengingat kondisi struktur yang relatif stabil, dan umur struktur yang relatif masih baru. Alasan lain pemilihan struktur yang relatif stabil karena kami ingin menguji bahwa perangkat lunak yang sedang kami kembangkan mampu untuk menghitung dan mendeteksi pergerakan yang lebih kecil dari 0,5 mm. Sebagai ilustrasi, Tabel 1 menunjukkan hasil analisa deformasi dari dua epok yang berbeda berdasarkan pengukuran beberapa titik pada salah satu kolom jalan layang.

Tabel 1. Hasil Analisa koordinat dua epok

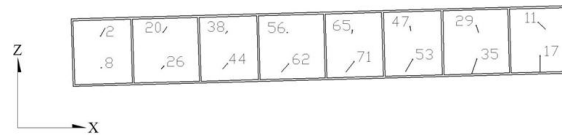
No	Nama Titik (cm)	DX (cm)	DY (cm)	DZ (cm)	δDX (cm)	δDY (cm)
1	2	0.430	0.260	0.758	0.118	0.040
3	8	-0.012	0.024	-0.039	0.024	0.039
4	11	0.710	-0.447	-0.671	0.122	0.039
6	17	0.000	-0.030	-1.505	0.027	0.044
7	20	0.345	0.123	0.509	0.075	0.029
9	26	-0.247	0.018	-0.273	0.053	0.028
10	29	0.230	-0.347	-0.657	0.067	0.027
12	35	-0.546	0.005	-1.437	0.055	0.029
13	38	0.167	0.047	0.211	0.039	0.025
15	44	-0.483	0.024	-0.512	0.091	0.025

Tabel 2. Nilai Deformasi antar dua epok

No	Nama Titik	Pergeseran (d) (cm)	Ketelitian Pergeseran δ_d (cm)
1	2	0.910	0.060
3	8	0.047	0.024
4	11	1.074	0.084
6	17	1.505	0.016
7	20	0.627	0.044
9	26	0.369	0.037
10	29	0.778	0.028
12	35	1.537	0.025
13	38	0.273	0.027
15	44	0.704	0.064
16	47	0.470	0.018
18	53	1.372	0.051
19	56	0.052	0.019
21	62	1.020	0.082
22	65	0.324	0.017
24	71	1.271	0.074

Tabel 1 dan 2 menunjukkan telah terjadi pergeseran struktur material jembatan kereta api dalam kurun waktu 3tahun yang besarnya bervariasi antara 0,4mm

sampai 1,5 cm di beberapa titik pengamatan pada badan jembatan seperti yang tersaji pada Gambar 4. Garis-garis pada Gambar memperlihatkan besar dan arah vektor pergeseran struktur.



Gambar 4. Arah dan besaran vektor pergeseran terhadap sumbu x dan z

Kesimpulan

Dari analisa hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa kamera digital dapat digunakan dalam proses pengamatan pergeseran struktur pada jembatan rel kereta api. Ini dibuktikan dengan tingkat akurasi koordinat titik tiap obyek yang didapat memiliki fraksi keakurasian hingga dibawah 1 mm. Dengan tingkat keakurasian tersebut nilai pergeseran struktur di bawah 1 mm dapat terdeteksi. Dari ujicoba kasus tersebut dapat dikatakan kamera digital SLR merupakan suatu teknologi yang lebih murah untuk menghitung besaran deformasi suatu struktur material.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada berbagai pihak baik yang secara langsung dan tidak langsung terlibat dalam proses pelaksanaan penelitian ini terutama kepada DIKTI dan LPPM ITN-Malang yang telah memberikan hibah Penelitian Fundamental Desentralisasi Nomor "ITN-02.041.1/I.LPPM/2012".

Daftar Pustaka

- Akimoto, K. and Hattori, S., 2001. "Revisit To Zero Order Design In Industrial Vision Metrology", *Proceedings of ASPRS: Gateway to the New Millennium. American Society of Photogrammetry and Remote Sensing*, St. Louis, Missouri, pp. unpaginated CD-ROM.
- Armer, G.S.T., 2003. *Monitoring and assesment of Structures*. Taylor anf Francis, New york, 167 pp.
- Brown, D.C., 1974. "Evolution, Application and Potential of The Bundle Method of Photogrammetric Triangulation", *Technical Report*, Geodetic Services, Inc., Melbourne, Florida.
- Chen, Y. Q.,1983. "Analysis of Deformation Surveys – A Generalized Method", *Technical Report*, University of New Brunswick. Canada.1983.
- Cooper, M.A.R. and Robson, S., 2001. "Theory of Close Range Photogrammetry". In: K.B. Atkinson (Editor), *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Scotland, UK, pp: 9-51.

- Dermanis, A., 1994. "The photogrammetric inner constraints". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 49(1): 25-39.
- Fraser, C.S., 1997. "Digital camera self-calibration". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52(4): 149-159.
- Fraser, C.S., 2001. "Network Design". In: K.B. Atkinson (Editor), *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Scotland, UK, pp. 256-281.
- Fraser, C.S., 2006. "Network Orientation Models for Image-Based 3D Measurement", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing & Spatial Information Science*. ISPRS.
- Fryer, J.G., 2001. "Camera Calibration". In: K.B. Atkinson (Editor), *Close Range Photogrammetry and Machine Vision*. Whittles Publishing, Scotland, UK, pp. 156-179.
- Hartley, R., and Zisserman, A., 2000. *Multiple View Geometry in Computer Vision*. Cambridge University Press.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S. and Harley, I., 2006. *Close Range Photogrammetry: Principles, Techniques and Applications*. Whittles Publishing, Scotland, UK., 510 pp.
- Mikhail, E.M., Bethel, J.S. and McGlone, C.J., 2001. *Introduction to Modern Photogrammetry*. John Wiley & Sons, Inc., New York, 479 pp.
- Papo, H.B. and Perlmutter, A., 1982. "Free Net Analysis in Close-Range Photogrammetry". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 48(4): 571-576.
- Perlmutter, A., 1979. "Adjustment of Free Network". *Bulletin of Geodesy*, 53: 291-296.
- Rampal, K.K., 1979. "A Closed Solution for Space Resection". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 45(9): 1255-1261.
- Shortis, M. R., Clarke, T.A., and Short, T., 1994. "A comparison of some techniques for the subpixel location of discrete target images". *Videometrics III*, SPIE Vol. 2350 239-250.
- Shortis, M. R., Clarke, T. A., and Robson, S., 1995. "Practical Testing of the Precision and Accuracy of Target Image Centring Algorithms", *Videometrics IV*.
- Stefanovic, P., 1973. "Relative Orientation – A New Approach". *The ITC Journal*, 3: 417-448.
- Wolf, P.R. and Dewitt, B.A., 2000. *Elements of Photogrammetry: with Applications in GIS*. McGraw-Hill Companies Inc., New York, 608 pp.
- Wong, K.W., 1986. "Close-Range Mapping with a Solid State Camera". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 52(1): 67-74.
- Zeng, Z. and Wang, X., 1992. "A General Solution of a Closed-Form Space Resection". *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 58(3): 327-338.

Pemodelan Kondisi Bangunan Candi Borobudur Pasca Erupsi Merapi dengan Uav-Based Fotogrametri

Ruli Andaru, Catur Aries Rokhmana

Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: ruliandaru@ugm.ac.id

Intisari

Kawasan Candi Borobudur, Magelang, termasuk wilayah yang parah terkena guyuran hujan abu vulkanik akibat letusan Gunung Merapi. Bahkan di beberapa lokasi candi, ketebalan abu vulkanik mencapai 5cm. Pekerjaan pembersihan hingga saat ini terus dilakukan Balai Konservasi dan Peninggalan Borobudur (BKPB) untuk memastikan bangunan candi bebas dari abu vulkanik. Debu vulkanik yang bersifat asam akan berdampak negatif terhadap permukaan batu-batu candi hingga menyebabkan kerapuhan, mengikis relief dinding candi dan detail arca. Kemendikbud memperkirakan diperlukan waktu 2 hingga 3 tahun untuk pemulihan dan revitalisasi kompleks candi pasca erupsi. Untuk keperluan ini, pihak BKPB memerlukan kegiatan monitoring dan updating kondisi terkini permukaan candi secara rutin dan berkala, bahkan sampai level mingguan untuk memantau identifikasi kondisi permukaan candi. Salah satu metode monitoring dan updating berbiaya rendah adalah dengan melakukan pemotretan udara menggunakan wahana UAV (Unmanned Aerial Vehicle). Pemetaan dengan teknologi UAV memiliki beberapa kelebihan, antara lain kemudahan dalam operasional lapangan, akuisisi data yang cepat dan efisien, serta hasil foto udara resolusi tinggi.

Untuk keperluan monitoring candi Borobudur yang mempunyai dimensi besar dan tinggi, diperlukan model/jenis UAV yang tepat. Penelitian ini akan mengkaji aplikasi wahana pesawat tanpa awak (UAV) model Quadcopter untuk kegiatan monitoring dan updating. Metode yang dikembangkan adalah metode image-based modeling berbasis photogrammetry. Quadcopter memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan dan bergerak secara vertikal dan horizontal. Dengan kemampuan autonouse, pesawat bergerak menjaga keseimbangannya sendiri sehingga mudah dioperasikan dan bisa terbang menjangkau ke berbagai sudut obyek. Kemampuan UAV jenis ini sangat tepat untuk keperluan monitoring dan updating Candi Borobudur.

Penggunaan teknologi UAV dengan Quadcopter ini mampu menghasilkan foto dengan resolusi 10-30cm. Untuk seluruh area candi dihasilkan 4-6 foto yang saling overlap. Hasil visualisasi 3D mampu memodelkan kondisi terkini permukaan batuan dengan kelebihan utama yaitu mengcover seluruh areal candi dan memberikan tingkat kedetilan tinggi terutama untuk detil candi bagian atas dan sudut-sudut candi sehingga identifikasi kondisi permukaan batu candi lebih mudah dilakukan.

Kata kunci: UAV (Unmanned Aerial Vehicle), photogrammetry, pemodelan kondisi.

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pasca letusan Merapi, Oktober 2010, Kawasan Borobudur termasuk wilayah yang parah terkena guyuran hujan abu vulkanik. Melihat kondisi ini, Balai Konservasi Peninggalan Borobudur (BKPB) sebagai institusi yang bertanggung jawab langsung atas kelestarian Candi Borobudur mengambil langkah-langkah penanganan.

Untuk keperluan ini, pihak BKPB memerlukan

pemodelan kondisi bangunan candi guna monitoring dan *updating* secara berkala, bahkan sampai level mingguan untuk memudahkan identifikasi tingkat kerusakan permukaan batu-batu candi. Salah satu metode monitoring dan updating berbiaya rendah adalah dengan melakukan pemotretan udara menggunakan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)-based fotogrametri. Hakekat dari sistem ini adalah penggunaan suatu wahana udara (model *aeromodelling*) sebagai *platform* pembawa kamera digital (sensor pencitraan) untuk melakukan pekerjaan pemotretan dari udara pada posisi eksposur

yang telah direncanakan (jalur terbang). Selanjutnya dari foto udara tersebut dapat diproses secara fotogrametrik menjadi data spasial seperti citra ortofoto, data elevasi digital, pengukuran bentuk dan dimensi, dll. Pemetaan dengan teknologi UAV memiliki beberapa kelebihan, antara lain kemudahan dalam operasional lapangan, akuisisi data yang cepat dan efisien, serta hasil foto udara resolusi tinggi.

Untuk keperluan monitoring candi Borobudur yang mempunyai dimensi besar dan tinggi, diperlukan model/jenis UAV yang tepat. Penelitian ini akan mengkaji aplikasi wahana pesawat tanpa awak (UAV) model *Quadcopter* untuk kegiatan monitoring dan updating. Metode yang dikembangkan adalah metode *image-based modeling* berbasis *photogrammetry*. UAV jenis *Quadcopter* memiliki kelebihan mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan dan bergerak secara vertikal dan horizontal dengan sangat *smooth*. Dengan kemampuan *autonomous*, pesawat bergerak menjaga keseimbangannya sendiri sehingga mudah dioperasikan baik untuk *moving*, mulai terbang (*take off*) sampai dengan pendaratan. Kemampuan *moving* yang *smooth* dan bisa terbang menjangkau ke berbagai sudut obyek menjadikan wahana UAV jenis ini sangat tepat untuk keperluan pemodelan kondisi terkini permukaan batuan candi dimana mempunyai struktur bangunan yang bertingkat dan kompleks.

Saubier, M 2010 dalam penelitiannya mengaplikasikan UAV untuk dokumentasi pemugaran bangunan arkeologi di Peru dan Maya site Honduras. Kelebihan UAV adalah waktu akuisisi data lapangan yang relatif singkat, dan terbukti mampu menggantikan pengukuran tradisional dengan meteran ataupun metode *tachymeter*. UAV yang digunakan adalah jenis *Surveycopter 1B* dengan 2 buah *engine* dan jenis *Quadcopter MD 4-100*. Sensor kamera yang digunakan adalah *Panasonic Lumix FX35* dengan resolusi spasial 2-3cm. Proses akuisisi data dimulai dengan merencanakan jalur terbang dimana jalur ini dikontrol secara *real time* berdasarkan posisi GPS. *Model surface digital (DSM)* diproduksi pada resolusi spasial 2cm. Foto udara yang dihasilkan mampu untuk memproduksi *orthophoto* dengan *footprint* sampai 0.8cm.

Patias, P, 2009, melakukan penelitian tentang dokumentasi fotogrametri di Keros Island, Cylades. Fokus penelitian adalah pada *usabilitas* UAV untuk memproduksi *orthoimage* resolusi tinggi, interpretasi obyek, deteksi dan pengukuran *feature* arkeologi serta produksi *DTM (Digital terrain Model)*. Model UAV yang digunakan adalah *RC-Helicopter* dengan sensor kamera *10 Mpixel Canon EOS D400*. Kontrol manuver UAV dilakukan melalui *RF transmitter* menggunakan video yang dipasang pada badan pesawat. Hasil pemotretan udara dengan UAV ini mampu untuk memproduksi skala 1:500.

Dari beberapa tinjauan pustaka diatas, bisa

disimpulkan bahwa UAV terbukti bisa diaplikasikan untuk bidang arkeologi, utamanya untuk monitoring dan dokumentasi bangunan arkeologi. Bertolak dari hasil penelitian sebelumnya, penulis berpendapat bahwa aplikasi UAV sangat tepat digunakan untuk pemodelan kondisi bangunan candi Borobudur pasca erupsi Merapi. Hal ini diperkuat dengan kebutuhan BKPb dalam kerangka pemulihan dan revitalisasi Candi Borobudur dimana memerlukan proses monitoring dan updating kondisi permukaan candi secara rutin dan berkala.

1.2. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Pemodelan kondisi bangunan Candi Borobudur pasca erupsi Merapi guna monitoring kerusakan permukaan candi menggunakan teknologi UAV-based fotogrametri
2. Mengkaji usabilitas hasil pemodelan teknologi UAV bagi BKPb dalam kerangka pemulihan dan revitalisasi kompleks candi Borobudur pasca erupsi Merapi.

2. METODOLOGI

2.1. Landasan Teori

2.1.1. UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

UAV terkadang disebut sebagai "*Remotely Piloted Vehicle*" atau dengan kata lain, pesawat terbang tanpa awak. UAV mampu membawa kamera, sensor, alat komunikasi dan beberapa peralatan lain yang berfungsi untuk penginderaan jauh, mencakup sensor spektrum elektromagnetik, sensor biologis, dan sensor kimia serta untuk kegiatan *intelligence, surveillance, dan reconnaissance (ISR)*. Sistem UAV-based fotogrametri memiliki kemampuan produksi yang hampir sama dengan penggunaan citra foto udara standar. Perbedaannya terletak pada kemampuan cakupan volume luas wilayah yang terbatas. Batasan cakupan wilayah sesuai dengan kemampuan jangkauan sistem kendali jarak jauhnya yang umumnya < 3km (Rokhmana, 2010)

Penelitian ini akan menggunakan UAV jenis *quadcopter*, juga disebut *quadricopters* atau *quadrotors*. *Quadcopter* merupakan pesawat *eoromodelling* jenis helikopter berkerangka besi yang ditopang dengan empat cabang baling-baling (gambar 1). Kelebihan utama *quadcopter* adalah mampu terbang ke segala arah, mengudara tanpa landasan dan bergerak secara vertikal dan horizontal dengan sangat *smooth*. Dengan kemampuan *autonomous*, pesawat bergerak menjaga keseimbangannya sendiri sehingga mudah dioperasikan baik untuk *moving*, mulai terbang (*take off*) sampai dengan pendaratan.

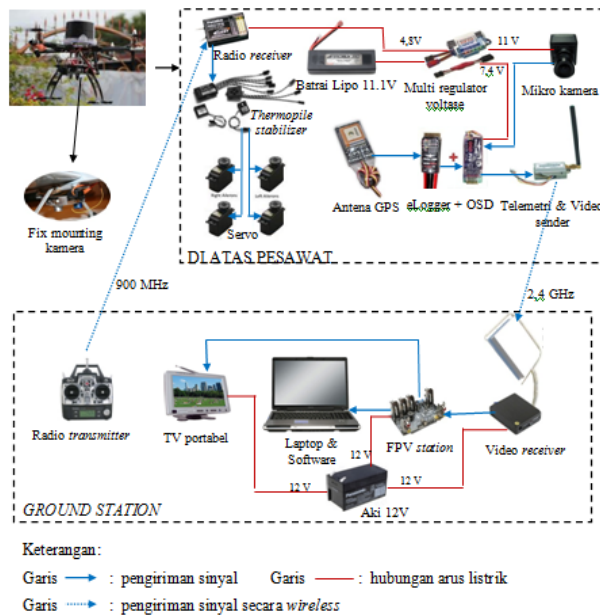


Gambar 1. UAV Quadcopter

Kemampuan *moving* sangat *smooth* dan bisa terbang menjangkau ke berbagai sudut obyek, atau bahkan diam diatas obyek tertentu.

2.1.2. Instrumentasi Sistem Pemotretan Udara

Sistem pemotretan udara terdiri dari dua bagian, yaitu sistem pada pesawat RC dan sistem pada *ground station*. Sistem pada pesawat RC antara lain berupa perangkat bantu navigasi dan perangkat pemotretan udara. Instalasi perangkat yang digunakan dalam pemotretan udara pada pesawat RC bisa dilihat pada gambar 2



Gambar 2. Instrumentasi pemotretan UAV

2.1.4. Pemodelan obyek

Pemodelan suatu obyek bisa divisualkan dalam 2 dimensi maupun 3 dimensi. Obyek tiga dimensi (3D) merupakan suatu obyek yang direpresentasikan dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi. Data obyek tiga dimensi secara spasial umumnya diperoleh dari suatu teknik pengukuran dengan menggunakan peralatan dalam pekerjaan pemetaan, yang di

dalamnya terdapat titik-titik detail yang terdefinisi dalam sistem koordinat. Data tiga dimensi sangat membantu untuk memodelkan objek-objek yang memiliki tingkat kompleksitas yang tinggi karena apabila direpresentasikan dalam bentuk dua dimensi (2D) maka objek tersebut akan mengalami banyak kehilangan informasi. Salah satu metode untuk pemodelan 3D adalah dengan metode *image based modelling* (IBM).

Metode IBM menggunakan teknik fotogrametri jarak dekat dimana obyek difoto pada arah yang berbeda dan saling bertampalan. Foto-foto ini kemudian diorientasikan satu dengan yang lainnya, sehingga model 3D bisa dibentuk pada areal yang saling bertampalan. IBM banyak digunakan untuk pembentukan *geometric surface* pada obyek arsitektural atau pemodelan kota (Romendino, 2006). Metode *passive* IBM memperoleh ukuran 3D dari satu atau beberapa *station* pemotretan menggunakan model *projective geometry* atau perspektif kamera. Metode ini sangat efektif dan berbiaya rendah. Secara umum *modelling* dilakukan melalui 3 tahap utama; (1) Pemotretan. (2) Penentuan orientasi dalam dan orientasi luar pada masing-masing foto (3) *referencing feature interest* pada foto dan penentuan koordinat untuk titik-titik yang diukur.

2.2. Alat dan Bahan

Peralatan dan bahan yang dipergunakan pada penelitian ini adalah:

1. Pesawat UAV jenis Quadcopter
2. Kamera LUMIX Panasonic sebagai sensor
3. FMA Co-Pilot II, *stabilizer* pergerakan wahana
4. OSD pro dan eLogger (*Eagle tree flight system*) perangkat navigasi berdasar pengamatan GPS
5. Batrai Lithium Polimer 11,1 Volt 3000 mA, sebagai sumber tenaga pesawat.
6. Seperangkat laptop dengan spesifikasi prosesor Intel Centrino Core 2 duo T5670, memori 2 GB dan kapasitas penyimpanan 120 GB.
7. Remote control Futaba, untuk pengendalian pesawat

2.3. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu 6 bulan (Maret – Agustus 2010) dengan lokasi penelitian adalah kompleks candi Borobudur, Magelang, Jawa Tengah.

2.4. Cara penelitian

2.4.1. Perakitan wahana Quadcopter

Sebelum pekerjaan lapangan dimulai, tahapan awal adalah perakitan wahana UAV Quadcopter. Perakitan wahana terdiri atas beberapa tahapan ; penyediaan

bahan/spare part, perakitan, pemrograman, uji sensor dan test flight. Bahan/spare part sebagian besar diimport dari Luar Negeri, sedangkan untuk bahan lokal dikhususkan untuk kerangka dan sistem landing. Quadcopter mempunyai ukuran dan dimensi yang khusus sehingga proses perakitan dan penyediaan bahan harus sesuai dengan spesifikasi.



Gambar 3. Perakitan wahana Quadcopter

Setelah proses perakitan selesai, dilakukan tahapan programming, yaitu untuk mengkoneksikan sensor-sensor yang ada dan untuk mengkalibrasi sistem gyro (keseimbangan) pada wahana. Tahapan test flight biasanya tidak menemui kendala, sepanjang spesifikasi dan programming dilakukan dengan benar. Tahapan yang paling sulit adalah pada uji sensor (kamera) dimana secara umum getaran yang dihasilkan dari baling-baling sangat mempengaruhi hasil foto, sehingga perlu di design agar efek getaran bisa diminimalkan.

2.4.2. Survei pendahuluan

Survei pendahuluan adalah pekerjaan awal sebelum dilakukan pemotretan dengan tujuan untuk mengetahui lokasi obyek yang akan diukur dan kondisi di sekitarnya. Dalam melakukan survei pendahuluan dibuat sket awal yang merupakan gambaran dari lokasi objek dan kondisi daerah di sekitarnya yang merupakan hasil dari pengamatan sementara. Dari hasil survei ini dapat ditentukan perlengkapan pendukung selain alat ukur utama yang dibawa, yaitu estimasi waktu, jumlah personil, dan peralatan pendukung yang akan diperlukan selama proses pengambilan data di lapangan.

2.4.3. Perencanaan akuisisi data

Tahapan yang dilakukan sebelum pelaksanaan pemotretan udara menggunakan pesawat UAV antara lain:

1. Pre flight check. Pemeriksaan seluruh fungsi komponen pemotretan udara baik di atas pesawat UAV dan perangkat di *ground station* sebelum digunakan untuk pemotretan udara.
2. Kondisi cuaca. Cuaca pada saat pelaksanaan pemotretan udara sangat berpengaruh terhadap proses

akuisisi maupun hasil pemotretan.

3. Perencanaan jalur. Perlu direncanakan jalur arah pergerakan pesawat selama pemotretan sehingga semua obyek kajian bisa tercover seluruhnya. Perencanaan jalur ini juga berfungsi untuk menghindari area yang blank (tidak terpotret).

2.4.4. Pemotretan udara

Pemotretan wilayah candi Borobudur dilakukan pada ketinggian 100-300m. Untuk lokasi/detil candi yang memerlukan tingkat ketajaman tinggi maka pemotretan dilakukan pada ketinggian rendah. UAV jenis quadcopter memiliki keterbatasan durasi penerbangan (± 15 menit) tergantung kapasitas baterai yang digunakan, sehingga perlu beberapa kali mendarat untuk pergantian baterai. Untuk membentuk model 3D ataupun mozaik foto udara diperlukan foto-foto yang saling *overlapping*, sehingga perlu untuk memperhatikan prosentase pertampalan antar foto. Pengendalian secara penuh pesawat dalam mengikuti jalur terbang mempunyai kendala yaitu efek perubahan arah angin dan suhu di angkasa terhadap perubahan arah dorongan angin pada pesawat yang sering terlambat diketahui dan diantisipasi melalui pengamatan. Indikator capaian terukurnya adalah kesesuaian arah pergerakan pesawat terhadap rencana jalur terbang yang telah dibuat. Selain itu diperoleh foto yang tajam, tidak kabur dan memenuhi syarat minimal pertampalan (70%).

2.4.5. Pekerjaan studio

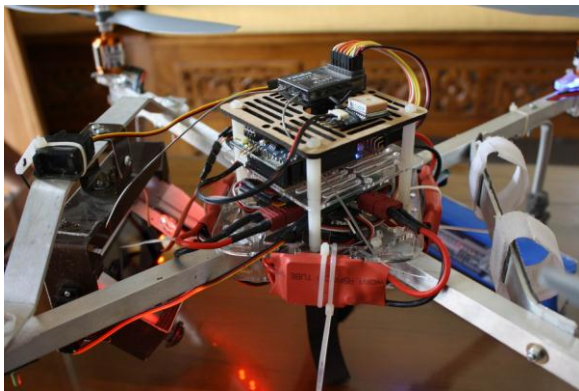
Pekerjaan studio meliputi; photogrammetric processing, pemodelan obyek (2D & 3D), dan interpretasi/visualisasi. Model kondisi candi bisa direpresentasikan dalam 3 bentuk; model 3D, mozaik foto udara, dan peta foto. Untuk membentuk model 3D dari sumber foto digunakan metode *image based modelling*. Metode ini banyak digunakan untuk pembentukan *geometric surface* pada obyek arsitektural atau pemodelan kota. Untuk aplikasi bidang arkeologi seperti pemodelan permukaan candi, visualisasi model hasil akhir ditampilkan dengan permukaan fotografik sehingga menggambarkan kondisi permukaan candi sebenarnya. Beberapa rangkaian foto yang saling overlap dilakukan mozaik untuk menggabungkan foto tersebut dalam satu rangkaian. Proses mozaik citra terdiri dari dua teknik yaitu mozaik terkontrol dan mozaik tidak terkontrol. Proses mozaik terkontrol dilakukan dengan melakukan penyamaan koordinat dengan cara georeferencing pada setiap lembar citra yang akan dimosaikkan secara otomatis melalui perangkat lunak pengolah citra digital. Hasil mozaik kemudian dibuat peta foto

dengan menambahkan unsur-unsur peta sesuai kaidah kartografi.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil rakitan UAV Quadcopter

Hasil rakitan wahana Wuadcopter disajikan pada gambar 11. Jenis sensor yang terpasang ada 4 buah yaitu; GPS, magneto, kamera dan sonar. GPS digunakan untuk penentuan posisi wahana diudara, magneto untuk navigasi jalur terbang dan sonar untuk deteksi ketinggian. Menggunakan baterai 3 cell, alat ini mampu mengudara selama 8-10menit dengan ketinggian maksimal 250m. Dengan ukuran propeller 12 x 10, wahana ini mampu membawa bobot 1.5kg (termasuk bobot wahana)



Gambar 4. Hasil rakitan UAV

3.2. Kualitas Foto

Secara umum foto menghasilkan resolusi spasial yang sangat baik, berkisar 10-20 cm pada tinggi terbang 50-100m. Dengan resolusi ini kondisi batuan candi bisa diinformasikan dengan baik. Untuk area candi Borobudur dengan luasan 100m x 100m, dibutuhkan 4-6 foto yang saling overlap. Dari foto ini dilakukan mozaik sehingga bisa dibentuk peta foto.



Gambar 5. Hasil Pemotretan Udara

3.3. Hasil Model 3D

Model 3D yang terbentuk dapat dilihat melalui 3D viewer, visualisasi yang dihasilkan dari model sudah menyerupai bentuk dari obyek yang sebenarnya. Jika dilihat secara keseluruhan visualisasinya, maka dapat terlihat pada obyek yang berada di bagian bawah terlihat lebih sempurna dibandingkan dengan obyek bagian atas. Hal ini disebabkan pada bagian bawah obyek terlihat sangat jelas dan ukuran obyek yang besar (berupa dasar candi), sedangkan bagian atas obyek candi sangat kompleks dengan ukuran yang sangat kecil dan sangat detail.



Gambar 6. Hasil model 3D

Tingkatan efisiensi metode UAV based photogrammetry dalam hal akuisisi data lapangan, pemrosesan data studio, terbukti cukup efektif dan mampu menghasilkan model kondisi batuan dengan baik. Selain wahana yang *low cost*, wahana ini juga relatif mudah dalam pengoperasionalan alat, sehingga UAV based Photogrammetry dengan wahana Quadcopter merupakan metode terbaik dan efisien untuk pendataan kondisi candi Borobudur.

4. KESIMPULAN & SARAN

1. Dari hasil foto udara yang diperoleh, mampu memberikan informasi spasial yang sangat baik sehingga mampu memberikan informasi kondisi batuan candi dan persebaran kadar abu vulkanik.
2. Model 3D yang dihasilkan mampu memberikan informasi detail yang tinggi, hanya saja karena struktur candi yang sangat kompleks, beberapa bagian tidak dapat dimodelkan dengan baik.
3. Pengendalian UAV Quadcopter relatif mudah dilakukan dan mampu menghasilkan foto yang detail dan tajam, sehingga UAV model ini sangat cocok digunakan untuk keperluan monitoring berkala di candi Borobudur.

5. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak LPPM-UGM atas bantuan dana riset, Direktur Tinggalan Purbakala Kementerian Kebudayaan dan Pariwisata, serta Ir. Marsis Sutopo (BKPB) atas ijin penelitian di Borobudur.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Bouadi, H, 2007, “*Sliding Mode Control based on Backstepping Approach for an UAV Type-Quadrotor*“, World Academy of Science, Engineering and Technology 26.
- Patias, P, 2009, “*UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Keros Island, Cylades*” . Journal of Archaeological Science Volume 38, Pages 697-710
- Rokhmana, C.A 2010, “*Sistem Pemantauan Tata Ruang Kota dengan Wahana Udara Nirawak sebagai Penyedia Foto Udara Murah*”, Seminar Nasional Tata Ruang Wilayah, Institut Teknologi Malang
- Rokhmana, C.A.. 2007. “*The Low-Cost Monitoring System For Landslide and Volcano With Digital Photogrammetry*”, Proceeding Joint Convention HAGI, IAGI, IATMI
- Sauerbiera, M, 2010, “*UAV For The Documentation Of Archaeological Excavations*”, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII Commission V Symposium, Newcastle upon Tyne, UK
- Thompson, and Heinze Gruner 1980, *Foundations of Photogrammetry*. In, Chester C. Slama, Editor in Chief, Manual of. Photogrammetry, Chapter I, P. 5, Falls Church: American Society of Photogrammetry
- Wolf, P.R, 1983, *Elements of Photogrammetry*, 2nd edition, McGraw-Hill Book Company, New York

Potensi Sistem Penginderaan Jauh Dengan Wahana Udara Nir-Awak untuk Pemetaan Tata Ruang Wilayah Urban

Catur Aries Rokhmana

Dosen Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: caris@ugm.ac.id

Website: <http://www.potretudara.com/>

Abstract

Regulations related to Urban Planning mentions the need of geo-information products called "Rencana Detail Tata Ruang" Map on a scale of 1/5000. Today, the IG-Basemap at scale 1/5000 is not spatially enabled for deriving thematic maps. Beside that, the changes in urban areas are generally smaller than 5000Ha. The UAV-based (Unmanned Aerial Vehicle) remote sensing technology can be an efficient option to meet those needs. This paper describes some best practices of utilizing the UAVs for mapping urban areas. This system utilizing the aeromodeling aircraft and digital cameras that can be found in hobby stores. Digital photogrammetry with structure from motion technique is used for processing the aerial photos. The system can produce orthophoto image, digital surface model for deriving 3D city models, and measuring the shape of the objects. The geometric precision is 2 times of the GSD (Ground Spatial Distance) of the imagery. So, with GSD value is between 5cm-15cm, this meet the accuracy for producing map scale 1/5000. In the case of monitoring purposes, the presence of the existing spatial data is necessary to reference the new products yielded by the system

Keywords: Tata Ruang, Penginderaan Jauh, wahana udara nir-awak.

Pendahuluan

Saat ini sejak keberadaan UU Informasi Geospasial, maka kebutuhan produk Peta skala yang lebih besar dari 1/10.000 sudah mulai dimunculkan. Sayangnya sampai saat ini IG-Dasar skala tersebut belum *spatially enabled*. Di lain pihak, dalam pedoman penyusunan Tata Ruang Kawasan Perkotaan telah disebutkan bahwa Detail Tata Ruang Kawasan Perkotaan ini adalah 5 tahun dan dituangkan ke dalam peta rencana dengan skala 1 : 5.000 atau lebih. Pada kenyataannya, mengingat wilayah kepulauan Indonesia yang begitu besar dan penyebaran penduduk yang tidak merata, maka tidak seluruh wilayah perlu dibuat skala besar.

Direktorat Pemetaan Dasar – Badan Pertanahan Nasional menyebutkan bahwa Peta skala besar diatas 1/10.000 hanya diperlukan di wilayah Pertanian, Perkebunan, dan Perkotaan dengan luas total sekitar 90Juta Ha. Sedangkan Badan Informasi Geospasial telah merencanakan untuk produksi Peta skala besar di daerah dengan jumlah penduduk yang relatif padat. Pada sektor penataan ruang, Detail Tata Ruang Kawasan Perkotaan umumnya di buat berdasarkan batas wilayah Kecamatan dalam skala peta 1/5.000.

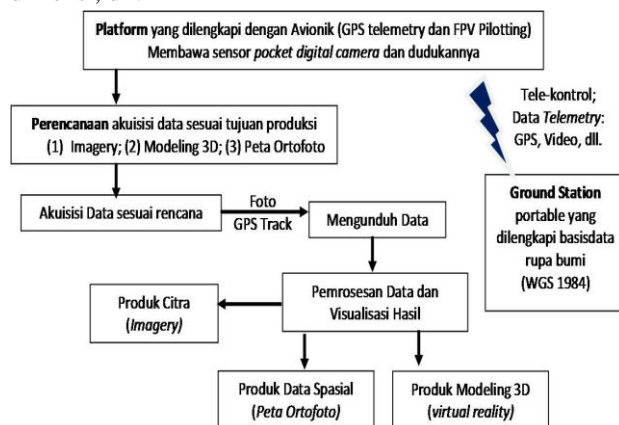
Sampai tahun 2006, dari sekitar 195 juta Ha wilayah Indonesia (Sumarto, dkk. 2008) hanya kurang dari 10 persen dari luas tersebut telah tergambar dalam peta skala besar. Perkiraan luas wilayah pemukiman total 10 Juta Ha, tersebar di 70.000 lokasi desa/kelurahan. Sehingga apabila dibagi maka luas satuan pemukiman per lokasi desa + 140 Ha. Fakta lain, umumnya perubahan pada wilayah Kota/Permukiman atau luas wilayah Kecamatan hanya seluas lebih kecil dari 5.000 Ha.

Jadi dibutuhkan teknologi tepat guna yang efisien untuk percepatan penyelesaian kebutuhan survey-pemetaan di wilayah perkotaan. Dari sisi teknologi perlu dikembangkan sistem pemetaan yang bercirikan: biaya rendah, aman, cepat dalam proses produksi, dan kualitas yang memadai. Penggunaan teknologi penginderaan jauh dengan wahana udara nir-awak efisien untuk luasan < 5000 Ha. Walaupun demikian, untuk bekerja dengan volume seluas Indonesia pilihan terbaik masih teknologi penginderaan jauh menggunakan Satelit Resolusi Tinggi. Hanya saja pilihan ini menyebabkan negara kita menjadi tergantung pada produk luar negeri.

Tulisan ini menjelaskan potensi penggunaan sistem penginderaan jauh dengan wahana udara nir-awak (UAV: *Unmanned Aerial Vehicle*) untuk pemetaan atau pemantauan tata ruang kota. Produk dasar dari sistem ini adalah citra ortofoto dan model permukaan digital. Produk dasar ini dapat diproses lanjut untuk menurunkan informasi untuk keperluan pengukuran bentuk, dimensi dan volume suatu obyek yang terekam dalam citra foto, dan bahkan model kota 3D yang memerlukan analisis komponen elevasi.

Sistem Penginderaan Jauh Dengan Wahana Udara Nir-Awak (WUNA)

Saat ini telah ada sejumlah riset tentang sistem penginderaan jauh dengan wahana nir-awak untuk kegiatan survei-pemetaan pada skala besar (lihat Rokhmana, 2007, Rokhmana, 2008, Rokhmana, 2009). Istilah yang lebih populer adalah UAV-g (*Unmanned Aerial Vehicle for Geomatics*). Arsitektur sistem dapat dilihat pada Gambar 1. Hakekat dari sistem ini adalah penggunaan suatu wahana udara (pesawat aeromodelling) sebagai platform pembawa kamera digital (sensor pencitraan) untuk melakukan pekerjaan pemotretan dari udara pada posisi eksposur yang telah direncanakan (jalur terbang). Selanjutnya dari foto udara tersebut dapat diproses secara fotogrametrik menjadi data spasial seperti citra ortofoto, data elevasi digital, pengukuran bentuk dan dimensi, dll.



Gambar 1. Ilustrasi sistem inderaja dengan wahana nir-awak (WUNA) untuk pemotretan udara.

Tabel 1 memberikan gambaran spesifikasi dari WUNA yang umumnya digunakan. Faktor utama dalam bekerja pada area Urban adalah keselamatan dan kepastian dalam mendapatkan hasil. Sehingga WUNA haruslah yang ringan agar tidak berbahaya jika terjadi *crash* dan bertenaga batere yang bisa terukur kepastian terbangnya.

Kelemahan utama dari sistem ini adalah kualitas geometrik kamera jenis *point and shoot (pocket) camera* yang terdapat kesalahan sistematik distorsi

lensa yang tidak stabil. Kelemahan ini dapat direduksi dengan penerapan proses kalibrasi kamera dengan teknik *in-flight calibration* atau proses kalibrasi dilakukan bersamaan dengan proses hitungan perataan bundle atau yang pada masa lalu dikenak dengan proses triangulasi udara. Pada umumnya nilai presisi kurang dari 2 (dua) piksel dapat dicapai dari penerapan teknik hitungan ini. Sehingga apabila pemotretan udara menghasilkan citra dengan resolusi spasial 5cm, maka produk akhir dapat memiliki kualitas geometrik 10cm – 15cm. Nilai akurasi tersebut dapat memenuhi kebutuhan akurasi produk Peta skala 1/5.000. Hasil pengujian untuk aplikasi pemetaan persil di bidang pertanian memberikan hasil yang memuaskan (lihat Rokhmana, 2009). Tidak ada perbedaan pada hasil pengukuran luas yang signifikan antara pengukuran lapangan dengan ekstraksi pada ortofoto.



Tabel 1. Karakteristik Sistem WUNA untuk wilayah Urban

Jenis Wahana Udara	 <ul style="list-style-type: none"> •Tele-kontrol maks 15km •Produksi > 350Ha/ hari <ul style="list-style-type: none"> - Take-Off lemparan tangan (Hand Launch) - Berat total < 2.5kg - Motor elektrik brushless - Kecepatan max. 65 km/jam - Lama terbang < 35 min
Sistem Avionik navigasi Berat total < 300gr	<ul style="list-style-type: none"> - R/C UHF 433 MHz 7 Ch 1W - Jangkauan kontrol < 15 km - Sistem pandangan visual pilot dengan FPV (<i>First Person Video</i>) menggunakan Video Sender 2.4 GHz 1W - Posisi wahana dengan GPS-Telemetry frek 10Hz, - Autopilot Open Source Ardupilot
Sensor Pencitraan Berat total < 250gr	<ul style="list-style-type: none"> - Kamera Pocket Digital 12-14 MPix, sudut pandang 68° x 48°, - Kamera Video Mikro 640 x 480, sudut pandang 65° x 45° - Sistem dudukan kamera dengan foam untuk mereduksi vibrasi
Sistem Ground Station (portable)	<ul style="list-style-type: none"> - TV monitor 9" - Laptop dengan program GCS - Basisdata Google Earth - Antena Penerima data Telemetry 14 dBi
Pemrosesan Data	<ul style="list-style-type: none"> - Program GCS - Program Structure From Motion

Produk Dasar dan Aplikasinya Untuk Pemetaan Tata Ruang Wilayah Urban

Sistem ini memiliki kemampuan produksi yang hampir sama dengan pemetaan dari udara menggunakan Foto Udara. Produk dasar yang dihasilkan adalah citra ortofoto dan data model permukaan digital. Perbedaannya terletak pada kemampuan cakupan volume luas wilayah yang terbatas. Batasan cakupan wilayah sesuai dengan kemampuan jangkauan sistem kendali jarak jauhnya yang umumnya < 5km. Tabel 2 memberikan ilustrasi perbandingan praktis produk dasar dari sistem inderaja menggunakan WUNA.

Tabel 2. Ilustrasi perbandingan praktis produk WUNA dengan Citra Satelit IKONOS

Citra Satelit IKONOS	Citra WUNA Foto Udara
	
Resolusi Spasial: IKONOS (1m);	Resolusi Spasial: 5cm – 20cm
Produksi Peta skala 1/10.000 – 1/5.000	Produksi Peta skala 1/5.000 – 1/2.500
Akurasi posisi terbaik 1m	Akurasi posisi terbaik < 1m (Sub-meter)
Biaya pengadaan Citra per Ha: Rp. 2.800 – 4.000	Biaya pengadaan citra per Ha: Rp. 20.000 – 40.000
Ada luas pemesanan minimal	Tidak ada batas luas minimal pemesanan
Tidak bebas awan	Dapat bebas awan (terbang dibawah awan)

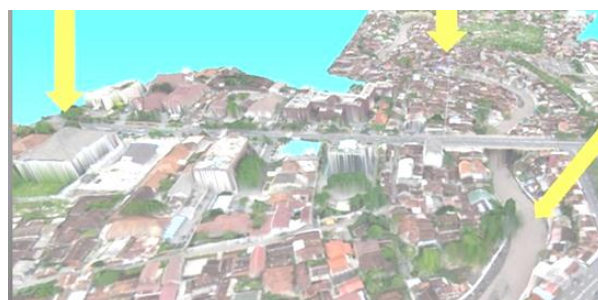
Seperti halnya produk pemetaan dari udara, produk sistem inderaja WUNA memiliki sejumlah kelemahan, antara lain:

1. Pandangan vertikal dari udara menyebabkan sejumlah obyek penting tidak dapat dilihat atau tertutup obyek lainnya (lihat Gambar 2)



Gambar 2. Ilustrasi keterbatasan pandangan.

2. Penggunaan WUNA yang ringan menyebabkan wahana tidak tahan terhadap turbulensi angin, sehingga penggunaan WUNA untuk daerah pesisir pantai yang berangin kencang akan sulit untuk mengikuti jalur terbang. Maka untuk mengurangi resiko kegagalan foto, perlu diterapkan nilai overlap antar foto yang lebih besar yaitu $80\% \pm 5\%$.
3. Ekstraksi informasi elevasi hanya menghasilkan data permukaan digital (lihat Gambar 3). Pada banyak kasus evaluasi terkait topografi, maka data yang diminta adalah model terain digital.



Gambar 3. Ilustrasi produk model permukaan digital.

Pada kasus pemetaan Tata Ruang di wilayah Urban, produk Inderaja WUNA dapat digunakan melihat obyek seperti: (1) Penutupan/Penggunaan Lahan; (2) Jaringan: Jalan, Utilitas Kota, Hidrologi permukaan; (3) Topografi; (4) Vegetasi; dan (5) Batas Persil. Citra foto udara yang tajam juga berpotensi untuk identifikasi garis batas wilayah secara kartometris. Penggunaan Inderaja dengan WUNA yang portabel memudahkan sistem ini untuk dapat digunakan pada setiap kesempatan secara repetitif. Kondisi ini cocok untuk keperluan pemantauan pelaksanaan Tata Ruang. Gambar 4 memberikan ilustrasi hasil pemantauan perubahan lahan akibat dibangunnya Hunian Sementara (Huntara) untuk pengungsi bencana Erupsi Merapi.



Gambar 4. Kondisi sebelum dan sesudah Huntara dibangun

Kondisi terjadinya perubahan lahan di wilayah urban pada umumnya terdistribusi merata atau menyebar, bersifat poradik dengan luasan yang relatif sempit < 5.000Ha. Penerapan Teknologi Inderaja dengan WUNA akan sesuai untuk kondisi tersebut. Sistem ini berpotensi untuk diterapkan dengan konsep “*on demand*” artinya atas permintaan, pemetaan dapat dilakukan pada obyek atau lokasi terpilih yang diminta saja atau yang terjadi perubahan saja tanpa harus mengulangi proses pemetaan di seluruh wilayah. Hanya saja dalam hal ini diperlukan keberadaan data geoinformasi sebelumnya (*exisiting*) yang menjadi acuannya. Hal lain yang perlu menjadi pertimbangan dalam hal pemantauan perubahan Tata Ruang Wilayah adalah keberadaan basisdata geoinformasi yang akan menjadi acuan (*data exisiting*). Pada umumnya, data IG-Dasar belum tersedia dalam skala sampai dengan 1/5.000. Peta Rupa Bumi yang sering menjadi acuan dalam menurunkan produk Peta Tata Ruang umumnya tersedia pada Peta skala 1/25.000, inipun dengan kondisi yang tidak terkini (*update*).

Penutup

Tulisan ini memberikan gambaran tentang penggunaan sistem penginderaan jauh dengan wahana udara nir-awak (WUNA) untuk menghasilkan produk ortofoto dan model permukaan digital. Produk dasar tersebut dapat diaplikasikan untuk keperluan pemetaan tata ruang di wilayah urban yang memenuhi akurasi skala Peta 1/5.000. Karakteristik sistem yang portabel dan fleksibel menyebabkan sistem ini efisien untuk diterapkan sebagai substitusi dari citra satelit resolusi tinggi yang selama ini telah digunakan. Pada kasus pemantauan wilayah, keberadaan data spasial yang lama diperlukan untuk mereferensikan data baru yang dihasilkan oleh sistem inderaja dengan WUNA ini.

Daftar Pustaka

- Rokhmana. C.A.. and Soetaat. 2004. The Critical Review of Using Small Format Aerial Photogrammetry for Municipality Mapping in Indonesia. Proceeding Map Asia 2004. Jakarta.
- Rokhmana. C.A.. 2007. The Low-Cost Monitoring System For Landslide And Volcano With Digital Photogrammetry, Proceeding Joint Convention HAGI, IAGI, IATMI
- Rokhmana. C.A.. 2008. Some Notes on Using Balloon Photography For Modeling The Landslide Area, Proceeding Map Asia 2008
- Rokhmana. C.A.. 2009. THE POTENTIAL APPLICATIONS OF BALLOON PHOTOGRAMMETRY FOR CADASTRE MAPPING, Proceeding outh East Asia Surveying Congress
- SUMARTO Irawan, W.R.IDRUS, Virgo ERESTA JAYA, R. EKO, D. K. GINDOW, B. Adhi, E. PUTRANTY, E. PINTADI, P. HADI, Y. AZIZ, A. GIYANTO, RAHARDJO, F. H. FERYANDI, I. HERAWATI, Firman AS and S. YUSRA, 2008, Cadastral Base Mapping Activity in Indonesia, FIG Working Week 2008, Stockholm, Sweden 14-19 June 2008.

Modeling Deformation at Sunda Strait Base On GPS Observation of Year 2006 - 2011

Fajriyanto^a, Irwan Meilano^b, Parluhutan Manurung^c, Eko Rahmadi^a

^a Staf Pengajar Prodi Teknik Survei dan Pemetaan, FT-UNILA(fajri_yanto@yahoo.com)

Jl Prof. Dr. Sumantri Brojonegoro No 1, Bandar Lampung, Telp. +062-721-704947, Fax. +062-721-704947

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi, FITB-ITB (irwan.meilano@gmail.com)

^c Pusat Geodesi dan Geodinamika, BIG, Cibinong (parluhutan@bakosurtanal.go.id)

Abstract

The Sunda Strait is the meeting of two tectonic plates, the Eurasian plate and Indo-Australian plate. Sunda Strait has a fairly high seismic activity. This is shown by several earthquakes that have occurred in the Sunda Strait. The high seismic activity was caused by the presence of active faults and subduction zones in the Sunda Strait. Based on the fairly high seismic activity in the Sunda Strait is necessary to do research on the velocity, strain rate, slip rate, and modeling of subduction that occurred in the Sunda Strait. In this study CGPS observations contained in the Sunda Strait and parts of Java Barat performed in 2009 to 2011, using data that is managed by BIG (Bakosurtanal). Based on the results of GPS data processing, the observation point in the western part of the Sunda Strait has velocity in the direction of the North West with a value ranging from 2.21 to 3.16 shift in cm / year and the eastern part of the Sunda Strait between 2.09 to 3.24 shift cm / year to the Northeast. Based on the pattern of strain, the West tends to have an extension of the Sunda Strait, as well as for the eastern Sunda Strait. While the northern part of the Sunda Strait compressed. This shows the activity and the Sumatran Subduction Fault in the area. Of the estimated shear rate, Sumatra fault segments Semangko Fault has a value of slip rate of 25 mm / year. Modeling of subduction (coupling) is conducted in this study were divided into 4 (four) areas, with a coupling value varying rate. The smallest rms value indicates that the model was approaching from the CGPS observations, so as to provide information related to the seismic activity that occurred in the Sunda Strait.

Keywords: Selat Sunda, CGPS, Regangan, Laju geser, Subduksi.

Pendahuluan

Selat Sunda terletak pada wilayah transisi dari segmen zona penunjaman normal di Pulau Jawa ke zona benturan miring di Pulau Sumatera, dengan kedalaman gempa tektonik sampai dengan 250 km dan kecepatan 7.7 cm/tahun. Daerah ini sangat terbebani oleh perubahan pola sesar mendatar yang lebih cepat ke arah Andaman, ke gerak normal di Jawa (Krisnanto, 2004). Oleh karena itu daerah ini berkecenderungan bentangan dan perluasan Selat Sunda, lebih didominasi oleh suatu deformasi lokal seperti diantaranya gerak graben dan sejumlah patahan normal. Lajur kemiringan gempa mencapai 350 km dan kesenjangan terjadi pada kedalaman 200 km (Kertapati, 1997). Maksimum magnitudo gempa dari aktivitas penunjaman di Selat Sunda mencapai 7.9 Mw pada kedalaman 80 km (Vera Schindwein dalam Pramumijoyo, 1991). Pada zona subduksi ini, pada tanggal 24 November 1833 berdasarkan catatan sejarah pernah terjadi gempa bumi sebesar 8.8 M

yang bersifat destruktif sehingga menimbulkan tsunami.

Selain zona subduksi, deformasi di Selat Sunda juga ditimbulkan oleh sumber gempa lain yaitu zona Patahan Sumatera yang masuk kedalam segmen Selat Sunda, dimana patahan ini bergerak ke arah kanan (*dextral*) dengan panjang kurang lebih 1900 km. Interaksi dari zona subduksi ini menimbulkan beberapa Gunung Api aktif dari Banda Aceh diujung Barat Laut sampai dengan Kota Agung diujung Tenggara, representasi dari aktivitas tektonik ini adalah terbentuknya pegunungan Bukit Barisan yang merupakan perwujudan dari Patahan Sumatera. Berdasarkan kenampakan morfologinya Patahan Sumatera terbagi dalam tiga segmen yaitu : segmen Utara, Tengah dan Selatan. Selat Sunda termasuk dalam segmen selatan (*southern domain*) (Natawidjaja, 2007)

Hasil dari survei *micro earthquake* di sekitar Selat

Sunda pada tahun 1984 (Harjono), menunjukkan bahwa sebagian besar gempa kerak bumi di area ini merupakan gempa tektonik dan terjadi di bawah kompleks Krakatau dan di dalam graben dari sisi Barat Selat Sunda.

Geologi di sekitar Selat Sunda umumnya terdiri dari vulkanisme *calc-alkaline* pada masa *Quaternary*, yang meliputi metamorfosis basement pada masa *Pra-Tersier*, batuan vulkanik andesit dari masa *Oligo-Miosen* dan sedimen laut masa *Mio-Pliosen* (Pramumijoyo dan Sebrier, 1991).

Zona deformasi yang terdapat dalam Selat Sunda dibatasi di bagian Barat Daya Jawa Barat oleh batuan vulkanik andesit pada masa Miosen sampai ke Barat bukit-bukit yang dibatasi oleh garis pantai, di sebelah Timur bukit-bukit berada dalam sedimen Pliosen Neritik, Di sebelah Utara, sedimen Pliosen secara ekstensif tercakup pada masa Kuartar (0.02 Ma). Di ujung Selatan Sumatera terdapat pantai curam di sekitar Teluk Semangko dan Lampung adalah dikendalikan oleh Patahan Sumatera (Bemmelen, dalam Pramumijoyo 1991)

Dari hasil penelitian Sasajima (dalam Pramumijoyo, 1978) menyatakan untuk membuka Selat Sunda tidak perlu harus ada rotasi, akan tetapi cukup dengan menggerakkan lempeng mikro Sumatera sepanjang Patahan Sumatera ke arah barat laut, maka Selat Sunda akan terjadi opening / regangan, dan ternyata koheren seperti yang terjadi di Laut Andaman. Kejadian ini memberikan gejala penipisan kerak bumi di Selat Sunda. Pembukaan Selat Sunda telah dianggap sebagai konsekuensi dari gerakan lateral dextral Sesar Sumatera (Pramumijoyo, 1991), sementara itu dari hasil penelitian yang lain menyatakan bahwa pembukaan Selat Sunda dihipotesiskan sebagai konsekuensi dari gerakan barat laut dari barat daya Blok Sumatera sepanjang Patahan Sumatera (Huchon dan Le Pichon 1984, Lassal et al 1989 dalam Pramumijoyo 1991)

Data sejarah kegempaan suatu wilayah sangat penting guna mengetahui status potensi kegempaan dari suatu patahan, atau segmen patahan. Hasil dari analisis kekuatan gempa dengan menggunakan data sejarah kegempaan sangat tergantung pada seberapa banyak data yang pernah terekam, tersedia, kualitas dan intensitas kerusakan laporan yang ada pada tahun-tahun sebelumnya. Sehingga informasi tersebut dapat dipergunakan sebagai data awal berkaitan dengan potensi kegempaan yang mungkin bakal terjadi lagi, yang pada akhirnya perlu dilakukan kajian lebih intensif dari berbagai sumber data.

Beberapa kejadian gempa disekitar Selat Sunda yang

pernah tercatat antara lain :

- (1) Gempa di Utara Pulau Panaitan pada tanggal 9 November 1974 dengan magnitudo 6.1 Mw dan pusat gempa pada koordinat 6.5° LS, 105.3° BT.
- (2) Pada tanggal 17 Maret 1997 dengan pusat gempa berkoordinat 7.4° LS, 104° BT dan berkekuatan magnitudo 6.0 Mw.
- (3) Gempa berkekuatan 6.0 Mw pada skala magnitudo dengan pusat gempa pada koordinat 7.21° LS, 105.64° BT terjadi tanggal 21 Desember 1999.
- (4) Pada tanggal 25 Oktober 2000 dengan magnitudo 6.5 SR dengan pusat gempa pada koordinat 7.2° LS, 105.0° BT.

Paper ini akan membahas analisis potensi bahaya kegempaan yang terjadi di Selat Sunda berdasarkan informasi hasil survey geodetik secara langsung, yang pada akhirnya diharapkan akan bermanfaat bagi Pemerintah Daerah (Pemda), BPBD (Badan Penanggulangan Bencana Daerah) baik Propinsi Lampung maupun Propinsi Banten dalam menyusun Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) dengan memperhatikan potensi bencana yang mungkin terjadi seperti yang dicanangkan dan diamanatkan dalam Undang Undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan dari paper ini adalah :

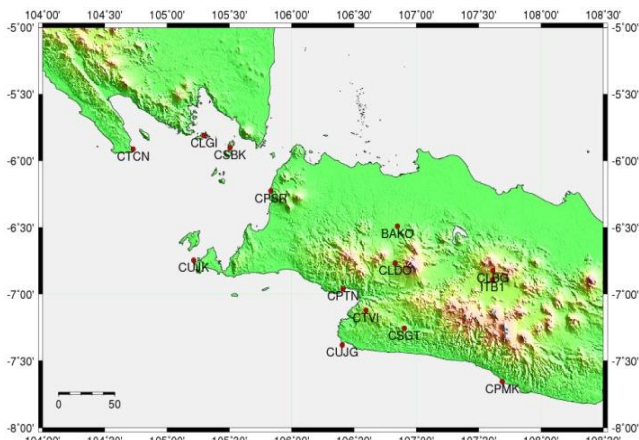
- (1) Mengidentifikasi nilai vektor pergeseran sebaran titik pengamatan GPS di sekitar Selat Sunda dalam rentang waktu pengukuran dan pengamatan GPS kontinyu dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2011.
- (2) Mengestimasi dan menganalisa pola regangan tektonik di Selat Sunda dan sekitarnya serta implikasinya terhadap potensi bahaya kegempaan berdasarkan hasil pengolahan data pengamatan GPS.
- (3) Menentukan besarnya laju geser dan membuat model sumber gempa dengan model subduksi di lokasi penelitian.

Dalam paper ini membatasi pada ruang lingkup sebagai berikut :

- (1) Identifikasi dan pendefinisian pola regangan tektonik di Selat Sunda berdasarkan pada beberapa kajian referensi. dan informasi Geologi wilayah penelitian (Propinsi Lampung, Propinsi Banten, Selat Sunda dan Propinsi Jawa Barat) dan sejarah kegempaan yang pernah terjadi di wilayah penelitian sebagai akibat dari pergerakan lempeng, sesar dan subduksi.
- (2) Pengumpulan dan pengolahan data GPS kontinyu yang dikelola oleh BIG (dahulu Bakosurtanal) dari tahun 2009 sampai dengan tahun 2011, proses pengolahan data dilakukan dengan *software* ilmiah GPS *Bernese 5.0*

- (3) Pembuatan *velocity*, tingkat regangan tektonik untuk mengetahui karakteristik regangan di Selat Sunda. dan melakukan estimasi laju geser, serta pembuatan model subduksi di wilayah studi yang nantinya akan digunakan dalam analisis potensi bahaya kegempaan dan p penggambaran menggunakan perangkat lunak *open source Generic Mapping Tools (GMT)*.

Pengamatan GPS kontinyu dilakukan di Pulau Sumatera Bagian Selatan (Propinsi Lampung), Propinsi Banten dan Propinsi Jawa Barat Bagian Selatan. Distribusi titik pengamatan GPS kontinyu dideskripsikan pada gambar 1, yaitu : CPMK, CLBG, CSGT, CUJG, CTVI, CLDO, CPTN, CPSR, CUJK, CSBK, CLGI dan CTCN.



Gambar 1. Lokasi penelitian dan distribusi CGPS

Metodologi

Data Pengamatan GPS kontinyu di Selat Sunda diperoleh dari BIG (dahulu Bakosurtanal) yang sudah terpasang disekitar lokasi penelitian yaitu tiga stasiun di Propinsi Lampung (CTCN, CLBG, dan CSBK) dan beberapa stasiun yang terdistribusi di wilayah Propinsi Banten dan Jawa Barat (CPSR, CUJK, CPMK, CLBG, CSGT, CLDO, CTVI, CPTN dan CUJG), serta stasiun referensi (BAKO dan ITB1). Dalam hal ini meskipun titik BAKO sebenarnya dikategorikan sebagai stasiun IGS, strategi yang digunakan adalah titik BAKO sebagai stasiun bantu

Pengamatan data GPS kontinyu yang dipergunakan dalam penelitian ini dimulai dari tanggal 1 Januari 2009 sampai dengan 30 April 2011. Hasil pengamatan yang diperoleh menggunakan GNSS-GPS pada dasarnya merupakan sistem pemantauan relatif, dimana untuk memperoleh posisi absolutnya diperlukan transformasi ke dalam suatu sistem referensi yang diketahui. Pada saat ini sistem referensi yang diadopsi untuk penentuan posisi dipermukaan bumi adalah ITRF.

Untuk selanjutnya stasiun pengamatan diikatkan ke

stasiun IGS (*International GNSS Service*) dengan kerangka referensi ITRF-05. Jumlah stasiun IGS yang digunakan dalam pengolahan data terdiri dari empat titik stasiun, yaitu NTUS, COCO, BAKO dan XMIS.

Secara umum pengolahan data GPS kontinyu dapat dilakukan dengan metode *differential* ataupun dengan metode PPP (*Point Precise Positioning*). Terkait dengan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini hanya mengaplikasikan metode *differential*.

Hasil unduhan data pendukung yang diperlukan oleh *software Bernese 5.0* untuk selanjutnya digabungkan dengan data RINEX stasiun GPS kontinyu dan stasiun IGS. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan metode *differential* dengan desain jaringan radial. Titik stasiun BAKO dan ITB1 dijadikan sebagai titik bantu dan diikatkan ke stasiun IGS yaitu NTUS, COCO dan XMIS. Kerangka referensi global yang digunakan dalam penelitian ini adalah ITRF-05.

Dalam strategi *baseline*, dimana parameter orbit dan parameter orientasi bumi dianggap/dinyatakan fix, maka seluruh stasiun pengamatan GPS kontinyu tidak terjadi distorsi pada saat dilakukan perhitungan *baseline* nantinya (Sarsito, 2010). Pemilihan *baseline* dengan menetapkan secara manual stasiun referensi IGS yang digunakan dan stasiun GPS kontinyu yang akan dicari koordinat akhirnya (toposentrik). Prinsip dalam menentukan *baseline* ini adalah dipilih jarak *baseline* yang tidak terlalu panjang dengan tujuan mereduksi efek dari kesalahan pemilihan *baseline* itu sendiri.

Deformasi dan Survey Geodetik untuk Studi Regangan

Pergerakan bumi yang dinamis menghasilkan deformasi yang terjadi pada lempeng. Pergerakan yang terjadi pada distribusi titik pengamatan diatas permukaan bumi dalam rentang waktu tertentu sehingga menghasilkan nilai tertentu. Analisis deformasi digunakan untuk menentukan kuantitas pergeseran dan parameternya yang mempunyai ciri khas dan karakteristik dalam ruang dan waktu dan dimanifestasikan dengan pergeseran koordinat suatu titik pengamatan yang dilakukan baik secara episodik maupun secara kontinyu.

Dalam studi deformasi akibat pergerakan kerak bumi, perubahan posisi titik pengamatan adalah perubahan atau pergerakan titik-titik pengamatan yang diletakkan di sekitar daerah-daerah patahan aktif yang diperkirakan berpotensi terjadi gempa bumi. Penggunaan dua receiver GPS atau lebih secara statik (metode *static differential*) akan memberikan hasil kualitas ketelitian yang tinggi.

Pengamatan secara geodetik merupakan pengamatan deformasi dengan sistem GPS (salah satu metode survei deformasi) untuk mempelajari dinamika bumi baik pergerakan akibat patahan, tektonik dan vulkanik, yang direpresentasikan dengan melakukan pemantauan suatu titik secara teliti (perubahan posisi dan lokasi dengan periodisasi tertentu).

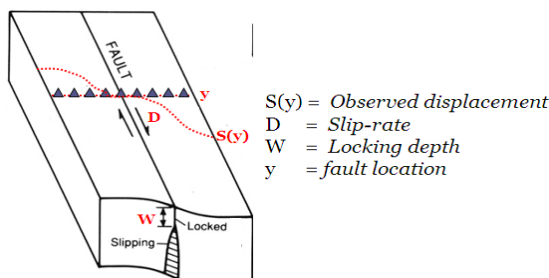
Pelaksanaan survei deformasi menggunakan jaring titik-titik kerangka dasar (baik secara horisontal maupun vertikal), untuk menentukan perubahan geometri dari suatu materi terhadap acuan titik referensi yang bersifat stabil.

Berkaitan dengan deformasi akibat pergerakan bumi, diperlukan tingkat ketelitian pergeseran yang tinggi (dalam fraksi mm/tahun), untuk mengetahui pola dan kecepatan perubahan blok kerak bumi dapat dilakukan dengan survei GPS terhadap titik pengamatan baik secara episodik maupun secara kontinyu. Metode ini dapat memberikan analisis yang cukup akurat dan teliti sehingga pola kecepatan, pola regangan dan pergerakan blok kerak bumi dapat dimodelkan dengan baik

Geometri regangan Selat Sunda

Dari hasil penelitian Sasajima (1978) menyatakan untuk membuka Selat Sunda tidak perlu harus ada rotasi, akan tetapi cukup dengan menggerakkan lempeng mikro Sumatera sepanjang Patahan Sumatera ke arah barat laut, maka Selat Sunda akan terjadi *opening*/regangan. Kejadian ini memberikan gejala penipisan kerak bumi di Selat Sunda.

Analisis pola regangan yang dilakukan untuk menghitung parameter regangan adalah metode hitungan segmen segitiga. Oleh karena itu, langkah awal perlu dibuat segmen-segmen segitiga yang melalui titik-titik pengamatan di Selat Sunda. Selanjutnya dilakukan estimasi laju geser pada dua sesar yaitu segmen *Kota Agung Fault* (KAF) dan segmen terusan *East Sumatera Fault* (ESF).



Gambar 2. Estimasi laju geser
Sumber : Meilano (2010)

Estimasi tingkat laju geser ini bertujuan untuk mengetahui tingkat aktivitas dari suatu sesar. Tingkat

laju geser dimodelkan dengan persamaan sebagai berikut (Segall, 2010) :

$$S(y) = \frac{D}{\pi} \operatorname{atan} \left(\frac{y}{W} \right) \quad (1)$$

dimana :

$S(y)$ = pergeseran dari permukaan sebagai fungsi dari jarak

D = laju geser (*slip rate*)

W = kedalaman bidang yang terkunci (*locking depth*)

Metode Analisis Regangan

Vektor pergeseran setiap titik pengamatan harus dihitung terlebih dahulu sebelum melakukan analisis regangan. Untuk mencari besarnya pergeseran, koordinat toposentrik titik pengamatan pada waktu tertentu ($n+1$) dikurangkan dengan koordinat toposentrik titik pengamatan pada saat ini (n), dengan persamaan :

$$\begin{bmatrix} dn \\ de \\ du \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} n_{T(n+1)} \\ e_{T(n+1)} \\ u_{T(n+1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} n_{T(n)} \\ e_{T(n)} \\ u_{T(n)} \end{bmatrix} \quad (2)$$

Kemudian dihitung besar dan arah vektor pergeseran horisontal dari titik tersebut dengan persamaan :

$$ds = \sqrt{dn^2 + de^2} \quad (3)$$

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{de}{dn} \right) \quad (4)$$

Setelah itu perlu dihitung nilai regangan dengan menggunakan model regangan setelah diketahui deformasi masing-masing titik. Model regangan terdiri dari Sembilan parameter, yaitu enam parameter regangan dan tiga parameter rotasi. Pada model tersebut hubungan fungsional antara vektor pergeseran dan parameter deformasi dalam sistem koordinat toposentrik dinyatakan sebagai berikut (Abidin H, 2009) :

$$\begin{aligned} dn &= \varepsilon_{nn}n + \varepsilon_{ne}e + \varepsilon_{nu}u + \Omega_{ne}e + \Omega_{nu}u \\ de &= \varepsilon_{en}n + \varepsilon_{ee}e + \varepsilon_{eu}u - \Omega_{ee}e + \Omega_{eu}u \\ du &= \varepsilon_{un}n + \varepsilon_{ue}e + \varepsilon_{uu}u - \Omega_{ue}e + \Omega_{uu}u \end{aligned} \quad (5)$$

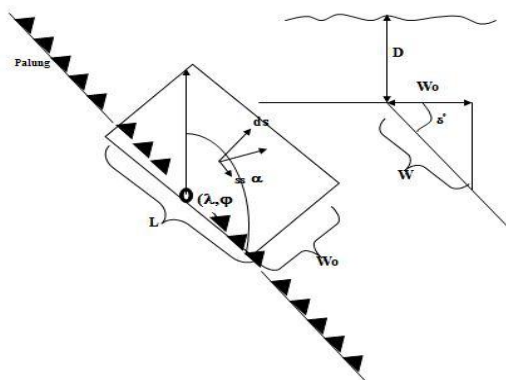
Dari parameter-parameter deformasi diatas, dapat diturunkan besaran principal strain (ϵ_1 dan ϵ_2). Dimana ϵ_1 menunjukkan nilai ekstensi dan ϵ_2 menunjukkan nilai kompresi.

Metode yang digunakan untuk menghitung sembilan parameter deformasi tersebut adalah metode hitungan segmen segitiga. Pada metode ini akan dibuat segmen/jaringan segitiga yang melalui distribusi titik pengamatan dengan prinsip jarak terdekat, untuk kemudian dihitung nilai parameter regangan yang melalui tiga titik pengamatan. Bidang segitiga yang dibangun tersebut digunakan untuk melihat pola regangan, dimana jaringan ini merupakan geometri yang paling optimal untuk mendapatkan sembilan nilai parameter deformasi.

Pemodelan Bidang Gempa

Dengan memodelkan zona subduksi disepanjang titik pengamatan, guna melihat residu antara vektor pengamatan GPS dengan vektor model yang dibuat, yaitu dengan jalan mengidentifikasi *coupling rate*. Parameter model bidang gempa yang digunakan dalam formula Okada adalah :

- (1) Geometri bidang gempa yang terdiri dari panjang (L), lebar (W), koordinat titik tengah bidang gempa (lintang, bujur), *strike*, *dip* dan kedalaman.
- (2) *Strike slip* (ss), *dip slip* (ds) dan *opening*.



Gambar 3. Ilustrasi model bidang gempa
Sumber : Awaluddin (2010)

Pemilihan bidang ini berdasarkan dari kenampakan fisik batimetri (*trench*) dan histori kegempaan di daerah penelitian.

Hasil dan Pembahasan

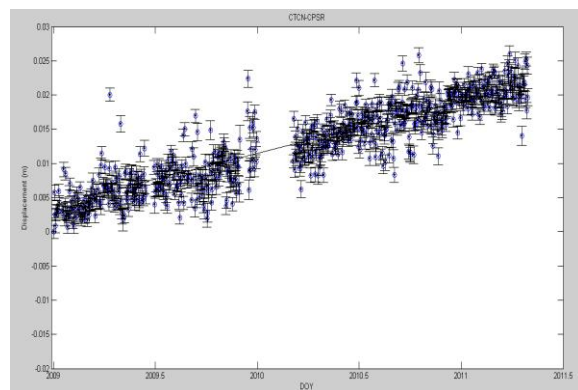
Analisis Time Series CGPS

Proses awal adalah melakukan *plotting/scatter* data pengolahan dalam sistem koordinat toposentrik untuk masing-masing stasiun GPS kontinyu. Agar mendapatkan data hasil pengolahan yang terbebas dari kesalahan data/*outlier*, maka perlu dilakukan deteksi dan eliminasi *outlier* tersebut, dengan tujuan memastikan apakah terjadi pergeseran pada stasiun GPS pengamatan

Analisis pergeseran dilakukan dengan cara melihat kecepatan pergeseran masing-masing titik pengamatan. Salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui pola pergeseran adalah metode *linear fitting*. Contoh hasil *linear fitting* dapat dilihat pada lampiran 1.

Dari contoh tersebut, titik CPSR memiliki kecepatan pergeseran untuk komponen N-S sebesar -0.004 m/tahun, komponen E-W sebesar 0.024 m/tahun dan komponen U-D sebesar 0.004 m/tahun. Hal serupa juga dapat dilakukan analisis kecepatan pergeseran tiap komponennya di setiap titik pengamatan GPS

Selain itu dari data *time series* ini, juga dilakukan analisis awal terhadap pola regangan yang terjadi di Selat Sunda dengan membandingkan jarak antar stasiun GPS kontinyu yang terletak di wilayah penelitian.



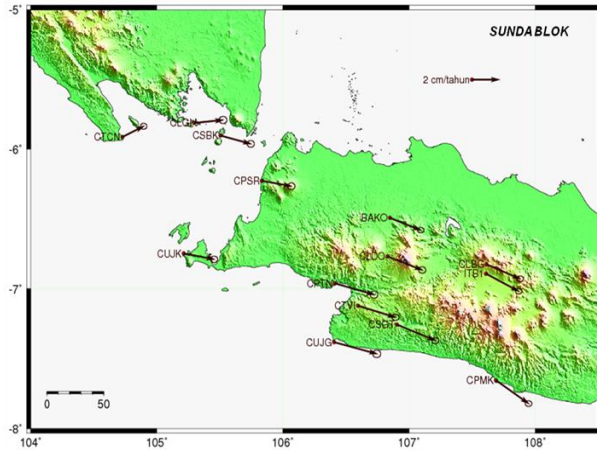
Gambar 4. Variasi jarak antara titik CTCN-CPSR

Dalam Gambar 4 terlihat bahwa variasi jarak antara CTCN-CPSR terjadi perubahan panjang sebesar 0.015 m/tahun. Hal tersebut memberikan indikasi telah terjadi peregangan di Selat Sunda selama waktu pengamatan (bagian selatan Selat Sunda terdeformasi).

Analisis Pergeseran Kecepatan (velocity)

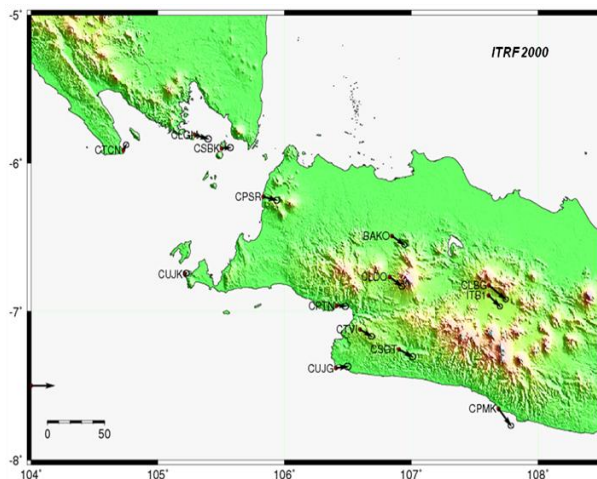
Secara garis besar hasil kecepatan tiap titik masih belum menggambarkan deformasi yang terjadi

diwilayah penelitian. Hasil pergeseran tersebut belum merepresentasikan deformasi yang sebenarnya karena masih dipengaruhi oleh pergerakan lempeng Sunda Blok, untuk itu perlu dihilangkan dengan menggunakan model Euler Pole ITRF 2000 (Simon, 2007) dengan besaran lintang = 52.1° , bujur -90.0° dan omega = 0.3222, seperti diperlihatkan pada gambar 5.



Gambar 5. Pola *velocity* yang dipengaruhi Sunda Blok

Secara umum kecepatan pergeseran yang tergambar bergerak ke arah Timur agak condong ke Tenggara. Arah tersebut sesuai dengan pola pergerakan sunda blok yaitu ke arah Timur. Pergeseran horisontal yang paling besar terjadi di titik CLBG sebesar 3.8 cm/tahun, dan nilai pergeseran terkecil di titik CUJK sebesar 2.0 cm/tahun.

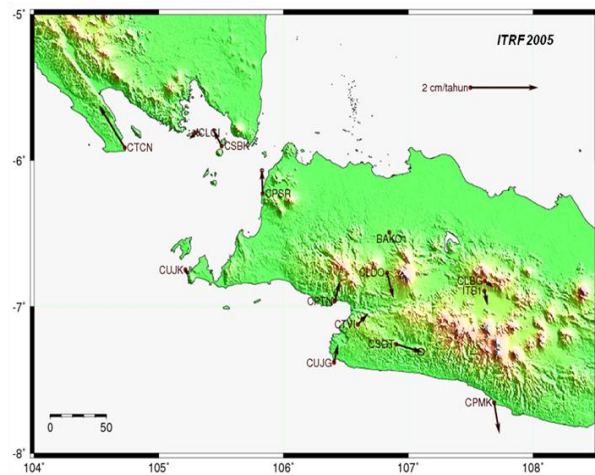


Gambar 6. Pola *velocity* residu terhadap Euler pole

Dari gambar 6 diatas memperlihatkan pola pergerakan titik masih memiliki kemiripan dengan Sunda Blok, hal ini terlihat arah vektor dominan bergerak ke arah Timur. Namun demikian titik CPMK mulai agak bergerak ke Selatan dikarenakan masih terpengaruh oleh *post seismic* gempa Pangandaran.

Di sebelah Barat Selat Sunda cenderung bergerak ke arah Barat Laut dengan kecepatan berkisar 2.21 - 3.16 cm/tahun dan memiliki kecepatan yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan sisi Timur Selat Sunda yaitu 2.09 - 3.24 cm/tahun, sehingga proses ekstensi lebih dominan terjadi diantara titik CUJK dan CTCN.

Pola yang digambarkan pada gambar 7 terlihat lebih jelas bahwa arah vektor menunjukkan pergerakan yang benar-benar murni gerakan dari masing-masing titik pengamatan. Pada titik CPMK terlihat masih adanya proses post seismik yang mempengaruhinya, terlihat dari arah vektor berlawanan arah dengan zona subduksi yaitu ke arah Selatan. Sedangkan titik-titik yang terletak dekat dengan sesar Cimandiri, antara lain : CPTN, CTVI, CUJG dan CLDO memiliki arah yang sedikit acak, kemungkinan besar terjadi karena dipengaruhi oleh aktifitas sesar Cimandiri.



Gambar 7. Pola *velocity* yang berasumsi pada ITRF 2005

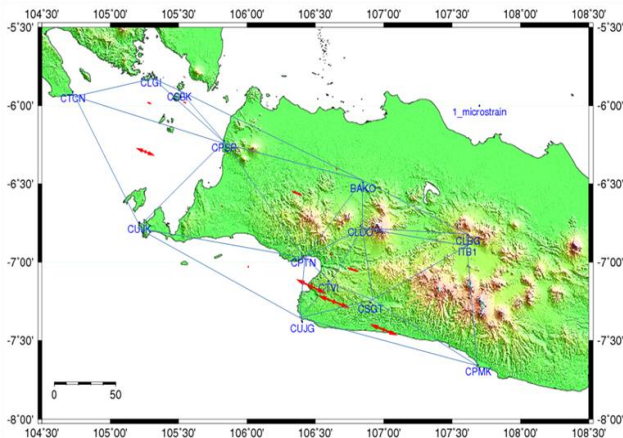
Analisis Regangan

Selanjutnya dari pola pergeseran dapat dibuat model regangan yang terdapat di seluruh titik pengamatan dengan jalan mendesain jaring segitiga sesuai prinsip segitiga *delanay*, seperti yang diperlihatkan pada gambar 8.

Secara umum, berdasarkan jaring segitiga yang dibentuk menggambarkan proses ekstensi yang dominan, terutama terlihat pada bagian selatan Jawa Barat. Selat Sunda mengalami ekstensi (bagian Selatan) yaitu antara titik CPTN dan CUJK, sedangkan pada bagian Utara mengalami kompresi (meskipun kecil), hal ini menjelaskan dan mengkonfirmasi dari beberapa penelitian terdahulu bahwa Selat Sunda mengalami ekstensi.

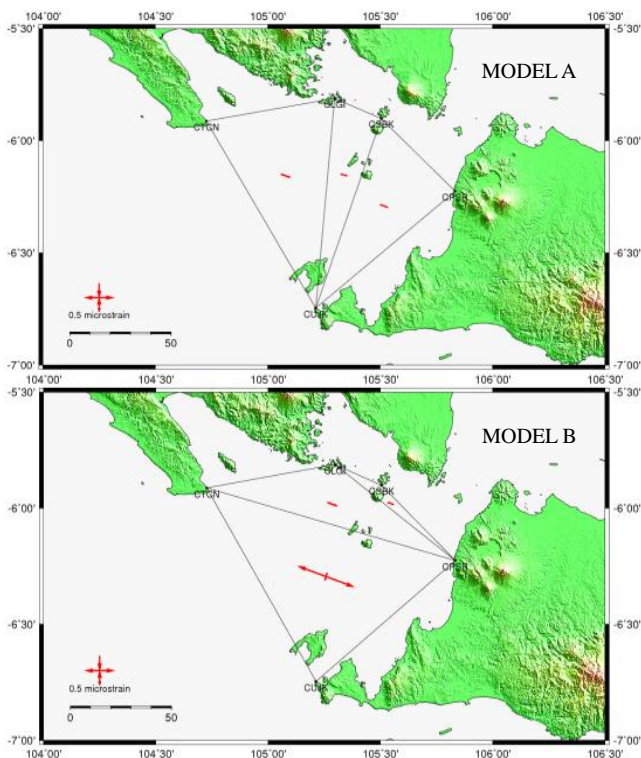
Beberapa model di bawah ini (model A dan model B) juga memperlihatkan adanya proses ekstensi secara dominan di Selat Sunda. Besarnya ekstensi maksimum adalah $0.018 \mu\text{strain}$ dan ekstensi minimum sebesar $0.00504 \mu\text{strain}$. Dan nilai

kompresi terbesar adalah $0.05925 \mu\text{strain}$, serta kompresi terkecil sebesar $0.00273 \mu\text{strain}$.



Gambar 8. Pola regangan di titik pengamatan

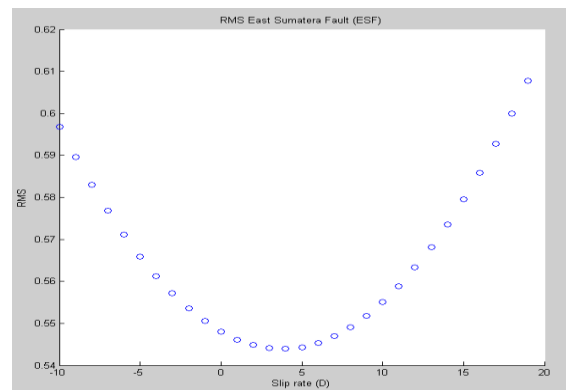
Untuk lebih mendetilkan pola yang sebenarnya terjadi di Selat Sunda, maka dalam model tersebut terdapat dua macam desain jaring segitiga, dimana masing-masing model berusaha menjelaskan kemungkinan pola regangan yang terjadi di Selat Sunda. Pada model A, memberikan gambaran telah terjadi kompresi antara titik CLGI-CSBK-CUJK, sedangkan titik CUJK-CTCN-CLGI proses ekstensi tidak begitu tampak jelas. Model B menjelaskan dengan tegas bahwa terjadi proses ekstensi antara titik CUJK dan CTGN.



Gambar 9. Desain model pola regangan A dan B

Estimasi dan analisis laju geser

Dalam perhitungan laju geser, data pergeseran di permukaan yang digunakan adalah komponen *easting* (de) saja. mengingat Sesar ESF adalah sesar yang memiliki arah timur-barat sehingga komponen pergeseran yang paling dipengaruhi adalah bagian timur-barat. Berdasarkan data Tim Revisi Peta Gempa Tahun 2010, diketahui bahwa kedalaman *locking* adalah 20 km, dengan asumsi nilai D adalah 18 mm/tahun. Untuk selanjutnya dihitung selisih antara pengamatan deformasi dengan model, seperti terlihat pada gambar 10 dibawah ini.



Gambar 10. Laju geser sesar ESF

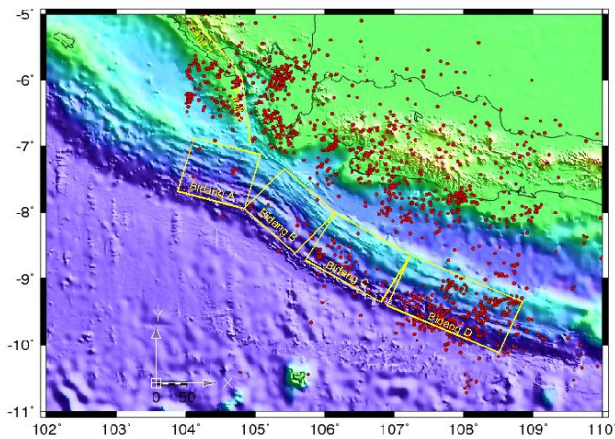
Dari grafik RMS dapat dilihat bahwa nilai yang minimum menunjukkan laju geser yang optimum, yaitu $RMS = 0.5439$, sehingga nilai laju geser ESF adalah 4.5 mm/tahun.

Analisis dan parameter sumber gempa

Proses berikutnya adalah memodelkan zona subduksi di semua titik pengamatan baik yang terdistribusi di Pulau Sumatera maupun di Pulau Jawa. Pemodelan ini dengan mengidentifikasi *coupling rate*. Adapun pemodelan tersebut bertujuan untuk melihat residu antara vektor pengamatan GPS dengan vektor model yang dibuat.

Pembagian bidang menjadi 4 (empat) segmen, yaitu bidang A dan B mewakili titik pengamatan di Selat Sunda, bidang C mewakili titik yang dekat dengan sesar Cimandiri, dan bidang D mewakili *post seismic* di dekat Pangandaran. Pemberian *coupling rate* yang berbeda-beda 100%, 50% dan 25% bertujuan untuk mengetahui model yang paling dapat mewakili data pengamatan, dan memberikan jawaban yang cukup masuk akal dengan sejarah kegempaan dan pola batimetrimnya.

Selain itu juga dicoba untuk melibatkan sesar aktif Semangko, guna melihat pola vektor yang terdistribusi akibat adanya pemilihan bidang gempa tersebut.

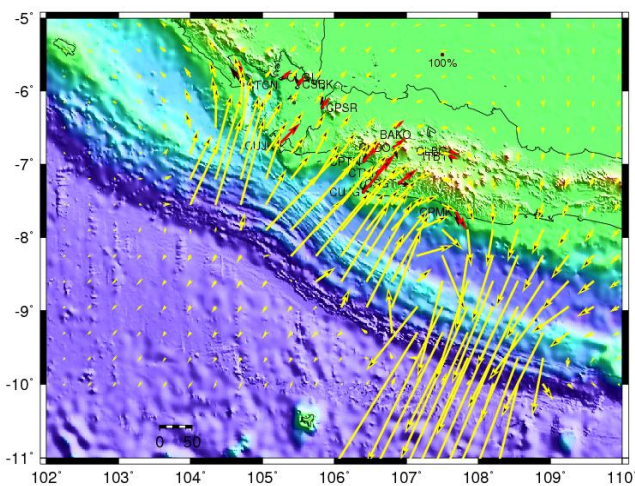


Gambar 11. Pembagian sumber bidang gempa

Pemodelan bidang sumber gempa yang pertama adalah satu bidang untuk mewakili semua titik pengamatan dengan memberikan *coupling rate* 100%. *Coupling rate* adalah presentase antara luasan bidang pertemuan lempeng yang terangkat dibandingkan dengan pergerakan lempeng secara globalnya.

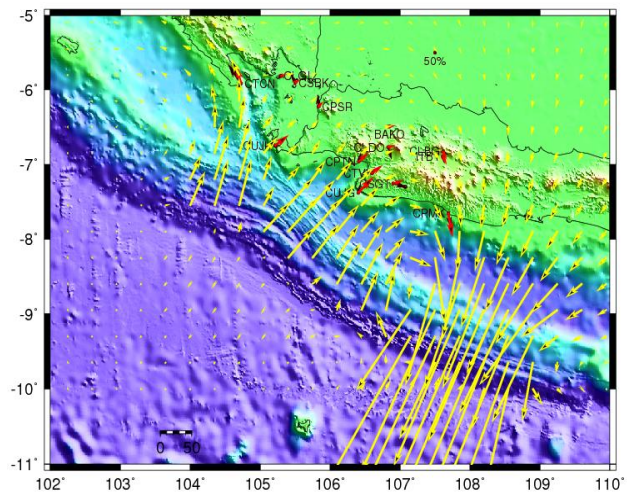
Dari plot bidang sumber gempa, parameter dapat diketahui untuk menghasilkan model, yaitu kedalaman (*D*) diasumsikan 4 km, lebar bidang (*W*) 125.43 km, panjang (*L*) bidang A = 111.85 km, bidang B = 111.85 km, bidang C = 141.69 km, bidang D = 198.58 km dan *post seismic* deformasi sebesar 18 cm/tahun

Parameter yang digunakan dalam penentuan bidang gempa dengan *coupling rate* 100%, 50% dan 25% dapat dilihat pada lampiran 2. Hasil pemodelan bidang sumber gempa dengan *coupling rate* 100% menggambarkan panah merah adalah pergeseran dari model dan panah hitam adalah pergeseran titik pengamatan yang sudah bebas dari semua pengaruh, baik global maupun lokal, panah kuning menggambarkan grid model deformasi.



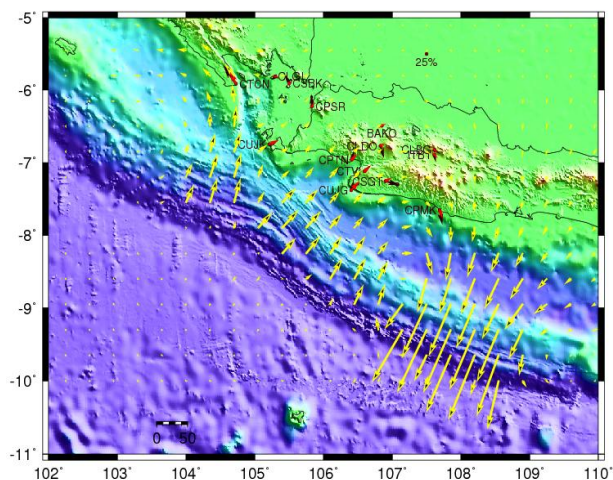
Gambar 12. Pemodelan deformasi *coupling rate* 100%

Pada gambar 12 menunjukkan arah panah model belum terlalu berhimpit dengan pengamatan di permukaan, sehingga perlu dilakukan pemodelan ulang. Pemodelan yang kedua dengan memberikan *coupling rate* 50%, kemudian dihitung dan diplot ulang agar diketahui perubahannya.



Gambar 13. Pemodelan deformasi *coupling rate* 50%

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa pergerakan antara model dengan titik sebenarnya belum memberikan hasil yang maksimal, artinya model belum benar-benar mencerminkan pergerakan real dari sumber gempanya, sedangkan panah kuning menggambarkan pola deformasinya. Terlihat bahwa pemberian nilai *coupling rate* yang semakin kecil akan merubah nilai grid model yang ekuivalen dengan nilai *coupling ratenya*. Model yang terakhir dengan memberikan *coupling rate* 25%, untuk kemudian dilakukan perhitungan ulang



Gambar 14. Pemodelan deformasi *coupling rate* 25%

Secara garis besar hasil keseluruhan dari model tersebut memberikan hasil sebagai berikut :

- (1) Pada bidang D arah pergeseran percepatan grid model memberikan arti pengaruh *post seismic* deformasi masih dominan, sehingga arahnya menuju kearah selatan.
- (2) Bidang A dan B, pengaruh subduksi tidak memberikan arti yang signifikan, sehingga pada zona Selat Sunda yang dominan adalah pengaruh sesar Semangko dan Patahan Sumatera.
- (3) Besarnya percepatan pergeseran model (merah) yang hampir berhimpit dengan data pengamatan (hitam), memberikan arti model sudah sesuai dengan data pengamatan

Kesimpulan dan saran

Dari penelitian yang dilakukan, maka kesimpulan yang dapat direkomendasikan antara lain: disebelah Selatan Selat Sunda, cenderung mengalami ekstensi secara dominan sebesar $0.018 \mu\text{strain}$, sedangkan di bagian Utara Selat Sunda cenderung mengalami kompresi sebesar $0.00273 \mu\text{strain}$. Hal ini mengindikasikan bahwa hasil penelitian GPS kontinyu secara empiris dapat digunakan sebagai salah satu alternatif untuk memberikan informasi deformasi yang terjadi di Selat Sunda, dan kawasan Selat Sunda secara tektonik mengalami peregangan (*extension*), yang pada akhirnya menginformasikan adanya potensi gempa bumi di kawasan tersebut, sehingga diperlukan upaya mitigasi, dikaitkan dengan wacana pembangunan Jembatan Selat Sunda dan investasi ekonomi di kawasan industri Propinsi Banten. Faktor terbesar yang menyebabkan Selat Sunda terjadi ekstensi dan deformasi adalah adanya sesar aktif dari Patahan Sumatera, dan peranan zona subduksi kecil pengaruhnya terhadap aktivitas seismik.

Disamping itu titik-titik pengamatan GPS kontinyu yang berada di daerah Selat Sunda dominan mengalami pergeseran ke arah Barat Laut dengan kecepatan pergeseran berkisar antara 2.21 cm/tahun sampai 3.16 cm/tahun yaitu antara titik CTCN-CUJK dan bereferensi pada ITRF 2005 yang mengakibatkan tingkat laju geser Patahan Sumatera segmen Sesar Semangko adalah 2.5 cm/tahun, dengan kedalaman 8 km dan mekanisme *dextral*, hal tersebut secara kuantifikasi memberikan hasil bahwa data GPS kontinyu tidak jauh berbeda secara signifikan dengan beberapa penelitian terdahulu yaitu 0.7–2.0 cm/tahun.

Sementara itu berkaitan dengan model subduksi yang menggunakan formula dislokasi Okada dan pemberian *coupling rate* sebesar 25% serta *post seismic* sebesar 6 cm/tahun, memberikan hasil bahwa model deformasi yang dihasilkan mendekati dengan data pengamatan GPS kontinyu.

Adapun saran yang didapat dari hasil penelitian ini, yaitu : diperlukan jaringan pengamatan GPS kontinyu yang lebih rapat, terdistribusi dengan baik, dan dapat mewakili densitas untuk memantau aktifitas sesar di wilayah Selat Sunda dengan lebih baik, terutama pada zona aktif. Berkaitan dengan data *time series* diperlukannya kajian peningkatan kualitas data *time series* GPS agar dapat memberikan informasi terperinci berkaitan dengan studi deformasi mengingat konten data *time series* tersebut masih banyak bias dan *outlier*.

Pemodelan deformasi yang disarankan pada penelitian kali ini bahwa penentuan *coupling rate* yang lebih detil dengan jalan melakukan perhitungan inversi akan memberikan model bidang gempa yang lebih akurat.

Ucapan Terimakasih

Penelitian ini didukung oleh program penelitian tektonik aktif AIFDR-LPPM ITB, dan mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada BIG yang telah berbagi data GPS kontinyu di lokasi penelitian, laboratorium GREAT dan KK Geodesi, FITB-ITB atas semua fasilitas sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., 2007, “*Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*”, P.T. Pradaya Paramita, Cetakan ketiga, Jakarta.
- Andreas, H., dan kawan kawan, 2007, “*Implikasi Co-Seismic dan Post-Seismic Horizontal Displacement Gempa Aceh 2004 Terhadap Status Geometrik Data Spasial Wilayah Aceh dan Sekitarnya*”, Kelompok Keilmuan Geodesi Program Studi Teknik Geodesi, ITB, Bandung.
- Awaluddin, 2010, “*Hitungan Distribusi Slip Gempa Bengkulu Tahun 2007 Dari Data Pengamatan GPS Dengan Teknik Inversi Kuadrat Terkecil*”, Tesis Program Studi Magister Geodesi dan Geomatika, FITB- ITB, Bandung.
- Bock, Y. et.al, 2003, “*Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System (GPS) Measurements*”, *Journal of Geophysical Research*, 108, Number B8, Pages 3-1 to 3-17, American Geophysical Union, USA
- Djawahir, 2010, “*Seminar Nasional GNSS-CORS Pengembangan dan Aplikasinya di Indonesia*”, Jurusan Teknik Geodesi, UGM, Yogyakarta
- Krisnanto, S., 2004, “*Analisis Seismic Hazard dan Site Specific Response untuk Selat Sunda*”, Tesis Jurusan Teknik Sipil, FTSL-ITB, Bandung.

- Natawidjaja, D., 2007, “*Tectonic Setting di Indonesia dan Pemodelan sumber Gempa dan Tsunami, Pelatihan Pemodelan Run-Up Tsunami*”, Ristek-Geoteknologi, LIPI, Bandung.
- Natawidjaja, D., et.al, 2007, “The Sumatran Fault Zone : From Source to Hazard, *Journal of Earthquake and Tsunami*, 1, Number 1, World Scientific Publishing Company, Research Grant LIPI-Tectonic Observatory Caltech-National Scientific Foundation
- Okada, Y., 1985, “Surface Deformation Due To Shear And Tensile Faults in A Half-Space”. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75, 4, h. 1135-1154.
- Pramumijoyo, Subagyo dan Michel Sebrier, 1991, “Neogene and Quaternary Fault Kinematics Around The Sunda Strait Area, Indonesia”. *Journal of Southern Asian Earth Sciences*, 6 No. 2, p. 137-145
- Pramumijoyo, S., 2008, “Geometri dan Kinematika Sesar Semangko dari Citra Radar dan Pengamatan Mikrotektonik di Lapangan”, *Jurnal Media Teknik*, 3 Tahun XXX, Edisi Agustus 2008, Halaman 284-289, Yogyakarta.
- Sarsito, D.A., 2010, “*Pemodelan geometrik dan kinematik kawasan Sulawesi, Kalimantan bagian Timur berdasarkan data GNSS-GPS dan gaya berat global*”, Disertasi Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, FITB-ITB, Bandung
- Segall, Paul., 2010, “*Earthquake and Volcano Deformation*”, Princeton University Press, Princeton and Oxford, p 37-38.
- University of Bern, 2010, “Bernese Manual GPS Software”.
<http://www.bernese.unibe.ch/features.html>
- Zulfakriza, 2010, “*Estimasi Laju Geser dan Kedalaman Sumber Gempa Pada Sesar aktif Berdasarkan Survei GPS Untuk Analisis Bahaya Kegempaan di Provinsi Aceh*”, Tesis Program Studi Magister Teknik Geodesi dan Geomatika, FITB-ITB, Bandung

GNSS Kinematic of Doppler Noise Effect with Respect to Airborne Precision: Case Study in Sangatta, East Kalimantan Island, in Indonesia

Aris Sunantyo¹, Istarno¹, and Bambang Haryanto²

¹ Geodetic Department Faculty of Engineering, Universitas Gadjah Mada,
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: sunantyo@yahoo.com

² Atlas Delta Satya Ltd.

Abstract

Airborne GNSS Kinematic has grown by leaps and bounds not only the use of GPS data, but with its compatible of some other positioning signals such as GLONASS, COMPASS, Galileo and others. With the advent of technology infusion, Smart base station until Kinematic PPP, makes Airborne Kinematic GNSS Ground station abandon traditional technologies, from the ground using only one reference to multiple references, allowing further reference station to a factor of 3 times compared to traditional reference ground, eclipsed maneuvering exceed limitations 20 degrees, to overcome the signal loss condition satellite quickly, either because the turn signal or blocking satellite constellation. However, with technological development as well, Airborne GNSS Kinematic precision degradation caused by many things, such as Doppler Noise to signal interference of cellular light squared result.

Doppler Noise, will result in accidental error correction can not be done because of the nature of the error is not systematic. Consequently the results of absolute sensor that uses the processing of Airborne Trajectory Kinematic GNSS will have accidental errors resulting error sensor quality has varied. Normally, Airborne Kinematic GNSS signal just focus on that gap can be easily overcome with the processing of Forward and Reverse. While Light square, which until now is still much talked about, both pros and cons, which resulted in the banning of the use of airborne GNSS in the United States for the use of surgery Flights.

In this paper, it will be discussed GNSS Kinematic of Doppler Noise Effect with respect to Airborne precision especially in Sangatta, East Kalimantan Island that resulted in the degradation of the accuracy of the resulting Trajectory and procedures address.

Keywords: Kinematic, Airborne, GNSS, Doppler Noise, and Trajectory.

1. INTRODUCTION

1.1. Background

Kinematic GNSS processing in airborne applications positioning in Indonesia, normally covering long distances even up to hundreds of km from the reference station due to unavailability of adequate reference station for virtual Kinematic GNSS station (see figure 1).

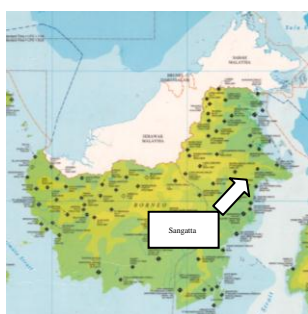


Figure 1. Airport distribution in east Kalimantan island

On one hand, Kinematic GNSS processing system for

coverage of a relatively distant (> 60km) with a flexible system for maneuvering Infusion has only a single facility Base reference system, so there is no redundancy of data as a quality control. Kinematic GNSS applications long distances, potentially due to signal loss or change maneuvering satellite constellation, so it needs to initialize on the fly that makes the degradation of the accuracy of the final result, which is solved by processing procedures and Backward Forward.

1.2. Problem

Direct Geo-referencing using GNSS-INS Trajectory produces Absolute elevation data with error varied between flyway between the lines especially in overlapping area compensation even have done that normally applies uniformly.

2. GNSS AND INS SENSORS

Global Orbiting Navigation Satellite System (GNSS) is a satellite system that is used to pinpoint the geographic location of a user's receiver anywhere in the world (Gougan et al, 2012). Two GNSS systems are currently in operation: the United States' Global Positioning System (GPS) and the Russian Federation's (GLONASS). A third, Europe's Galileo, is slated to reach full operational capacity in 2008. A GNSS receiver computes its own independent position and velocity navigation solution using a navigation filter that processes the so-called "observables" (pseudo ranges and carrier phase measurements) from each tracked satellite. Precise GNSS kinematic positioning to centimeter accuracy requires carrier phase ambiguities to be correctly resolved, and preferably in real-time. Thus, there is a need to characterize GNSS signal degradation and quantify the effects of interference sources. In the case of GNSS, signal deterioration occurs by signal masking caused by natural (e.g. foliage) and man-made (e.g. buildings) obstructions, ionospheric scintillation, Doppler shift, multipath, jamming, evil waveforms, and antenna effects. Tracking errors, especially if undetected by the receiver firmware, can result in large position errors. Partial loss of tracking results in geometry degradation, which in turn affects position accuracy (Parkinson and Spilker, 1996). Forces are measured by accelerometers in three perpendicular axes within the IMU and the gyros measure angular rotation rates around those axes. Over short periods of time, inertial navigation gives very accurate position, velocity and attitude output. The INS must have prior knowledge of its initial position, initial velocity, initial attitude, Earth rotation rate and gravity field. Since the IMU measures changes in orientation and acceleration, the INS determines changes in position and attitude, but initial values for these parameters must be provided from an external source. Once these parameters are known, an INS is capable of providing an autonomous solution with no external inputs. However, because of errors in the IMU measurements that accumulate over time, an inertial only solution degrades with time unless external updates such as position, velocity or attitude are supplied. An inertial navigation system (INS) computes its position on the earth by a sophisticated form of dead reckoning. INS uses rotation and acceleration information from an Inertial Measurement Unit (IMU) to compute accurate position over time. An INS is a self-contained system consisting of an IMU and a navigation computer (Jekeli, 2001). Usually equipped with accelerometer and gyro triads, the IMU gives precise measurements of accelerations and angular rates. By integrating these measurements, an INS provides position, velocity and attitude of the platform. An INS can also solve the attitude (roll, pitch and heading) of a vehicle

and is not reliant on any external measurement to compute a solution. An inertial navigation system starts from a known position (latitude, longitude and altitude), velocity, and orientation (roll, pitch and heading) with respect to the North and Down directions (Mostafa et al, 2001). A-Trajectory is the path that a moving object follows through space as a function of time. Trajectory used for orienting moving sensors is well known as the direct-Geo-referencing, where the Trajectory consists of the Position and Orientation (also known as the EO-Exterior Orientation) in the function of time. The method of direct geo-referencing allows to transfer sensor or object data immediately into a local or global coordinate system, which makes their further processing possible. Such a system exists of receivers of the global positioning system (GPS/GNSS) on board and on the ground (reference stations) and an Inertial System combined with a sensor, which determines angles and accelerations of the sensor with high precision. The aim of geo-referencing is to establish a relationship between image and ground reference systems, according to the sensor geometry (Kjorsvik et al, 2012). A direct geo-referencing (DG) system provides the ability to directly relate the data collected by a remote sensing system to the Earth, by accurately measuring the geographic position and orientation of the sensor without the use of traditional ground-based measurements (Mostafa and Hutton, 2001). In a kinematic survey it is more probable to have an undetected cycle slip (bias) on the moving receiver. Schwarz, (2012) says that direct geo-referencing is the determination of time-variable position and orientation parameters for a mobile digital imager. The formulation of the direct geo-referencing formula is rather straight-forward. The standard implementation of this formula will, however, cause difficulties when low-accuracy gyros are used. Figure 2 depicts airborne mobile mapping using a digital frame camera and its the mathematical model is given in equation (1).

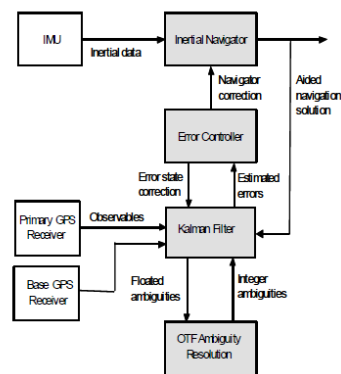


Figure 2. INS/GPS Integration system, IAKAR architecture (Hutton et al, 2012).

$$r_i^m = r_{nav}^m(t) + R_b^m(t)[s_i \cdot R_c^b \cdot r^c + a_{INS}^c - a_{INS}^{GPS}] \quad (1)$$

The formula (1) is explained at table 1 and also can be referred at figure 3.

2.1 INS/GNSS integrated systems

The GNSS-IMU system requires an initial attitude estimate to start the navigation filter. This is called system alignment. In aircraft positioning and navigation, INS/GNSS integrated systems are frequently applied. The combination of GNSS with a self-contained inertial navigation system (INS) provides an ideal solution, which can not only address the weakness of GNSS and but also bound the INS error that grows with the time when operating on its own (see Figure 1). The integrated system can provide a continuous position, velocity and attitude solution at a high output rate even during a GNSS outage, albeit for a limited period. The position and velocity from the GNSS solution are then used as measurements in the aided-INS Kalman filter. When combined, the two techniques (GNSS and INS) enhance each other to provide a powerful navigation solution (Mostafa et al, 2001). Integration of Inertial Navigation Systems (INS) and GNSS receivers via the Kalman filter presents one of the best achievements in positioning and navigation technology and one of the most successful applications of the Kalman filter. Today the determination of the trajectory of a moving platform is increasingly based on the integration of satellite-based positioning and inertial measurement systems. Therefore, the importance of such a sensor integration is obvious: an inertial measurement system (IMS) overcomes shadowing effects of GNSS, while GNSS compensates the IMS-typical drift behaviour (Gutjahr et al. 2012). The Kalman filter uses a dynamical model for the description of the movement of the vehicle. This circumstance declares the Kalman filter as an optimum filter for the integrated navigation. Since the IMU measures changes in orientation and acceleration, the INS determines changes in position and attitude, but initial values for these parameters must be provided from an external source. Once these parameters are known, an INS is capable of providing an autonomous solution with no external inputs. However, because of errors in the IMU measurements that accumulate over time, an inertial only solution degrades with time unless external updates such as position, velocity or attitude are supplied. On start-up the system has no position, velocity or attitude information. GNSS solution is available, the receiver has computed fine time and the IMU is connected and configured. The vehicle must remain stationary for the alignment to happen. During the coarse alignment, accelerometer and gyro

measurements are averaged over a period of time to measure Earth rotation and gravity. From these averaged measurements, initial estimates of roll, pitch and heading are computed. Because the coarse alignment uses averaged sensor output, the vehicle must remain stationary for the duration of the alignment, which is approximately 1 minute. The attitude estimates solved by the alignment are larger than the system specified attitude accuracy and vary upon the characteristics of the sensor and the geographic latitude of the system. Attitude accuracy converges with motion after the coarse alignment is complete. If the system is stationary for less than 1 minute, the coarse alignment finishes early, provided at least 30 stationary seconds were detected. The quality of the coarse alignment is poorer with stationary durations of less than 1 minute. A coarse alignment routine requires the vehicle to remain stationary for at least 1 minute. If that is not possible, an alternate fast alignment routine is available. The fast or moving alignment is performed by estimating the attitude from the GNSS velocity vector and injecting it into the GNSS-INS filter as the initial system attitude. If the preferred coarse alignment routine cannot be performed because the vehicle cannot remain stationary for the length of time required, an alternate alignment routine is available. The Kinematic or Moving alignment is performed by estimating the attitude from the GNSS velocity vector and injecting it into the GNSS-IMU filter as the initial system attitude. The kinematic alignment is the default alignment routine for GNSS-IMU. Currently, this alignment routine is mean only for ground-base vehicles. The assumptions used for the alignment may not hold for marine or airborne applications. For the fast alignment routine to work optimally, the course-over-ground's azimuth and pitch must match the GNSS-IMU computation frame's azimuth and pitch. (For example, a plane being blown in the wind has a large 'crab angle' and the course-over ground trajectory will not match the direction the IMU is pointing). Additional configuration parameters are necessary to enable the kinematic alignment. In order to simplify this configuration it is strongly suggested that you mount the IMU in parallel to the vehicle frame. The Y axis marked on the IMU enclosure, should point in the direction of travel. Specify which IMU axes are most closely aligned with gravity using the SETIMUORIENTATION command. If the IMU is mounted with the Z-axis up and the Y-axis pointing in the direction of travel, the accuracy of the initial attitude of the system following the kinematic alignment varies and depends on the dynamics of the vehicle and the accuracy. The attitude accuracy will converge to within specifications once some motion is observed by the system.

2.2 Doppler Effect

Seeber, (2003) says that the Doppler shift is derived on the L1 frequency as f_d and on the C/A code as f_{dc} :

$$f_d = f_{L1} \frac{-v_r}{c} \quad (2)$$

$$f_{dc} = f_{code} \frac{v_r}{c} \quad (3)$$

Where v_r is the range rate between the satellite and the receiver, c is the speed of light, f_{L1} is the L1 carrier frequency, and f_{code} is the C/A code frequency.

From (2) and (3), the Doppler shift on the code is

$$f_{dc} = -f_{code} \frac{f_d}{f_{L1}} \quad (4)$$

The length of one C/A code is $1/f_{code}$. The Doppler Effect will cause the C/A code to shift one cycle every $1/f_{dc}$ sec. So, the Doppler Effect on the code length causes a shift of f_{shift} Hz in T sec., which can be calculated from

$$f_{shift} = -\frac{1}{T} \frac{1}{f_{dc}} f_{code} \quad (5)$$

or, equivalently,

$$f_{shift} = -\frac{1}{T} \frac{f_{L1}}{f_d} \quad (6)$$

This effect is equivalent to a change in the code delay. The amount of the change in the code delay $\Delta\tau$ in T sec. can be calculated from

$$\Delta\tau = -T \frac{f_d}{f_{L1}} \quad (7)$$

$$T_{cd} = T_c \frac{f_{L1}}{f_{L1} + f_d} \quad (8)$$

Where T_{cd} is the new code length, and T_c is the original code length. If the code delay is τ , and the code is sampled at time instances tk , then the actual location of the samples, defined as t_k, τ, f_d , in the code can be calculated from A positive Doppler shift causes the code length to shrink, while a negative Doppler shift causes the code length to expand.

$$t_k, \tau, f_d = (t_k - \tau) \left(1 + \frac{f_d}{f_{L1}} \right) \quad (9)$$

If the Doppler shift changes at a rate of α , then (9) is modified as

$$t_k, \tau, f_d = (t_k - \tau) \left(1 + \frac{f_{d0} + \alpha t_k / 2}{f_{L1}} \right) \quad (10)$$

Where f_{d0} is the Doppler shift at $t_k = 0$. If f_{di} defines the Doppler shift at the start of the i th T_c interval, then the Doppler-compensated code length over the i th interval is

$$T_{ci} = T_c \frac{f_{L1}}{f_{L1} + f_{di} + \alpha T_c / 2} \quad (11)$$

This means that if $\alpha \neq 0$, then the received code length will change as α changes

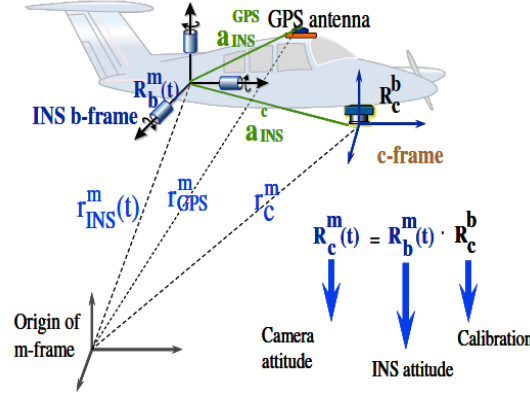


Figure 3. Principle of Airborne Geo-referencing (Schwarz and El-Sheimy, 2012)

Seeber G., (2003) says that Doppler Effect or Doppler shift is difference between the frequency of the radiation received at a point and the frequency of the radiation at its source, when observer and source are moving with respect to each other. The Doppler Effect, or the Doppler equation, for an electromagnetic wave can be written as

$$\Delta f = (f_r - f_e) = -\frac{1}{c} v_r f_e \quad (12)$$

$$\frac{f_r}{f_s} = \frac{1 - \frac{v}{c} \cos \theta}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \quad (13)$$

With f_s stable frequency transmitted from the satellite S, f_r is received (Doppler shifted) frequency at the observation station P, v is satellite velocity, and c is velocity of light (see Figure 3),

θ angle between the velocity vector of the satellite and the observer satellite line of sight, and x .

r distance between observer and satellite. The relative velocity is

$$\dot{r} = \frac{dr}{dt} = -v \cos \theta \quad (14)$$

Using (1), it follows that

$$f_r = f_s \left(1 - \frac{\dot{r}}{c} \right) \left(1 + \frac{v^2}{2c^2} + \frac{3v^4}{8c^4} + \dots \right) \quad (15)$$

When higher order terms are neglected:

$$f_r = f_s \left(1 - \frac{1}{c} \frac{dr}{dt} \right) \quad (16)$$

Table 1. Elements of the Geo-referencing (Schwarz, (2012)

Variable	Obtained
r_i^m	is the coordinate vector of point (i) in the mapping frame (m-frame) <u>Unknown</u> (3)
$r_{nav}^m(t)$	is the interpolated coordinate vector of the navigation sensors (INS/GPS) in the m-frame
s^i	is a scale factor, determined by stereo techniques, laser scanners or DTM
$R_b^m(t)$	is the interpolated rotation matrix between the navigation sensor body frame (b-frame) and the m-frame
(t)	is the time of exposure, i.e. the time of capturing the images, determined by synchronization
R_c^b	is the differential rotation between the C-frame and the b-frame, determined by calibration
r^c	is the coordinate vector of the point in the C-frame (i.e. image coordinate),
r_{INS}^c	vector between IMU center and camera principal point, determined by calibration
r_{INS}^{GPS}	vector between IMU center and GPS antenna center, determined by calibration

The simplification (17) is permitted when $v \ll c$. The neglected term

$$\Delta_R = \frac{v^2}{2c^2} + \frac{3v^2}{8c^4} + \dots \quad (17)$$

Is a measure of the transversal Doppler Effect and shows, according to general relativity, that the Doppler Effect does not vanish completely for motions perpendicular to the line of sight. The relativistic corrections have to be considered for very high accuracy requirements. Basically, the Doppler shift can be determined from the difference between the transmitted and the received frequency, following equation (17). In practice, the changing difference between the frequency of the received signal f_r and a stable reference frequency f_g , generated within the receiver, is measured during a given time interval, because the instantaneous value of a frequency cannot be observed directly. Actually, the zero crossings of the difference frequency ($f_g - f_r$) are counted g_i the integrated Doppler count:

$$N_{jk} = \int_{T_j}^{T_k} (f_g - f_r) dt \quad (18)$$

With

f_g the stable reference frequency (generated in the receiver),

f_r the received (shifted) frequency, and

$T_{j,k}$ time marks for start and stop of the counting interval.

The difference ($f_g - f_r$) is also called the beat frequency f_b . For technical reasons the frequencies are selected such that the difference ($f_g - f_r$) is always positive. When satellites carrying a Doppler beacon emit time marks, e.g. every even minute of UTC, these timing signals can be used to define the counting interval in (18). In Fig. 4 the satellite has the position S_j at t_j epoch when it emits a time signal. This signal reaches the receiver at epoch T_j and starts the counting interval. Similarly, for the end of the counting interval we denote t_k , S_k and T_k . The following relations are valid, without considering propagation delays and relativistic effects:

$$T_j = t_j + \frac{r_{ij}}{c}, \quad T_k = t_k + \frac{r_{ik}}{c} \quad (19)$$

Accordingly, we obtain from (19)

$$N_{jk} = \int_{t_j + \frac{r_{ij}}{c}}^{t_k + \frac{r_{ik}}{c}} (f_g - f_r) dt \quad (20)$$

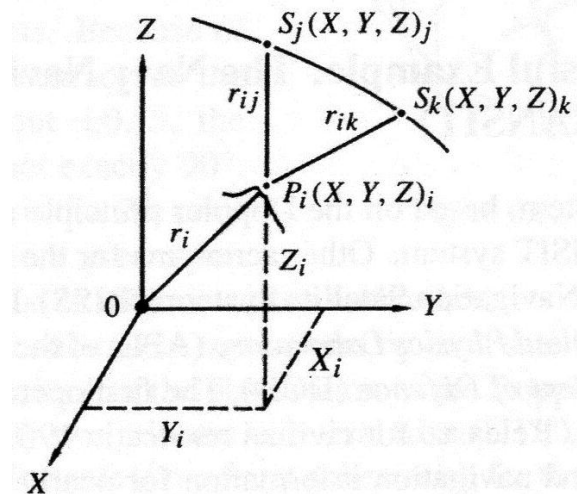


Figure 4. Determination of coordinates from Doppler observation (Seeber, 2003)

One of the limitations of using integrated inertial/GPS systems to Directly Georeference airborne sensor data (Mostafa and Hutton, 2001), is the necessity of using a GPS base station or stations in order to obtain the positional accuracy required to meet the accuracy standards of certain mapping products. The kinematic GPS positioning gives directly the positions of the GPS antenna on the aircraft, the time sequence being given by the GPS measuring rate. The positions have to be interpolated onto the times of camera exposure and reduced for the spatial off-set between GPS antenna and the perspective centre of the camera (outer node of the lens).

2.3 Ambiguity Solution

There is a second group of problems, related to the ambiguity solution of phase observations and the risk of cycle slips and signal interruption. Carrier wave phase observations measure only the phase shift with in on a cycle. The total integer number of cycles, the signal has travelled through from the satellite to the receiver, remains unknown. Recently fast ambiguity solutions have been developed which reduce the stationary recording time to a few minutes. Once the initial phase ambiguities are solved the receivers stay locked on the satellites carrier waves during the flight, until an interruption would occur. It is well established that approximate ambiguity solutions result in GPS drift errors which are, however, linear in first approximation. Hence traditional Kinematic Ambiguity Resolution (KAR) algorithms require the aircraft to be within 30km of a reference station for a certain time to obtain ambiguity resolution. Once ambiguity resolution has been established, the aircraft should not move farther than 75km from the reference station or the error will become too big. These limitations are solved by Inertially-Aided Kinematic Ambiguity Resolution (IAKAR) implemented in IN-Fusion technology, which processes inertial data and raw GNSS observables (phase and range measurements) in a single, tightly integrated Kalman filter (Figure 2). In the case of cycle slip or outage in the GNSS data, the inertial data allows immediate re-establishment of the ambiguity. The need to fly flat turns is eliminated (Hutton, 2008).

3. METHOD

More recently, GPS-aided inertial systems such as Applanix POS/AVTM have been successfully used to provide the full resolution of trajectory parameters, namely position, velocity, and attitude. This way, the entire set of translational and rotational parameters of any airborne acquired image or laser scan line can be measured with respect to some mapping frame. The Applanix POS/AVTM direct geo-referencing system is comprised of four main components: an IMU, a dual frequency low-noise GPS receiver, a computer system (PCS) and a post-processing software suite called POSpacTM. The heart of the system however is the Integrated Inertial Navigation software that is implemented both in real-time on the PCS and in post mission using the POSpacTM software (Mostafa and Hutton, 2001). When the system is first powered up, the following sequence of events happens:

1. The first satellites are tracked and coarse time is solved
2. Enough satellites are tracked to compute a position

3. Receiver “fine time” is solved, meaning the time on board the receiver is accurate enough to begin timing IMU measurements
4. Raw IMU measurements begin to be timed by the receiver and are available to the INS filter.
5. The inertial alignment routine starts and the INS Status field reports INS_ALIGNING.
6. Alignment is complete and the INS Status field changes to INS_ALIGNMENT_COMPLETE. The system transitions to navigation mode. Depending on the alignment method, the INS Status field may go directly to INS_SOLUTION_GOOD.
7. The solution is refined using updates from GNSS. Once the system is operating within specifications and after some vehicle movement, the INS Status field changes to INS_SOLUTION_GOOD. This indicates that the estimated azimuth standard deviation is below 2. If it increases above 2 the status changes to INS_SOLUTION_NOT_GOOD.

3.1 Data Acquisition

The study area is starting from station N1.2028 where the position of N1.2028 is Latitude (N) $02^{\circ} 09' 39.4''$; Longitude (E) $117^{\circ} 26' 04.8''$. The coverage area of research are : from Latitude (N) 2.05° up to Latitude (N) 2.19° ; Longitude (E) 117.04° up to 117.44° ; and Altitude 750 up to 855 m above sea level.

Location this research is at Sangata, in Kalimantan island (see Figure 5).

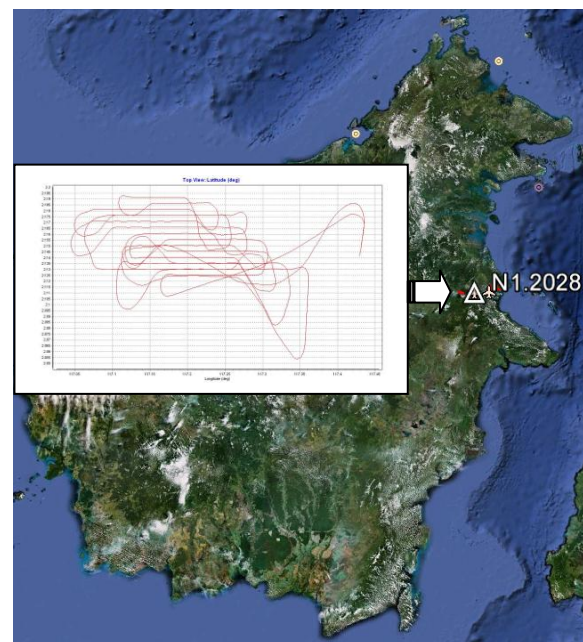


Figure 5. Location of this research is in East Kalimantan Island

Taking off and landing in this research for airborne GNSS Kinematic was from Sangatta Airport. The

trajectory of the research area is shown at figure 6.



Figure 6. Trajectory in the research area

Galappaththi, (2008), Current Airborne Post Processing Technologies Processing Software based on Loosely-Coupled Inertial Technology are Utilizes Kinematic Ambiguity Resolution (KAR) differential GNSS processing; GNSS Processing performed separately in independent Kalman filter and GNSS position used to aid the inertial solution in a GNSS/INS Kalman Filter.

Concerning the figure 4, there are three pictures of . Coverage area wick are shown as follows (see figure 7, 8, and 9):

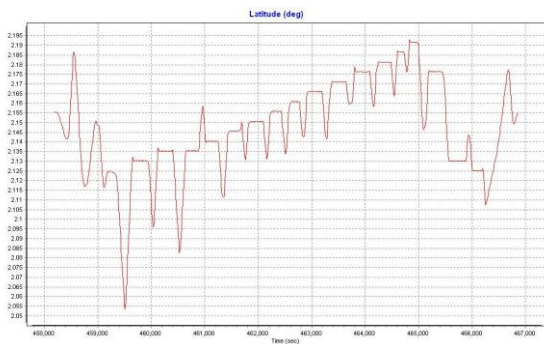


Figure 7. Coverage area of research from Lat. (N) 2.05⁰ up to Lat. (N) 2.19⁰

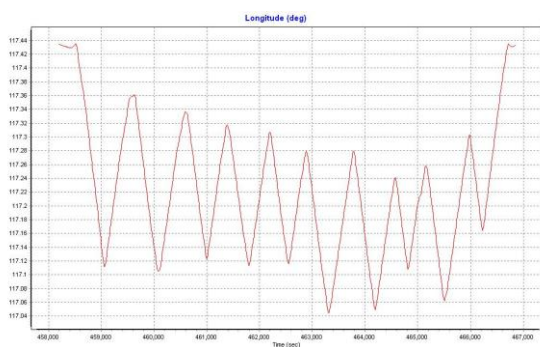


Figure 8. Coverage area of research from Long. (E) 117.04⁰ up to Long. (E) 117.44⁰

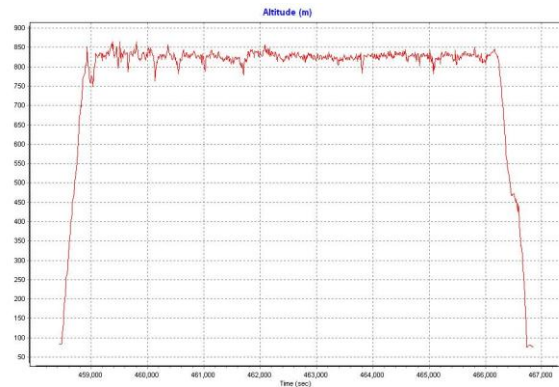


Figure 9. Coverage area of research from Altitude 750 up to 855m above sea level

3.2. Data Processing

GNSS-IMU processing method is based on the KINGSPAD-Kinematic GNSS System for Position and Attitude Determination) developed by Calgary university and commercially by Waypoint Inertial Explorer, Applanix POS-Position and Orientation System, Leica IPAS or similar. Table Data collecting and used in this paper is coming from Applanix POSAV 410 as describe in the following specification

Table 2. Specification of Data collection using Applanix POSAV 410

POS AV	310 SPS	310 DGPS	310 xp ³	310 Post-Processed ¹	410 SPS	410 DGPS	410 xp ³	410 Post-Processed ¹
Position (m)	1.5-3	0.5-2	0.1-0.5	0.05-0.3	1.5-3	0.5-2	0.1-0.5	0.05-0.3
Velocity (m/s)	0.05	0.05	0.01	0.01	0.05	0.05	0.01	0.01
Roll & Pitch (deg)	0.03	0.02	0.02	0.015	0.02	0.015	0.015	0.008
True Heading ² (deg)	0.10	0.10	0.08	0.035	0.08	0.05	0.04	0.025

Based on the table 2, the POS AV410 post process RMS error is shown as follows:

1. Position error (m) : 5 cm up to 30 cm
2. Roll and Pitch error : 0.008 degree or 0.48 arc min
3. Heading error : 0.025 degree or 1.50 arc min or 3 times from Roll or Pitch

The POSpacTM post-processing software is used to compute an optimal integrated inertial navigation solution by processing the raw IMU and GPS data collected from the POS/AVTM during the flight, along with GPS observables recorded from base station receiver(s). Smart Base and IN-Fusion technology implemented in POSpac MMS enables aerial survey to be distances (Hutton, 2008). Facilities of Applanix IN-FusionTM Technology are: Tightly-coupled Integration (for Single, centralized Kalman Filter used to estimate inertial errors and GNSS ambiguities); Inertially Aided Kinematic Ambiguity Resolution (IAKAR) (for Maintains solution accuracy during outages; Aids in rapid ambiguity resolution after outages and Forward/backward processing; No restrictions on minimum number of satellites needed for solution and No limitations on banking angles. Facilities of

Software Features are Import, manage and assess the data from POS AV system and GNSS reference stations; Produce highly accurate position and orientation solutions from the GNSS and Inertial data logged by POS AV system; Generate direct exterior orientation of each image taken by UltraCam, DMC, RMK Top, RC20/30, LMK 2000 and Applanix DSS cameras, and export it ready for third party photogrammetry software; Perform IMU to camera boresight and datum calibration.

4. Result and Discussion

High accuracy carrier phase differential GNSS processing involves searching for the correct number of integer cycles of satellite. Since the correct number of integer cycles is original. Estimation of the ambiguities requires a continual lock on the signal to each satellite in order for the solution to remain converged.

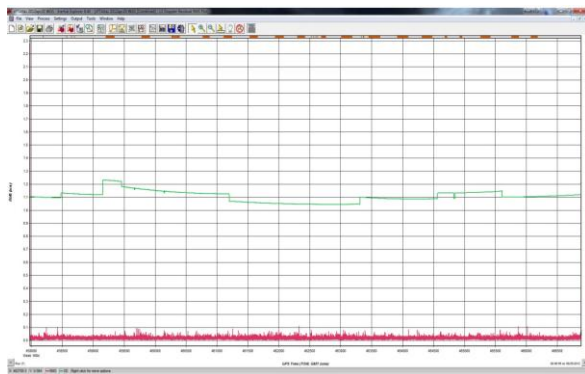


Figure 10. GNSS data using L1 phase only and Doppler R.M.S. Noise

Kinematic GNSS processing results continuous does not provide the quality of statistical results, making it difficult for visually detect if it has errors. One of the procedures for assessing data quality GNSS Kinematic is a plot of R.M.S data. Analysis of regional elevation among overlay pathway could indicate the occurrence of accidental errors. Ground survey assessments convince the Kinematic GNSS error accidental. Processing kinematic GNSS with GPS L1 data result Doppler r.ms noise significantly improve existing error. The Doppler Noise founded in the above result is to high, varied from 1.05m to 1.23 m, while L1 was under 10cm, its better quality used for initialized computation (See Figure 10). In this approach the inertial data and raw GNSS observables (phase and range measurements) are processed in a single tightly integrated Kalman filter, which allows the inertial data to be used to solve for the integer ambiguities. With IAKAR, if there is a cycle slip or outage in the GNSS data, the inertial data keeps a “memory” of the ambiguity, allowing the correct integer ambiguity to be quickly re-established immediately after the outage. For airborne

applications this means there is no longer any need to fly flat turns to avoid signal outage. Furthermore, the smaller radius of the turns also allows more flexibility for flying missions in restricted airspace (Hutton et al, 2012). Processing using default initialization Doppler count will be resulting R.M.S. error as East (E)-North (N)-Down (D) position error as follows (see figure 11, 12, and 13):

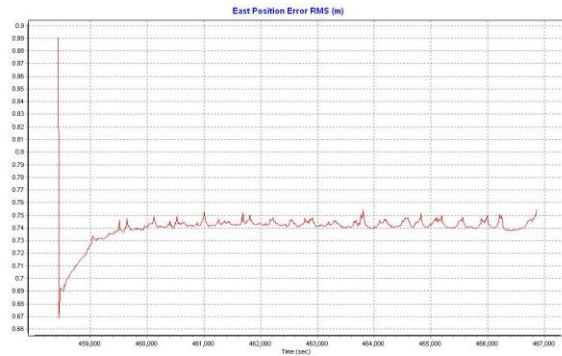


Figure 11. East Position Error RMS (m)

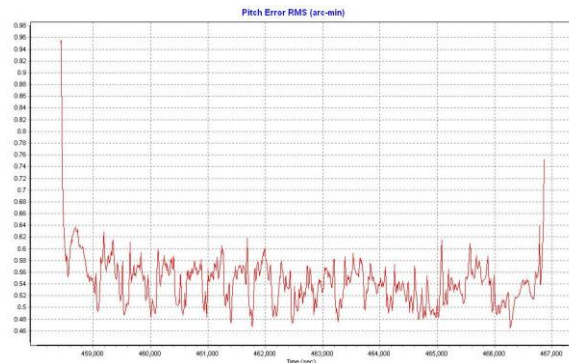


Figure 12. Pitch Error RMS (arc-min)

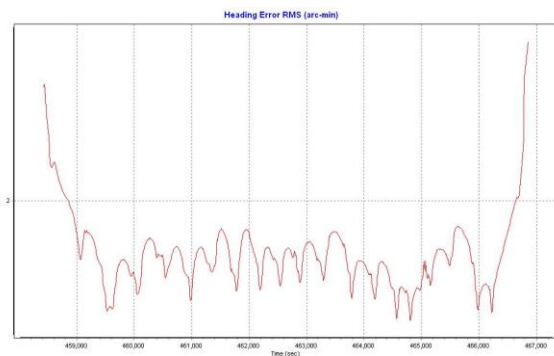


Figure 13. Heading Error RMS (arc-min)

North-East position error caused by Doppler Noise is from 0.74 up to 0.75 m, while down position error achieved is 1.78m up to 1.80m. Roll and Pitch error caused by Doppler noise are from 0.48 up to 0.60 arc min, while heading error is 1.2 up to 1.8 arc min.

The Roll Error RMS (arc-min) is shown at figure 14.

The result of Roll, Pitch, and Heading error are shown figure 16.

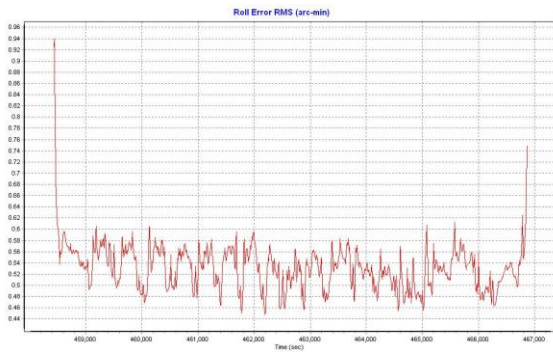


Figure 14. Roll Error RMS (arc-min)

Position error is outlier but attitude error is fulfill accuracy for system specification POSAV 410. Based on the analyze Doppler noise above, GNSS Kinematic computation must be changed by using L1 Phase as the following option (see figure 15).

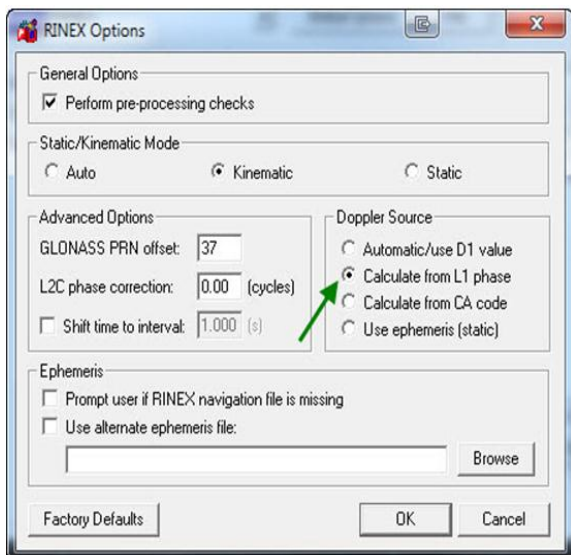


Figure 15. Processing of GNSS Rinex data using L1 phase
After changing calculation of Doppler source using L1 phase, the accuracy is found better quality. The East, North, and Down position error RMS (m) are shown at figure 16.

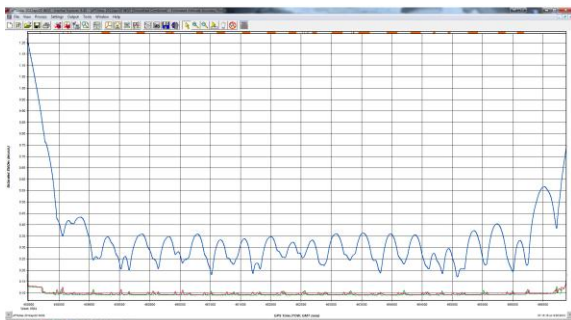


Figure 16. Roll, Pitch, and Heading Error RMS (arc-min)

The result for R.M.S. of East, North, and Height, and Trace position error RMS (m) are shown as follows (see figure 17) :

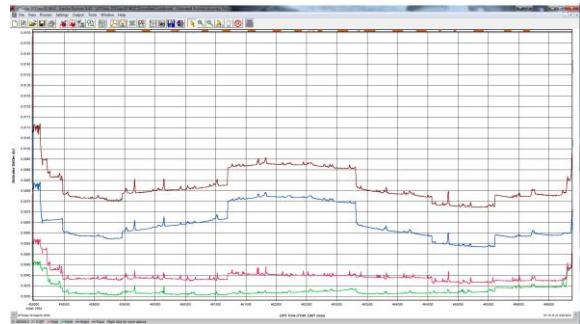


Figure 17. East, North, Height, and Trace position error RMS (m)

5. Conclusion

The conclusion of GNSS Kinematic of Doppler Noise Effect with respect to Airborne precision: Case study in Sangatta, East Kalimantan island, in Indonesia is given as follows:

1. Standar Deviation of horizontal (x,y) in north and east direction is about 2mm
2. Standar Deviation of Height (z) is about 3 mm
3. Standar Deviation of Pitch and Roll are about 0.096 up to 0.14 arc min
4. Standar Deviation of Heading is about 0.17 up to 1.2 arc min
5. POS AV 410 specification fulfills for Trajectory Direct Geo-referencing.

6. References

- Galappaththi, T., 2008, "Applanix POSpac Air 5.0 A New GNSS-Aided INS Processing Method for Direct Georeferencing of Digital Airborne Imagery" *Applanix Corporation*
- Gougan, G., Lachapelle, G., Nayak, R., and Wang, A., "Overview of GnsS Signal Degradation Phenomena" download on November 6th, 2012 from http://plan.geomatics.ucalgary.ca/papers/macgougan_et_al_kis2001.pdf
- Gutjahr, K.H., Hafner, P., Ofner, M., Längauer, K., Wieser, M., and Kühtreiber N., "performance of gnsS/ims integration methods in context of a near real-time airborne mapping platform" download on November 8th, 2012 from http://www.isprs.org/proceedings/XXXVIII/Eurocow2010/euroCOW2010_files/papers/15.pdf
- Hutton, J., 2008, "Mapping without Stable GPS Signals Ambiguity Resolution in the Air" *Applanix Corporation, Canada*
- Hutton, J., Ip, A., Bourke, T., Scherzinger, B., Gopaul, N., Canter, P., Oveland, L., and Blankenberg, L., "Tight Integration of GNSS Post-processed Virtual

- Reference Station with Inertial Data for Increased Accuracy and Productivity of Airborne Mapping” download on November 8th, 2012 from http://www.applanix.com/media/downloads/articles_papers/integration%20of%20gnss%20pp%20virtual%20reference%20station%20with%20inertial%20data.pdf
- Jekeli, C., 2001, “Inertial navigation systems with geodetic applications” *Walter de Gruyter*.
- Kjorsvik, N.S., Gjevestad, J.G.O., Broste, E., Gade, K., and Hagen, O., “Tightly Coupled Precise Point Positioning and Inertial Navigation Systems” download on November 8th, 2012 from http://www.terrapos.no/Eurocow_2010_TerraPos.pdf
- Mostafa, M.M.R., Hutton, J., 2001, “Direct Positioning and Orientation Systems, How Do they Work? What is the Attainable Accuracy?” *Proceedings ASPRS Annual Meeting*, St. Louis, MO USA
- Mostafa, M., and Hutton, J., 2001, “Airborne Kinematic Positioning and Attitude Determination Without Base Stations” *Proceedings of International Symposium on Kinematic Systems in Geomatics and Navigation (KIS 2001)*, Banff, Canada
- Parkinson, B., and Spilker, J., 1996, “Editors, Global Positioning System, Vol. 1” *American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc.*, Washington, DC, Chapter 3.
- Schwarz, K.P., and El-Sheimy, N., “Mobile Mapping Systems – State Of The Art and Future Trends” download on October 30, 2012 from <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm5/papers/652.pdf>
- Seeber, G., 2003, “Satellite Geodesy 2nd Edition” *Walter de Gruyter*, Berlin, New York

Pemanfaatan BPN Web Cors Station/ Spiderweb Untuk Keperluan Survey Kadastral BPN RI

Rangga Bayu Prasetya, Carisma Bramantio, Adhityo Susilo Nugroho

Team Support PT Almega Geosystems

Jl. Gading Batavia Blok LC 9 No 23 & 25, Email: rangga@almega.co.id, ibam@almega.co.id, adhityo@almega.co.id

Abstract

The number of Basic Reference Point or TDT built in Indonesia is still less than the ideal. As well with the distribution of TDT is still uneven. It had been the one of the obstacles in the Cadastral mapping effort. In an attempt to overcome the limitation of the number of TDT and support the certification of land acceleration, Land Agency of Indonesia or BPN RI system uses GNSS CORS (Continuously Operating Reference Stations) a tangible point of reference frame fitted with GNSS receiver and operates continuously for twenty-four hours by the method of field measurements of soil is RTK-NTRIP (Real Time Kinematic-Networked Transport of RTCM via Internet Protocol). However, in the implementation of the field sometimes have problem in using RTK NTRIP. Therefore, an alternative method is needed that can be used as obstacles in the use of RTK NTRIP. Alternative services are Web BPN CORS Stations / Spiderweb.

Keywords : BPN RI, CORS, RTK, NTRIP, Spider, Spiderweb

1. Pendahuluan

Kegiatan pendaftaran tanah di Indonesia salah satunya bertujuan untuk menjamin kepastian hukum dan perlindungan kepada pemegang hak atas suatu bidang tanah yang dinyatakan dalam bentuk sertipikat. Dalam kegiatan pendaftaran tanah, dilakukan pengukuran batas-batas bidang tanah dengan mengacu pada Titik-Titik Dasar Teknik (TDT) yang dinyatakan dalam bentuk pilar orde 2, 3, dan 4 yang diselenggarakan oleh BPN-RI (Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia).

Jumlah TDT yang dibangun di Indonesia masih kurang dari jumlah ideal dan distribusi TDT tidak merata sehingga kesulitan untuk mengikatkan bidang tanah dalam satu sistem koordinat untuk pemetaan (Adiyanto, 2009). Keterbatasan jumlah TDT disebabkan oleh faktor biaya pengadaan dan perawatan TDT yang tidak murah. Hal ini tentunya memengaruhi waktu yang diperlukan BPN untuk melakukan sertifikasi seluruh bidang tanah di Indonesia.

Dalam upaya mengatasi keterbatasan jumlah TDT serta mendukung percepatan sertifikasi bidang tanah, maka mulai tahun 2009 BPN menggunakan sistem GNSS CORS (Continuously Operating Reference Stations) yang berwujud sebagai titik kerangka referensi

aktif yang dipasang receiver GNSS dan beroperasi secara kontinyu selama dua puluh empat jam. Sedangkan scenario untuk metode pengukuran bidang tanahnya menggunakan metode RTK NTRIP (Real Time Kinematik Networked Transport of RTCM via Internet Protocol).

Namun dalam pelaksanaan dilapangan, terkadang terdapat kendala dalam penggunaan metode RTK NTRIP yaitu susahnya untuk memperoleh tipe solusi *fix*. Hal –hal yang mempengaruhi antara lain dikarenakan *coverage area* layanan *provider* GPRS yang belum tersebar secara merata dan adanya gangguan dalam jaringan internet dan server CORS BPNRI. Oleh karena itu diperlukan layanan alternatif yang dapat menjadi *back up method* saat pengukuran mengalami kendala. Layanan alternatif tersebut adalah BPN Web CORS Stations/ Spiderweb.

2. CORS BPN RI

CORS merupakan jaring kerangka geodetik aktif berupa stasiun permanen yang dilengkapi dengan receiver yang dapat menerima sinyal dari satelit GNSS. GNSS CORS merupakan salah satu teknologi berbasis GNSS (Global Navigation Satellite System) yang dimanfaatkan untuk berbagai aplikasi yang terkait dengan penentuan posisi (Rizos dan

Cranenbroeck, 2006). BPN RI memiliki sistem berbasis CORS ini dan mengoperasikan secara penuh. Adapun tujuan BPN menggunakan CORS (menurut Adiyanto, 2010) adalah sebagai berikut :

- a. Legalisasi aset dan properti berupa bidang tanah.
- b. Mendukung program-program Badan Pertanahan Nasional Republik Indonesia seperti reforma agraria, penertiban tanah terlantar, LARASITA, IP4T yaitu dalam rangka percepatan penyediaan data spasial pertanahan.
- c. Dapat mempermudah dan mempercepat transformasi peta-peta yang masih menggunakan sistem koordinat lokal ke dalam sistem koordinat nasional (pasal 43 ayat 2 PMNA 3/1997).
- d. Bagi lokasi yang belum tersedia peta dasar pertanahan, pengukuran bidang tanah dengan teknologi CORS yang dilengkapi dengan software Stand Alone System (SAS) maka bidang tanah tersebut secara langsung akan terpetakan pada nomor lembar tertentu dalam sistem proyeksi TM 3° (tersedia peta).
- e. Dapat menghasilkan koordinat H (ketinggian) yang dapat digunakan untuk mendukung pelaksanaan pengukuran kadaster tiga dimensi (3D).
- f. Mendukung program pemerintahan lainnya seperti penataan ruang, penanganan bencana alam, monitoring transportasi umum, monitoring pergerakan lempeng bumi, pekerjaan konstruksi (tol, bendungan, jembatan) dan lain sebagainya.

3. Hambatan CORS BPN RI

Sistem CORS BPN RI kedepannya diproyeksikan untuk menggantikan sistem konvensional yang ada yaitu system TDT. Antara lain alasan yang dikedepankan adalah masalah efisiensi. Namun teknologi ini masih memiliki beberapa hambatan. Hambatan terbesar dari CORS *RTK NTRIP* adalah pada penggunaan teknologi informasi dan telekomunikasi. Terutama sekali adalah ketidakstabilan dari layanan internet yang digunakan untuk penyampaian koreksi pengukuran dari server pusat kepada rover dan dari base station ke server pusat. Hambatan tersebut menurut Adiyanto, 2010 sangat mengganggu terutama pada saat dilakukan pengukuran karena pengukuran bisa mengalami

penundaan yang disebabkan jaringan internet kurang stabil ataupun tidak mampu untuk melakukan streaming data. Berikut ini adalah diagram alir penggunaan CORS BPN RI menggunakan metode *RTK NTRIP* sebagai *client*.

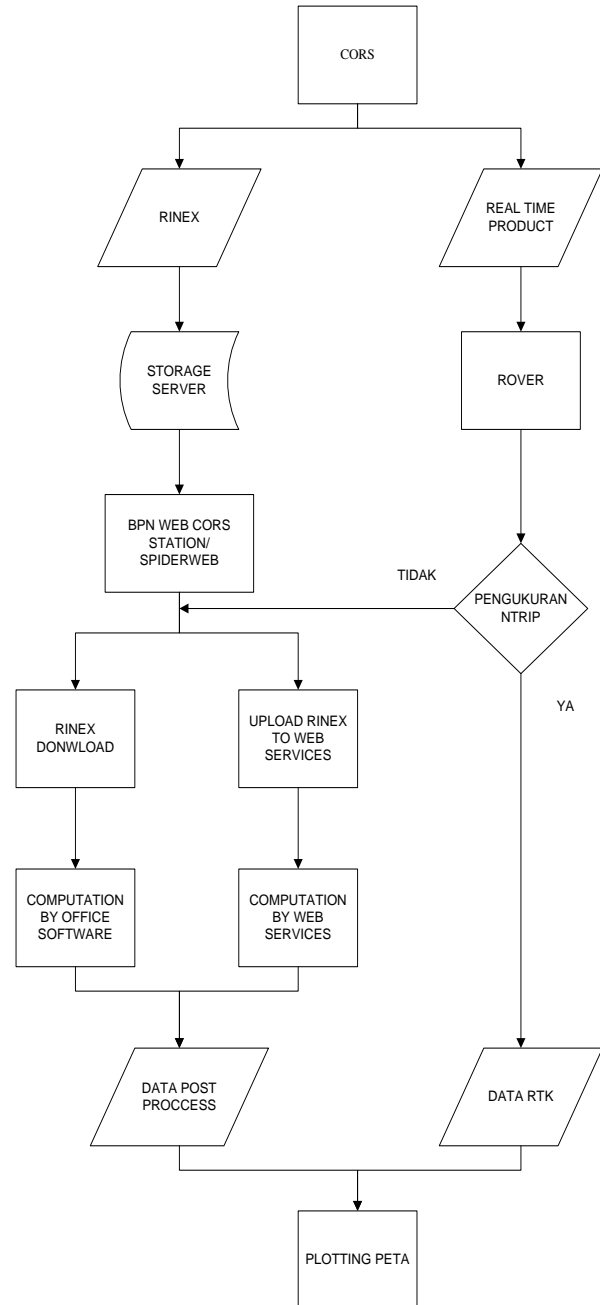
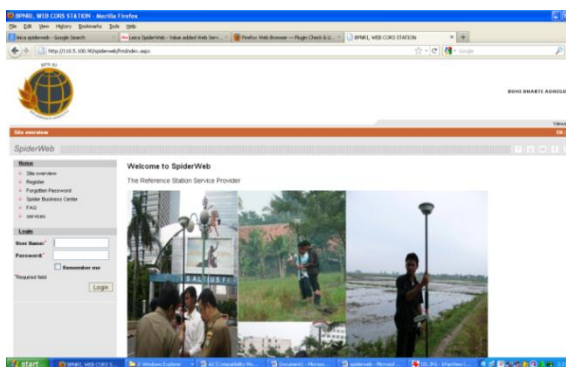


Diagram Alir Penggunaan Pengukuran CORS *RTK NTRIP* (Client)

Dari diagram alir tersebut dijelaskan bahwa apabila pengguna rover mendapatkan gangguan saat melakukan pengukuran *RTK NTRIP*, idealnya terdapat suatu metode alternatif sehingga kegiatan pengukuran tetap

berlangsung. Alternatif tersebut yaitu pengolahan data secara *post processing*. Kemudian yang menjadi pertanyaan adalah bagaimana juru ukur dapat melakukan *post processing* sedangkan tidak semua Kantor Pertanahan di Indonesia memiliki software *post processing*? Harga software *post processing* pun tidak murah sehingga menyebabkan tidak semua Kantor Pertanahan dapat memiliki software *Post Processing*. BPN Web CORS Station/ Spiderweb dapat menjadi salah satu alternatif yang sangat membantu karena didalam BPN Web CORS Station memiliki konten pengolahan data *post process* berbasis web yang bisa diakses melalui Internet. Alamat dari BPN Web CORS Station/ Spiderweb ini adalah <http://www.bpnri-cors.net>



Tampilan BPN Web CORS Station/ Spiderweb

4. Pemanfaatan BPN Web CORS Stations/ Spiderweb

BPN Web CORS Station/Spiderweb adalah layanan berbasis web untuk men-supply pengguna dalam menggunakan GNSS data dan untuk komputasi data secara *Post Processing*. Fungsi BPN Web CORS Station/Spiderweb ini idealnya digunakan untuk melengkapi Leica *GNSS Spider* yang sudah terinstall di Server GNSS CORS BPN RI.

BPN Web CORS Station/Spiderweb menyediakan akses yang aman untuk pengolahan data secara *post processing*. Nilai tambah dari layanan Spiderweb ini adalah kemudahan distribusi dan penggunaan data set dari stasiun tunggal atau *network* untuk penggunaan standar *web broser*. Adapun fasilitas yang dimiliki Spiderweb adalah sebagai berikut.

a. RINEX Jobs Service

Berfungsi untuk kemudahan mendownload data GNSS serta menyediakan kemudahan akses untuk data RINEX dari stasiun CORS terpilih.

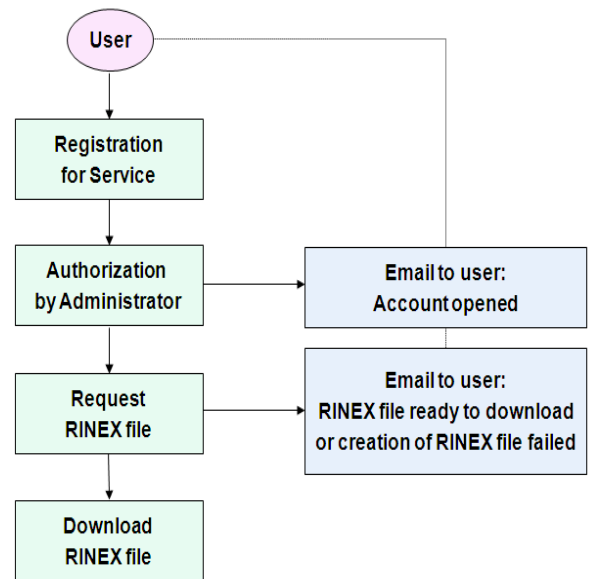
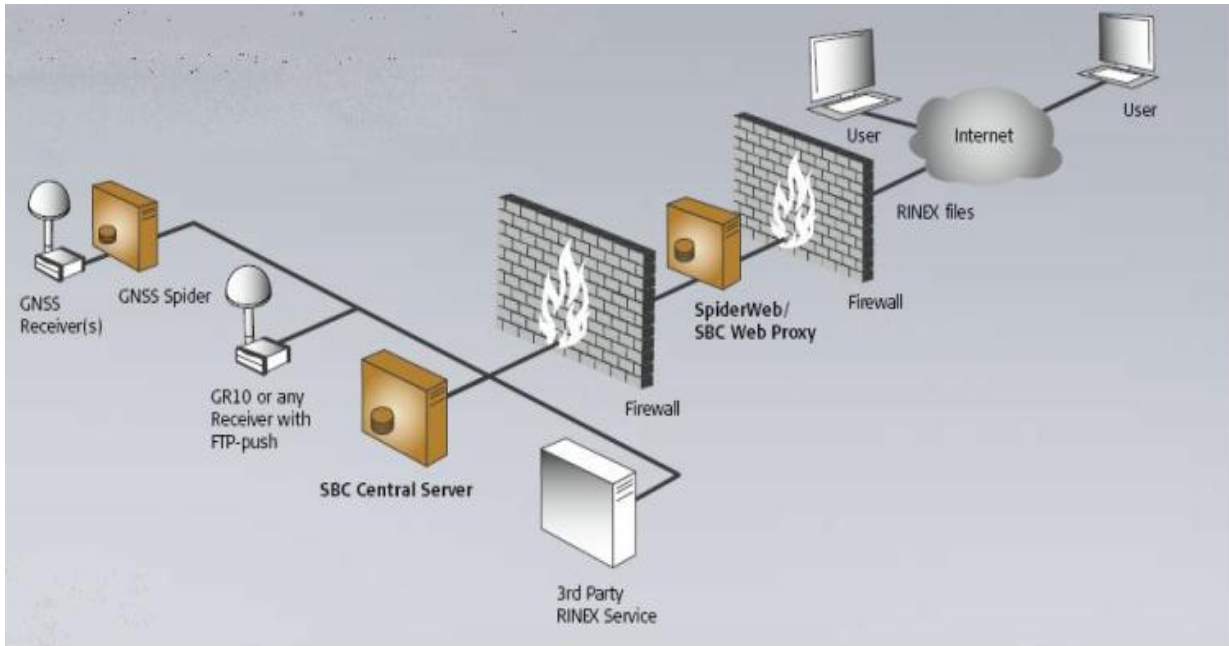


Diagram Alir download RINEX di BPN Web CORS Stations/ Spiderweb (Sumber: Leica)

b. Coordinate Computation Service

Berfungsi untuk memperoleh koordinat *post processing* yang akurat tanpa *office software*. BPN Web CORS Station/ Spiderweb, dapat mengolah *post processing* secara *network* ataupun *single base*. Jumlah site referensi yang bisa digunakan maksimal adalah 3 site yang terdekat.

Gambar Tampilan *Coordinate Computation Service* pada BPN Web CORS Stations/ Spiderweb (Sumber: Leica)



Arsitektur Spiderweb (Sumber : Leica Spiderweb Flyer)

5. Metode Pemanfaatan BPN Web CORS Stations/ Spiderweb

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, BPN Web CORS Stations/ Spiderweb adalah alternatif metode pengukuran apabila juru ukur mengalami gangguan ketika menggunakan metode *RTK NTRIP*. Sehingga ketika juru ukur menemui kesulitan untuk mendapatkan tipe solusi “fix” yang disebabkan gangguan jaringan, juru ukur dapat memanfaatkan layanan BPN Web CORS Stations/ *Spiderweb*. Caranya adalah dengan mengubah metode pengukuran dari *Real Time Kinematik NTRIP* menjadi metode *Statik atau Kinematik*. Hasil data yang didapat dari pengukuran Statik atau Kinematik kemudian di export ke format RINEX. Data RINEX itu-lah yang di *upload*, dan secara otomatis akan diolah secara *post process* melalui BPN Web CORS Stations/ *Spiderweb*.

Sedangkan cara lain pemanfaatan BPN Web CORS Stations/ *Spiderweb* adalah dengan menggunakan layanan download RINEX. Hasil dari download RINEX ini kemudian dilakukan pengolahan secara mandiri menggunakan *office software*. Hal ini dapat dilakukan apabila pengguna mempunyai *office software* atau untuk keperluan *scientific*. Berikut ini adalah hasil pemanfaatan BPN Web CORS Station/ *Spiderweb*.

The screenshot shows the SpiderWeb software interface. The main window displays the results of a RINEX data computation. The output is a table with columns: Date/Time, Point-ID (Obs), Point-ID (Data), X, Y, Z, and Std.Dev. X, Std.Dev. Y, Std.Dev. Z. The data shows coordinates for various points over time.

Date/Time	Point-ID (Obs)	Point-ID (Data)	X	Y	Z	Std.Dev. X	Std.Dev. Y	Std.Dev. Z
2012/ 9/11 09:10:45	Jakarta Utara	GP0001	-1849307.3695	497947.3424	-479931.8893	0.01039	0.01039	0.01039
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0002	-1849303.9517	497947.5161	-479931.4376	0.01039	0.01039	0.01039
2012/ 9/11 09:10:45	Jakarta Utara	GP0003	-1849306.6210	497947.4603	-479931.9711	0.01039	0.01039	0.01039
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0004	-1849301.6119	497947.7605	-479931.6512	0.01071	0.01071	0.01071
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0005	-1849308.1300	497949.7594	-479931.2395	0.01040	0.01040	0.01040
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0006	-1849308.2753	497949.4897	-479931.2514	0.01039	0.01039	0.01039
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0007	-1849301.4973	497949.2264	-479931.8019	0.01036	0.01036	0.01036
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0008	-1849301.0894	497949.2003	-479931.7656	0.01024	0.01024	0.01024
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0001	-1849301.0937	497949.2414	-479931.4895	0.01034	0.01034	0.01034
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0002	-1849301.4693	497949.4629	-479931.4772	0.01034	0.01034	0.01034
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0003	-1849301.6489	497949.4744	-479931.5292	0.01032	0.01032	0.01032
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0004	-1849301.3313	497949.7211	-479931.5949	0.01032	0.01032	0.01032
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0005	-1849301.0393	497949.4698	-479931.6341	0.01032	0.01032	0.01032
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0006	-1849301.0840	497949.1499	-479931.5662	0.01039	0.01039	0.01039
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0007	-1849301.1578	497949.1162	-479931.6107	0.01036	0.01036	0.01036
2012/ 9/11 09:10:15	Jakarta Utara	GP0008	-1849301.4614	497949.4907	-479931.6614	0.01049	0.01049	0.01049

Gambar Hasil Processing Menggunakan Spiderweb

6. Keterbatasan

Keterbatasan dari BPN Web CORS Station/ *Spiderweb* yang pertama adalah sistem koordinat yang digunakan oleh BPN RI adalah TM 3°, yaitu dimana pembagian zona dilakukan setiap 3°. Sistem koordinat TM 3° ini merupakan sistem yang diperuntukkan khusus untuk BPN RI di Indonesia, sehingga TM 3° bukanlah sistem koordinat global. BPN Web CORS Station/ *Spiderweb* adalah web service yang bersifat global, termasuk sistem koordinatnya menggunakan sistem koordinat universal (Kartesian, UTM, dll). Oleh karena itu BPN Web CORS Stations/ *Spiderweb* saat ini belum *support* untuk penggunaan sistem koordinat TM 3°. Dalam penerapannya, pengguna BPN Web CORS Stations/ *Spiderweb* nantinya diharapkan bisa

mentransformasikan koordinat secara mandiri ke TM 3° sesuai dengan zona dimana pengguna melakukan pengukuran.

Keterbatasan yang kedua adalah *lisence* yang aktif di BPN saat ini hanya 20 *lisence*. Meskipun *lisence* tersebut bersifat *floating* atau tidak *fix* pada site namun jumlah *lisence* tersebut masih belum ideal dengan jumlah site yang dimiliki oleh BPN dimana jumlahnya sudah lebih dari 100 site.

Kesimpulan

Dari tulisan di atas, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. BPN WEB CORS Station/ Spiderweb dapat dijadikan salah satu alternatif solusi apabila terjadi gangguan saat pengguna mengalami gangguan pengukuran CORS menggunakan metode *RTK NTRIP*.
2. Pengguna BPN WEB CORS Station/ Spiderweb secara mandiri mentransformasi ke TM 3° dikarenakan sistem koordinat yang ada BPN WEB CORS Station/ Spiderweb belum men-support untuk sistem koordinat TM 3°.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., Subarya, C., Muslim, B., and Adiyanto, F.H., 2010, *The Application of GPS CORS in Indonesia: Status Prospect and Limitation, FIG Conress 2010, Sydney, 11 -16 April, 2010*
- Adiyanto, Farid Hendro. 2009. *Aplikasi Dan Pengembangan SRIKANDI (Sistem Referensi Kadastral Nasional Indonesia) Di BPN-RI*
- Adiyanto, Farid Hendro. 2010. *Aplikasi Continously Operating Reference Stations (CORS) Untuk Mendukung Program – Program Pertanahan BPN RI. 2011. Buku Saku Pelaksanaan Pengukuran dan Pemetaan Bidang tanah dengan CORS/JRSP*
- Leica Geosystems. 2011. *NRS Workshop - Spiderweb*
- Leica Geosystems. 2012. www.leica-geosystems.com/en/Leica-Spiderweb_83497.html

Pemanfaatan GNSS CORS untuk Penentuan Titik Dasar Teknik Orde 3 Menggunakan Metode *Rapid Static* dengan Moda Radial

Nurrohmat Widjanti^a, Margareta Ellya Lim Putraningtyas^b, Amon Yoga Mausara^c

^a Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: nwidjanti@ugm.ac.id

^bKantor Pertanahan Kabupaten Bantul, DI Yogyakarta

^c Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

The maintenance of the 3rd order of TDTs is performed by Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul. The measurement of their TDT is carried out using rapid static method with radial mode. The precision of the measured coordinates needs to be evaluated. This research is done to identify the coordinate and its precision compared to TDT coordinates from buku tugu.

This research is performed with 30 sample of the 3rd order of TDTs Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul with the baseline length less than 20 kilometers. The measurement used Javad Triumph 1 as the receiver with 1 second of sampling rate and 20 minutes duration time. The data analysis utilized significance test.

Based on the result of significance test, it is concluded that there is the difference between the coordinates from the buku tugu and the measured coordinates in this research. The difference is caused by the shift of tectonic plates and earthquakes. It means that there is a displacement in the measured TDT. The average of this displacement is 0.892 meters with the direction average of north-east is $25^{\circ}51'4.069''$.

Keywords: rapid static method, radial mode, 3rd order of TDTs, movement.

Pendahuluan

Latar Belakang

Salah satu teknologi penentuan posisi berbasis satelit adalah *Global Navigation Satellite System* (GNSS) *Continuous Operating Reference System* (CORS). CORS merupakan sistem GNSS yang beroperasi secara kontinyu selama 24 jam sebagai acuan penentuan posisi, baik secara *real time* maupun *post-processing*. CORS dapat melayani pengguna, baik menggunakan *Differential GPS* (DGPS) maupun *Real Time Kinematic* (RTK) dengan data yang dapat diakses secara mudah.

Badan Pertanahan Nasional (BPN), salah satunya Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul, merupakan institusi yang menggunakan aplikasi sistem CORS. Institusi ini mulai menerapkan sistem CORS antara lain untuk pemeliharaan titik dasar teknik (TDT) dalam rangka pendefinisian ulang koordinat TDT secara kontinyu. Pemeliharaan ini semestinya dilakukan dengan suatu metode pengukuran yang relatif singkat dengan ketelitian yang sesuai TDT yang diukur dan tentunya dengan biaya yang murah karena dilakukan secara periodik. Metode yang sudah dilakukan oleh Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul adalah *Real Time Kinematic-Networked Transport of*

RTCM via Internet Protocol (RTK-NTRIP). RTK-NTRIP adalah penentuan posisi secara diferensial dimana koreksi data dilakukan secara *real time* melalui jaringan internet. Pada metode RTK-NTRIP ini *base* yang digunakan adalah stasiun GPS yang selalu menyala dan merekam data GPS selama 24 jam setiap hari. Dalam pelaksanaannya, metode ini menghadapi beberapa kendala yaitu kekuatan sinyal operator *Global System for Mobile Communication (GSM)*, topologi yang sangat bervariasi, kanopi yang lebat, kendala *base station*, dan *traffic jam* sinyal. Kendala-kendala tersebut mempengaruhi lama waktu pengukuran karena tidak mudah mendapatkan solusi yang *fixed*, bahkan dapat terjadi kondisi tidak ada sinyal sehingga tidak mungkin dilakukan pengukuran dengan metode RTK-NTRIP.

Sebagai alternatif untuk mengatasi kendala tersebut, penelitian ini dicoba menggunakan strategi pengolahan data *post-processing* terhadap data pengamatan metode pengamatan *rapid static* dengan moda radial. Hal ini dilakukan berdasarkan pertimbangan tingkat kepraktisan dan kepresisian yang dianggap memadai untuk keperluan pemeliharaan TDT. Cara ini tidak harus menggunakan koneksi internet karena data pada

waktu pengukuran terekam oleh *receiver*. Setelah pengukuran TDT, data GPS dapat diunduh dan diolah untuk mendapat nilai koordinat titik TDT. Pengolahan dilakukan terhadap data ukuran GPS pada TDT dan *base station* CORS dalam *epoch* pengukuran yang sama. Penggunaan metode pengamatan *rapid static* dipilih karena memerlukan waktu penyelesaian yang relatif lebih singkat daripada menggunakan metode statik yang diperlukan untuk pemeliharaan TDT. Walaupun dalam spesifikasi teknis pengukuran TDT orde 3 dilakukan dengan pengamatan jaring, namun moda radial dipilih untuk pemeliharaan karena moda ini hanya memerlukan waktu penyelesaian survei dan pengolahan yang lebih singkat, serta biaya operasional survei yang relatif lebih murah daripada moda jaring.

Tinjauan Pustaka

Peluang pemanfaatan CORS di Indonesia mempunyai prospek yang cukup bagus. Hal ini ditunjang oleh perkembangan berupa *hardware*, *software*, pencapaian kualitas hasil hingga layanan aplikasinya untuk berbagai bidang. CORS di Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul dimaksudkan untuk memberikan layanan pendaftaran tanah menuju ke arah tertib administrasi pertanahan yang lebih baik (Sunantyo, 2010).

Penelitian menggunakan CORS telah dilakukan oleh Aries (2010). Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode RTK-NTRIP dengan *sampling rate* 1 detik selama 15 detik dengan *base station* GMU1 milik UGM untuk studi pemetaan titik batas bidang tanah. Hasil penelitian ini adalah solusi pengukuran RTK-NTRIP untuk solusi *fixed* dengan presisi mencapai 0,015 m, sedangkan untuk solusi *float* dengan presisi sebesar 0,076 m.

Penelitian yang membandingkan metode diferensial moda radial dengan metode RTK-NTRIP telah dilakukan oleh Mahyeda (2011). Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan metode statik moda radial dan metode RTK-NTRIP pada *baseline* pendek, yaitu kurang dari 20 km. Hasil penelitian ini adalah bahwa (pada kasus *baseline* pendek) penentuan posisi metode statik dengan moda radial lebih presisi dibandingkan metode RTK-NTRIP. Nilai presisi metode diferensial dengan moda radial dan metode RTK-NTRIP masing-masing sebesar 0,010 m dan 0,022 m untuk posisi horisontal dan masing-masing sebesar 0,023 m dan 0,195 m untuk posisi vertikal.

Penelitian mengenai moda radial telah dilakukan ialah oleh Ma'ruf, dkk. Penelitian yang dilakukan untuk menetapkan dan menegaskan batas wilayah di Desa Kauman, Kecamatan Karangrejo, Propinsi Jawa Timur dengan menggunakan metode diferensial moda radial menghasilkan kepresisian koordinat pilar batas yang berkisar 7,4 mm sampai dengan 0,8 mm.

Penelitian lain dilakukan oleh Subaryono, dkk., tentang pemanfaatan citra satelit resolusi tinggi, DGPS, dan SIG untuk mendeteksi kondisi penggunaan lahan di Kota Yogyakarta. Di dalam penelitian ini dilakukan penetapan titik kontrol tanah dengan pengukuran GPS menggunakan metode diferensial moda radial. Hasil pengolahan koordinat yang didapat memiliki kepresisian komponen lintang sebesar 0,0006 m sampai dengan 0,0021 m, komponen bujur 0,0006 m sampai dengan 0,0013 m, dan komponen tinggi 0,0019 m sampai dengan 0,0069 m.

Informasi tentang TDT orde 3 sudah tersedia di buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) tahun 1997, sedangkan pengamatan TDT yang dikaji adalah tahun 2012, sehingga perlu diperhatikan perubahan posisi akibat aktivitas tektonik. Penelitian mengenai deformasi yang terjadi karena gempa Yogyakarta telah dilakukan oleh Abidin, dkk (2009). Hasil penelitian ini adalah besarnya deformasi koseismik gempa Yogyakarta 2006 berkisar antara 10 sampai dengan 15 cm dan deformasi pascaseismiknya dalam arah horisontal sekitar 0,3 sampai dengan 9,1 cm. Kemungkinan besar pergerakan pascaseismik tersebut terus berlanjut untuk beberapa tahun berikutnya.

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian lain adalah GPS CORS digunakan untuk pengukuran TDT orde 3 di Kabupaten Bantul. Metode pengukuran dengan *rapid static* dengan moda radial akan dibandingkan terhadap koordinat TDT orde 3 dari buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul). Penelitian ini menggunakan stasiun CORS Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul sebagai *base point*.

Rumusan Masalah

TDT, dalam hal ini TDT orde 3 pada kegiatan pendaftaran tanah berfungsi sebagai titik ikat bagi keperluan penyiapan peta pendaftaran/peta dasar pendaftaran serta untuk keperluan rekonstruksi batas bidang tanah. Rekonstruksi TDT sangatlah diperlukan untuk mengetahui perubahan yang terjadi sehingga pemeliharaan terhadap TDT yang ada sangat diperlukan. Selain dengan metode RTK-NTRIP, salah satu alternatif metode yang dapat digunakan adalah metode *rapid static* dengan moda radial. Rumusan masalah pada penelitian ini adalah berapa tingkat presisi posisi TDT yang ditentukan dengan pengamatan metode *rapid static* dengan moda radial? Selain itu, berapa besar perbedaan koordinat hasil pengukuran metode *rapid static* dengan moda radial terhadap koordinat TDT dalam buku tugu?

Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Menentukan nilai koordinat dan presisi koordinat TDT orde 3 di Kabupaten Bantul menggunakan metode *rapid static* dengan moda radial.
2. Menguji signifikansi perbedaan antara koordinat TDT orde 3 hasil penentuan posisi metode *rapid static* dengan moda radial dan koordinat buku tugu.

Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah dapat memberikan data atau informasi tentang nilai presisi pada metode *rapid static* dengan moda radial untuk pemeliharaan TDT orde 3. Dengan demikian, apabila metode *rapid static* dengan moda radial dapat mencapai kepresisian TDT orde 3, maka metode tersebut dapat digunakan sebagai alternatif untuk pemeliharaan TDT orde 3.

Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Lama waktu pengukuran *rapid static* adalah 20 menit dengan *sampling rate* 1 detik.
2. Pengukuran GPS dilakukan pada TDT orde 3 (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul).
3. *Software* pengolahan data yang digunakan adalah GeoGenius versi 2.
4. Hasil pengukuran TDT orde 3 metode *rapid static* dengan moda radial dibandingkan dengan koordinat TDT orde 3 yang terdapat di dalam buku tugu.

Metodologi Penelitian

Pelaksanaan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi:

1. Data primer, yaitu data yang langsung didapatkan di lapangan melalui pengukuran GPS pada TDT orde 3 Kabupaten Bantul dengan metode *rapid static* moda radial. Pengukuran titik sampel penelitian yang teramati berjumlah 30 titik yaitu TDT 13.05.002; TDT 13.05.004; TDT 13.05.005; TDT 13.05.007 TDT 13.05.008; TDT 13.05.009; TDT 13.05.010; TDT 13.05.013; TDT 13.05.017; TDT 13.05.020; TDT 13.05.021; TDT 13.05.022; TDT 13.05.025; TDT 13.05.027; TDT 13.05.029; TDT 13.05.046; TDT 13.05.051; TDT 13.05.053; TDT 13.05.060; TDT 13.05.063; TDT 13.05.064; TDT 13.05.080; TDT 13.05.081; TDT 13.05.083; TDT 13.05.084; TDT 13.05.085; TDT 13.05.086; TDT 13.05.089; dan TDT 13.05.096.
2. Buku Tugu orde 3 (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) tahun pembuatan 1997.

3. Data pengamatan GPS dalam format RINEX Stasiun GNSS CORS Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul.

Tahap pelaksanaan penelitian yang meliputi persiapan, sampling, pengolahan dan analisis disajikan dalam diagram alir pada Lampiran A.

Hasil dan Pembahasan

Koordinat TDT Orde 3 Hasil Ukuran

Data yang diolah adalah data RINEX hasil pengamatan GPS dengan menggunakan metode *rapid static* dengan moda radial dan data RINEX *base station* Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul. Pengolahan menggunakan *software Geogenius* untuk menghasilkan nilai *baseline*, koordinat TDT, dan nilai presisinya. Koordinat hasil pengolahan disajikan dalam sistem koordinat geografis, yaitu lintang dan bujur dengan satuan derajat, menit, dan detik, sedangkan nilai presisi atau simpangan bakunya dalam satuan milimeter. Simpangan baku yang digunakan adalah simpangan baku yang telah ditransformasikan ke dalam komponen *Northing*, *Eastng*, dan Tinggi karena dalam proses analisis digunakan koordinat dalam sistem UTM. TDT 13.05.20, TDT 13.05.25, TDT 13.05.51, TDT 13.05.83, TDT 13.05.89 sudah dilakukan tiga kali pengukuran yaitu pada tanggal 25 November, 8 Mei 2012, dan 4 Juni 2012 tetapi karena pada tanggal tersebut RINEX CORS Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul tidak ada yang sesuai dengan waktu pengukuran maka kelima TDT tersebut tidak bisa diolah dan dianalisis. Nilai koordinat ditransformasikan ke dalam sistem UTM menggunakan *software* TransKoord dengan mengasumsikan tidak ada perambatan kesalahan dapat dilihat dalam tabel Lampiran B. Distribusi lokasi TDT orde 3 dapat dilihat pada Lampiran C.

Besar dan Arah Pergeseran TDT Orde 3

Terdapat perbedaan yang signifikan antara TDT yang diukur dalam penelitian ini dengan TDT dalam buku tugu. Perbedaan tersebut dapat disebabkan karena aktifitas lempeng tektonik, gempa bumi, metode pengolahan, dan elipsoid referensi yang digunakan. Selanjutnya analisis dilakukan pada besar dan arah pergeseran horisontal.

Besar pergeseran horisontal

Besar pergeseran horisontal beserta uji signifikansi disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Besar pergeseran horisontal

No. Titik	Pergeseran Horisontal (m)
1305004	1,035
1305005	0,875
1305007	0,724
1305008	0,886
1305009	0,900
1305010	0,818
1305013	0,755
1305017	1,118
1305021	0,940
1305022	0,745
1305027	0,985
1305029	0,853
1305046	0,821
1305053	0,849
1305060	0,848
1305063	0,876
1305064	1,054
1305080	0,787
1305081	0,864
1305082	0,870
1305084	0,916
1305085	0,850
1305086	0,859
1305096	1,173
Rata-rata = 0,892 (m)	
Simpangan baku = 0,112 (m)	
Derajat kebebasan = 23	
Nilai uji (t_0) = 7,955	
Nilai tabel (t) = 2,069	
Hasil uji = ditolak	

Merujuk pada Tabel 1, tampak bahwa pergeseran rata-rata pada bidang horisontal sebesar 0,892 m. Pergeseran horisontal terkecil ada pada TDT 13.05.007 sebesar 0,724 m dan pergeseran horisontal terbesar ada pada TDT 13.05.096 sebesar 1,173 m. Penyimpangan TDT 13.05.096 ini sebesar 0,2819 m dari pergeseran horisontal rata-rata. Pergeseran yang terjadi nilainya mencapai fraksi desimeter. Pergeseran ini kemungkinan disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik ataupun gempa susulan setelah tahun 2008.

Selanjutnya dilakukan uji signifikansi perbedaan dua koordinat. Hasil uji menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang signifikan pada besar pergeseran

horisontal antara nilai koordinat TDT orde 3 hasil pengukuran metode *rapid static* dengan moda radial dan koordinat TDT orde 3 dari buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul).

Gambar 1 menunjukkan keadaan TDT 13.05.096 pada buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) pada saat dilakukan pengukuran pertama kali tahun 1997.



Gambar 1. TDT 13.05.096 pada buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) arah pandang ke selatan

Gambar 1 menunjukkan tugu berada pada bahu jalan dalam keadaan tegak pada saat pengukuran TDT pada tahun 1997.



Gambar 2. TDT 13.05.096 bulan April 2012 dengan arah pandang ke timur

Gambar 2 menunjukkan keadaan TDT 13.05.096 yang sudah mengalami perubahan, yaitu tugu miring ke arah utara. Keadaan ini yang mungkin menjadi salah satu penyebab TDT 13.05.096 mengalami pergeseran horisontal terbesar.

Arah pergeseran horisontal

Arah pergeseran setiap titik ditunjukkan dalam Tabel 2. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa arah pergeseran rata-rata sebesar $25^{\circ}51'04,069''$. Arah pergeseran terkecil ada pada TDT 13.05.022 (TDT miring ke barat) sebesar $12^{\circ}57'15,349''$ dan arah pergeseran terbesar ada pada TDT 13.05.064 (TDT miring ke utara) sebesar $37^{\circ}03'17,126''$. Semua pergeseran TDT ada pada kuadran I, sehingga dapat dikatakan pergeseran TDT konsisten ke satu arah.

Tabel 2. Arah pergeseran horisontal

No. Titik	Arah pergeseran
1305004	28°41'39,816"
1305005	22°31'08,723"
1305007	30°44'47,481"
1305008	23°28'12,767"
1305009	21°01'58,585"
1305010	26°35'47,020"
1305013	23°34'38,047"
1305017	20°28'40,954"
1305021	26°40'26,695"
1305022	12°57'15,349"
1305027	15°10'43,041"
1305029	26°59'08,424"
1305046	23°19'03,750"
1305053	24°07'12,230"
1305060	20°43'19,713"
1305063	17°48'51,988"
1305064	37°03'17,126"
1305080	15°47'07,167"
1305081	20°28'14,239"
1305082	21°09'54,805"
1305084	24°54'53,628"
1305085	20°53'14,853"
1305086	31°31'28,028"
1305096	23°23'50,399"



Gambar 3. TDT 13.05.022 pada buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) arah pandang ke selatan

Gambar 3 menunjukkan keadaan TDT 13.05.022 pada buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) pada saat dilakukan pengukuran pertama kali. Pada Gambar 3 tugu berada pada bahu jalan dalam keadaan tegak dan tugu lebih tinggi daripada permukaan tanah pada saat pengukuran TDT pada tahun 1997.



Gambar 4. TDT 13.05.022 bulan Februari 2012 dengan arah pandang ke selatan

Gambar 4 menunjukkan keadaan TDT 13.05.022 yang sudah mengalami perubahan tugu miring ke arah barat. Keadaan ini mungkin menjadi salah satu penyebab TDT 13.05.022 memiliki arah pergeseran terkecil dan perbedaan arah pergeseran dengan arah pergeseran rata-rata sebesar 12°53'48,720".



Gambar 5. TDT 13.05.064 pada buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) arah pandang ke timur

Gambar 5 menunjukkan keadaan TDT 13.05.064 buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) pada saat dilakukan pengukuran pertama kali. Gambar 5 menunjukkan tugu berada pada bahu jalan dalam keadaan tegak dan tugu lebih tinggi daripada permukaan tanah pada saat pengukuran TDT pada tahun 1997. Gambar 6 menunjukkan keadaan TDT 13.05.064 pada bulan Februari 2012.



Gambar 6. TDT 13.05.064 bulan Februari 2012 dengan arah pandang ke barat

Gambar 6 menunjukkan tugu miring ke arah utara. Keadaan ini yang mungkin menjadi salah satu penyebab TDT 13.05.064 memiliki arah pergeseran terbesar dan perbedaan arah pergeseran dengan arah pergeseran rata-rata sebesar $11^{\circ}12'13,057''$.

Dengan contoh-contoh TDT pada Gambar 2 s.d. Gambar 6 terlihat terjadi kerusakan-kerusakan fisik TDT. Oleh karena itu pemeliharaan TDT ini memang perlu dilakukan baik dari fisik tugunya maupun kesinambungan pengukuran untuk menentukan nilai koordinatnya.

Setelah mengetahui besar dan arah pergeseran horizontalnya maka dilakukan *plotting* pada *software ArcGIS* sehingga bisa diketahui secara visual pergeserannya. Visualisasinya dapat dilihat pada Lampiran C. Lampiran C memperlihatkan bahwa kecenderungan pergeseran TDT berada pada kuadran yang sama yaitu pada kuadran I atau ke arah timur laut dan besarnya relatif sama. Karena pergeserannya cenderung searah dan nilai pergeseran antar titik variasinya relatif kecil maka dapat dinilai sebagai pergeseran yang sistematis. Pergeseran sistematis ini dapat diakibatkan oleh beberapa faktor. Salah satunya adalah gempa yang terjadi Yogyakarta pada tahun 2006. Merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Abidin, dkk (2009), nampak bahwa deformasi koseismik pada tahun 2006 sebesar 10 sampai dengan 15 cm dan deformasi pascaseismik hingga tahun 2008 sebesar 0,3 sampai dengan 9,1 cm. Dari data tersebut, dalam selang waktu 2 tahun setelah gempa masih terjadi deformasi hingga mencapai 9,1 cm. Jadi, masih besar kemungkinan pergerakan pascaseismik terus berlanjut hingga diadakan penelitian ini. Akan tetapi, besar deformasi karena gempa tersebut dalam orde sentimeter dan bila dijumlahkanpun masih berkisar pada beberapa desimeter saja. Oleh sebab itu dapat diduga masih terdapat faktor lain yang menyebabkan perbedaan koordinat pada penelitian ini. Faktor tersebut adalah dalam buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) koordinat titik mengacu pada datum WGS 84, sedangkan CORS walaupun dalam datum WGS 84 sudah diikatkan pada ITRF. Faktor lainnya adalah karena metode pengukuran yang berbeda. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian lanjut terhadap sebab perbedaan yang bersifat sistematis.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan bahwa nilai presisi koordinat titik sampel penelitian pada komponen *Easting* sebesar 1,1 mm sampai dengan 19,2 mm dan nilai presisi pada komponen *Northing* 0,9 mm sampai dengan 18 mm dan nilai presisi pada komponen Tinggi sebesar 3 mm sampai dengan 75,4 mm.

Hasil uji signifikansi pergeseran koordinat pada titik sampel penelitian (selain TDT 13.05.002, TDT 13.05.20, TDT 13.05.25, TDT 13.05.51, TDT 13.05.83, TDT 13.05.89) adalah nilai koordinat di buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) tidak sama dengan nilai koordinat hasil ukuran dalam arti statistik dengan tingkat kepercayaan 95%. Atau dengan kata lain terdapat perbedaan yang signifikan antara koordinat dalam buku tugu (Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul) dengan koordinat hasil ukuran.

Besar pergeseran TDT (selain TDT 13.05.002, TDT 13.05.20, TDT 13.05.25, TDT 13.05.51, TDT 13.05.83, TDT 13.05.89) berkisar antara 0,724 m sampai dengan 1,735 m dengan pola arah pergeseran ke arah utara timur. Besar pergeseran horizontal rata-rata pada seluruh titik sampel kecuali TDT 13.05.002 ialah 0,892 m dengan arah pergeseran rata-rata $25^{\circ}51'4,069''$. Ada sebab lain selain gempa bumi tahun 2006 yang mengakibatkan pergeseran TDT seperti pergerakan lempeng tektonik, gempa susulan setelah tahun 2008, serta adanya perbedaan elipsoid referensi. Pergeseran yang terjadi untuk tiap-tiap TDT bersifat sistematis, hal ini berarti hampir seluruh TDT bergeser dengan nilai dan arah pergeseran yang relatif sama.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, saran yang dikemukakan adalah perlunya analisis lebih lanjut penyebab kesalahan sistematis yang menyebabkan pergeseran koordinat TDT orde 3.

Daftar Pustaka

- Abidin, H.Z., dkk., 2009, "Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari Hasil Survei GPS" *Jurnal Geologi Indonesia Vol.4 No.4, Desember 2009*.
- Aries, R., 2010, "Studi Pemetaan Titik Batas Bidang Tanah Menggunakan Aplikasi GPS CORS dengan Metode RTK, NTRIP" *Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta*.
- Mahyeda, A. 2011, "Perbandingan Penentuan Posisi GNSS Metode Radial dan RTK-NTRIP pada Kasus Short Baseline" *Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta*.
- Ma'ruf, B., dkk., "Penetapan dan Penegasan Batas Wilayah Desa Kauman Kecamatan Karangrejo Propinsi Jawa Timur" *Jurnal, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta*, Tersip dalam http://i-lib.ugm.ac.id/digitasi/upload/910_B4.pdf, diakses pada tanggal 12 Oktober 2011.
- Subaryono, dkk., "Pemanfaatan Citra Satelit Resolusi Tinggi, DGPS, dan SIG untuk Mendeteksi Kondisi Penggunaan Lahan di Kota Yogyakarta" *Jurnal, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Tersip*

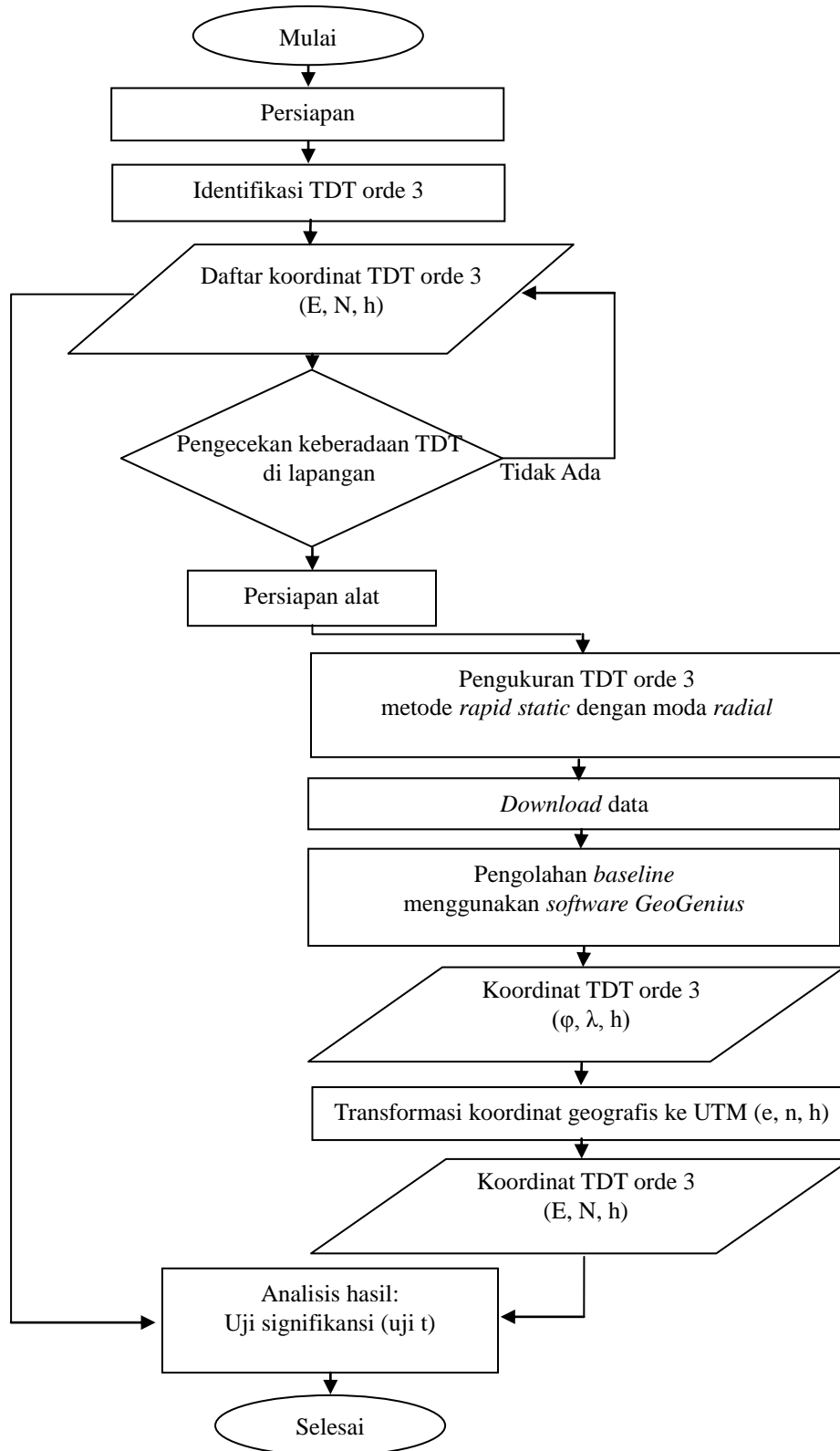
dalam

<http://i-lib.ugm.ac.id/jurnal/download.php?dataId=6184>, diakses pada tanggal 12 Oktober 2011.

Sunantyo, A.T., 2010, "Tinjauan Status Titik Dasar Teknik dan Prospeknya di Masa Mendatang bagi BPN-RI" *Makalah Seminar Nasional GNSS-CORS*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

LAMPIRAN A

DIAGRAM ALIR TAHAP-TAHAP PENELITIAN



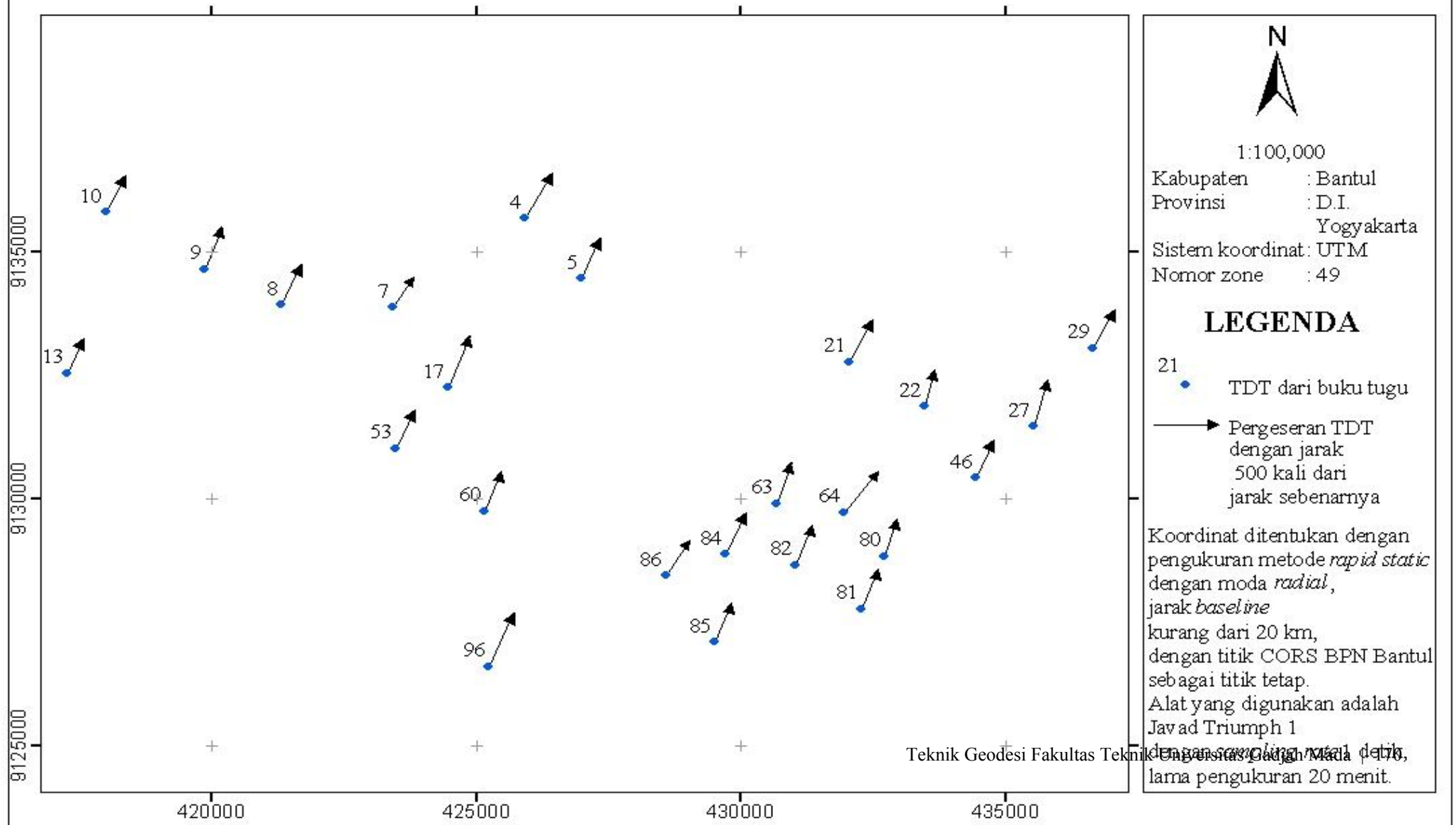
LAMPIRAN B

TABEL KOORDINAT TDT ORDE 3 DALAM SISTEM UTM

No.	No. TDT	UTM			Simpangan Baku		
		<i>Easting</i> (m)	<i>Northing</i> (m)	Tinggi (m)	N (mm)	E (mm)	H (mm)
1	1305004	425940,442	9135690,884	111,136	15	19,2	63
2	1305005	426995,039	9134464,681	100,578	1,4	1,8	4,2
3	1305007	423438,649	9133884,600	125,078	18	12,7	37,9
4	1305008	421336,428	9133932,500	190,252	0,9	1,1	3
5	1305009	419879,506	9134655,842	130,825	2,5	2,6	7,9
6	1305010	418012,343	9135814,493	88,054	1,2	1,6	3,8
7	1305013	417285,030	9132551,518	69,650	1,2	3	4,1
8	1305017	424487,778	9132256,234	98,111	8,2	9,1	22
9	1305021	432067,562	9132780,421	94,790	4,2	7,8	25,4
10	1305022	433490,133	9131878,360	90,396	1,7	1,5	4,6
11	1305027	435535,102	9131460,770	86,726	2,5	2,7	4,8
12	1305029	436659,576	9133055,878	94,954	8,5	4,6	18,3
13	1305046	434442,348	9130419,083	81,681	1,8	1,8	5,4
14	1305053	423489,790	9131018,176	156,156	7,2	10,1	21,4
15	1305060	425171,686	9129751,970	75,275	1,2	1,7	4,6
16	1305063	430684,859	9129902,021	79,485	2,4	1,9	5,9
17	1305064	431961,538	9129718,871	78,276	1,8	1,9	5,8
18	1305080	432721,315	9128835,322	72,341	2,3	2,8	6,9
19	1305081	432285,259	9127770,142	70,276	1,7	2,5	7,1
20	1305082	431042,049	9128654,101	73,747	2,5	1,9	5,9
21	1305084	429715,611	9128877,876	73,554	9,9	10,9	28
22	1305085	429516,308	9127098,253	65,604	2,3	2,6	5,2
23	1305086	428590,658	9128434,756	72,918	1,9	2,9	5
24	1305096	425245,903	9126603,623	63,000	1,4	1,8	6,7

LAMPIRAN C

VISUALISASI PERGESERAN TDT ORDE 3 BPN BANTUL



Pengaruh Penggunaan Titik Ikat GPS untuk Penentuan Posisi Offshore Platform

Hidayat Panuntun^a, Nurrohmat Widjadjanti^b, T. Aris Sunantyo^b, Djawahir^b, Parseno^b

^a Staf Pengajar Jurusan Diploma 3 Teknik Geomatika UGM

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: hidayat.panuntun@ugm.ac.id

Abstract

Offshore platforms have an important role and function in offshore oil exploration. The rig needs to be maintained in order to support that activities. One aspect of the maintenance that need to consider is the position of offshore platform. GPS technology can be used for monitoring position with high precision level. Meanwhile, the use of scientific software and distribution of reference point will affect to coordinate's accuracy. Therefore, assessment needs to be done on the coordinates that can be generated from the processing of GPS data using regional and global reference points. The purpose of this study is to determine offshore platforms' coordinates and its precise using regional and global reference points, to investigate that the coordinate value was significantly different between two reference points. Data processing used GPS observation span from June 13th until June 16th 2011. This study consisted of four projects namely, global, regional, combination and per-doy projects. Global project used 7 global reference points, regional project used 6 regional reference points, whereas combination project used 13 of global and regional reference points that used on global and regional project. Per-doy project used 7 global reference points. Processing data use GAMIT/GLOBK software. The result showed that using global reference points generate higher level precision than using regional reference point. Global project resulted coordinates as follow : PUA1, X(-1696188,055 m ± 3,88 mm), Y(6120082,781 m ± 8,54 mm), Z(588439,1200 m ± 2,25 mm); PUA2, X(-1696204,440 m ± 5,29 mm), Y(6120087,087 m ± 13,80 mm), Z(588393,7599 m ± 3,04 mm); PUA3, X(-1696217,865 m ± 2,46 mm), Y(6120081,937 m ± 5,34 mm), Z(588409,1717 m ± 1,53 mm). The results of statistical tests using T-test showed that there was no significant difference coordinates between global-combination project and global-perdoy project.

Keywords: GAMIT, titik ikat GPS, titik ikat regional, titik ikat global, platform offshore.

Pendahuluan

Anjungan minyak lepas pantai adalah sebuah struktur bangunan besar beserta perangkatnya di lepas pantai yang digunakan sebagai sumur pengeboran dan digunakan untuk memproses minyak dan gas alam. Anjungan tersebut mempunyai peran dan fungsi yang penting dalam kegiatan eksplorasi minyak di lepas pantai (Widjadjanti, 2010). Diperlukan pemeliharaan secara kontinyu agar anjungan tersebut bisa tetap aman saat melakukan eksplorasi. Salah satu hal yang perlu diperhatikan adalah aspek posisi dari anjungan minyak tersebut. Salah satu teknologi pemetaan yang bisa digunakan untuk pemantauan posisi dengan tingkat ketelitian tinggi dari anjungan minyak lepas pantai adalah menggunakan GPS.

Pengukuran GPS untuk aplikasi yang menuntut ketelitian tinggi bertumpu pada metode penentuan posisi secara diferensial dengan menggunakan data fase, dalam hal ini pengamatan GPS pada umumnya

dilakukan selama selang waktu yang panjang dan dalam suatu kerangka jaringan GPS. Selain itu, penggunaan perangkat lunak ilmiah dan distribusi titik ikat merupakan faktor yang tidak bisa dipisahkan untuk mendapatkan ketelitian yang tinggi pada pengolahan data GPS.

Faktor lain yang berpengaruh pada tingkat ketelitian hasil pengolahan data GPS adalah faktor penggunaan titik ikat. Perbedaan tingkat ketelitian tersebut disebabkan karena bentuk jaring yang terbentuk pada saat pengamatan, tingkat ketelitian masing-masing titik ikat yang digunakan, dan jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengukuran GPS tersebut. Penggunaan dari titik ikat tersebut akan mempengaruhi tingkat ketelitian hasil pengolahan dari titik pengamatan (Azhari, 2010). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengkajian penentuan koordinat dan tingkat ketelitian yang bisa dihasilkan dari pengolahan data GPS pada anjungan minyak lepas pantai dengan menggunakan titik ikat regional dan

titik ikat global. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan koordinat anjungan minyak lepas pantai dan ketelitiannya serta untuk mengetahui signifikansi perbedaan hasil pengolahan dengan menggunakan titik ikat global dan regional. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan koordinat dan ketelitian posisi dari anjungan minyak lepas pantai yang diikatkan pada titik ikat regional dan global, menghitung signifikansi perbedaan koordinat yang dihasilkan dengan titik ikat regional dan titik ikat global dan menentukan kecepatan posisi anjungan minyak lepas pantai. Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui koordinat anjungan minyak lepas pantai secara teliti. Selain itu dapat diketahui secara optimal dalam melakukan pemilihan titik ikat berdasarkan kebutuhan tingkat ketelitian koordinat yang akan ditentukan.

Metodologi

Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 buah, yaitu perangkat keras dan perangkat lunak.

Perangkat keras yang digunakan antara lain : Satu buah notebook (Processor Intel Core 2 Duo 2.2 Ghz, RAM 4GB, Harddisk 160 GB) digunakan sebagai alat pengolah data; Printer Canon IP3500 yang digunakan untuk mencetak hasil.

Perangkat lunak yang digunakan antara lain : Sistem operasi Microsoft Windows XP SP3 dan Linux Ubuntu 10.10; GAMIT dan GLOBK versi 10.4, digunakan untuk pengolahan data RINEX; Microsoft Office 2010, digunakan untuk melakukan penulisan hasil penelitian; netCDF (*Network Common Data Form*) 3.6.1, yang digunakan untuk interface pada akses (*sharing* dan *transfer*) data yang bersifat *scientific*; GCC (GNU C Compiler) 4.4.1, merupakan perangkat lunak yang dipakai untuk pemrograman bahasa C yang dibuat oleh GNU Project; GMT (*Generic Mapping Tools*) 4.0, digunakan untuk *plotting* data hasil pengolahan dengan perangkat lunak GAMIT; TEQC, yang digunakan untuk Translation, Editing (*metadata extraction, formatting, windowing dan splicing*) dan *Quality Checking file RINEX*.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 buah bahan, yaitu bahan utama dan bahan pendukung.

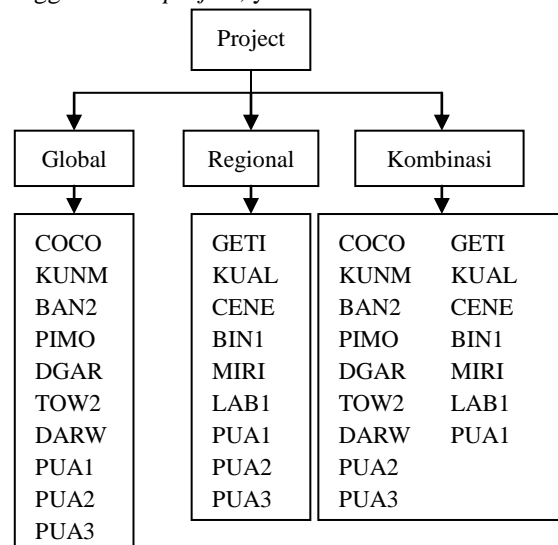
Bahan utama yang digunakan adalah Data pengamatan GPS anjungan minyak dan data 6 stasiun MASS/MyRTK Regional Malaysia selama 5 hari pada tanggal 13 Juni 2011 sampai dengan 16 Juni 2011 (*doy 164, doy 165, doy 166, doy 167*), Data pengamatan dari stasiun IGS tanggal 13 juni 2011 sampai dengan 16 juni 2011 (COCO, KUNM, BAN2, PIMO, TOW2, DARW, DGAR), dan Data *precise*

ephemeris untuk pengamatan tanggal 13 Juni hingga 16 Juni 2011.

Bahan Pendukung : File gelombang laut (otl_FES2004.grid), File pemodelan cuaca (vmf1grid.2011), dan File atmosfer (atmdisp_cm.2011).

Persiapan

Pekerjaan yang dilakukan pada tahapan ini adalah instalasi perangkat lunak yang digunakan yaitu : instalasi sistem operasi yang digunakan (Linux Ubuntu), instalasi compiler, instalasi NetCDF, instalasi GMT, instalasi GAMIT serta menyusun strategi pengolahan data pengamatan GPS. Pengolahan data pengamatan dilakukan dengan menggunakan 4 *project*, yaitu :



Gambar 1. *Project* pada pengolahan data GPS

- Project* Global. *Project* ini menggunakan 7 buah titik ikat dari stasiun global IGS yaitu : COCO (Cocos Island), KUNM (Kunming, China), BAN2 (Bangalore), PIMO (Filipina), DGAR (Diego Garcia Island), TOW2 (Townsville), DARW (Darwin), dan 3 buah stasiun pengamatan PUA1 (Pulau A 1), PUA2 (Pulau A 2), PUA3 (Pulau A 3).
- Project* Regional. *Project* ini menggunakan 6 buah titik ikat dari stasiun regional MASS/MyRTK Malaysia yaitu : GETI (Tanah Geting), KUAL (Kuala Terengganu), CENE, BIN1 (Bintulu), MIRI (Miri), LAB1 (Labuan) dan 3 buah stasiun pengamatan PUA1 (Pulau A1), PUA2 (Pulau A2), PUA3 (Pulau A3).
- Project* Kombinasi. *Project* ini menggunakan 6 buah titik ikat dari stasiun regional MASS/MyRTK Malaysia, 7 buah titik ikat dari stasiun global IGS, dan 3 buah stasiun pengamatan.
- Project* Per-Doy. *Project* ini menggunakan titik ikat yang sama dengan yang digunakan pada *project* kombinasi. Perbedaannya adalah

pengolahan GAMIT/GLOBK yang dilakukan pada *project* ini dilakukan per-doy.

Ilustrasi dari penggunaan titik ikat pada masing-masing *project* dapat dilihat pada gambar 1.

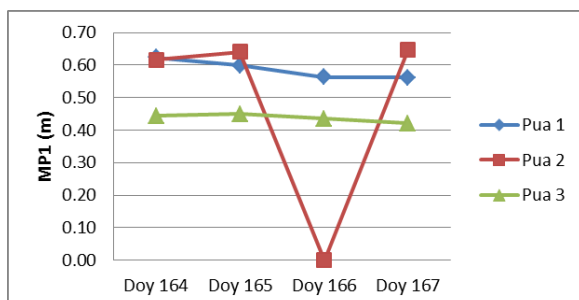
Pengolahan

Pekerjaan selanjutnya setelah semua *project* disusun, adalah melakukan pengolahan masing-masing *project* tersebut dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT dan GLOBK. Pengolahan dengan GAMIT menggunakan *automatic batch processing* (*sh_gamit*). Perintah yang digunakan pada pengolahan dengan menggunakan *automatic batch processing* adalah sebagai berikut : **sh_gamit -s <yyy> <d1 d2> -expt <expt>**, dalam hal ini : *yyy* adalah data tahun pengamatan yang diolah; *d1* adalah *doy* awal pengamatan; *d2* adalah *doy* akhir pengamatan; *expt* adalah nama eksperimen yang telah ditentukan pada *file sites.defaults*. Perintah tersebut dilakukan setelah melakukan *editing* terhadap 6 *file input* GAMIT yaitu *L-file*, *Sittbl*, *Sites.default*, *Process.default*, *Sestbl* dan *Station.info*. Pengolahan menggunakan GLRED dan GLOBK dilakukan dengan menggunakan perintah **glred <std out> <print file> <log file> <expt list> <command file>** dan **globk <std out> <print file> <log file> <expt list> <command file>**. Dalam hal ini : <std out> adalah nilai numerik (bila nilai diisi 6 maka output ditampilkan pada jendela terminal; <print file> adalah nilai numerik atau nama file untuk keluaran dengan solusi di dalamnya; <log file> adalah nilai numerik atau nama untuk file log; <expt list> adalah nama list h-file biner yang sudah dibuat sebelumnya; <command file> adalah nama command file yang digunakan dalam hal ini adalah *globk.cmd* (Herring, T. A., King, R. W. dan Mc. Clusky, S. C., 2010).

Hasil dan Pembahasan

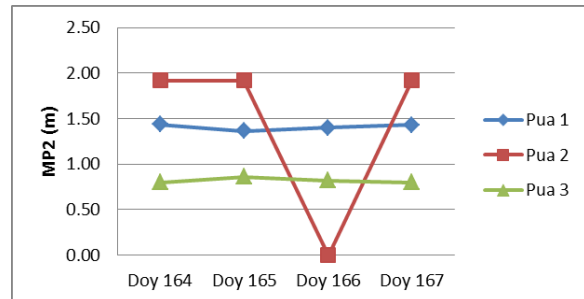
Hasil cek kualitas data dengan TEQC

Gambar 2 dan gambar 3 menunjukkan hasil cek kualitas data dengan menggunakan perangkat lunak TEQC dengan melihat besaran nilai *moving average* dari *multipath* (MP1 dan MP2).



Gambar 2. Grafik efek *multipath* (MP1) data pengamatan

Efek *multipath* diklasifikasikan baik apabila mempunyai nilai kurang dari 0,5 m.



Gambar 3. Grafik efek *multipath* (MP2) data pengamatan

Dari hasil cek kualitas data diperoleh informasi bahwa nilai rata-rata dari MP1 adalah 0,44 m dan nilai rata-rata dari MP2 adalah 1,22 m.

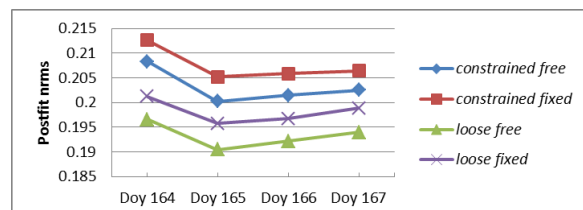
Semakin kecil nilai MP1 dan MP2 pada masing-masing *doy* menandakan semakin sedikit *multipath* yang terjadi sehingga kualitas data pengamatan yang dihasilkan semakin baik. Nilai MP1 dan MP2 untuk stasiun observasi PUA2 (Pulau A2) tidak ada karena tidak tersedianya data *RINEX* dari stasiun tersebut. Hal itu disebabkan karena kegagalan dalam proses *download* data pengamatan untuk stasiun observasi PUA2.

Hasil *Project* Global

Pengolahan *project* global dengan menggunakan perangkat lunak GAMIT/GLOBK menghasilkan *file* keluaran antara lain :

1. *Postfit nrms*, *File* tersebut digunakan untuk mengevaluasi kualitas model pengamatan yang dibentuk dari pengolahan *project* global dengan menggunakan GAMIT. Gambar 4 menunjukkan grafik besaran *postfit nrms* untuk pengolahan *project* global.

Gambar 4 menunjukkan bahwa nilai *loose nrms* selalu lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari *constrained nrms*. Hal itu menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang salah dari parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat.



Gambar 4. Nilai *postfit nrms* hasil pengolahan *project* global

2. Koordinat. Nilai koordinat hasil pengolahan pada *project* global ditunjukkan pada tabel 1

Tabel 1. Koordinat kartesi 3D hasil project global

Stasiun	Koordinat (m)		
	X	Y	Z
PUA1	-1696188,055	6120082,781	588439,1200
PUA2	-1696204,441	6120087,087	588393,7599
PUA3	-1696217,865	6120081,937	588409,1717

Nilai simpangan baku dari koordinat hasil pengolahan *project* global dapat dilihat pada tabel 2

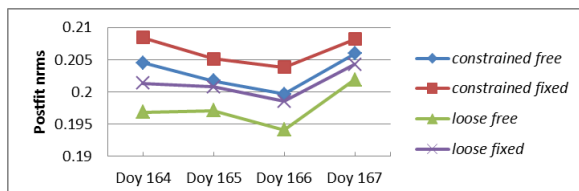
Tabel 2. Simpangan baku koordinat hasil project global

Stasiun	Simpangan baku (mm)		
	Sx	Sy	Sz
PUA1	3,88	8,54	2,25
PUA2	5,29	13,76	3,04
PUA3	2,46	5,34	1,53

Tabel 2 menunjukkan besar simpangan baku masing-masing koordinat hasil pengolahan *project* global. Secara keseluruhan stasiun PUA2 mempunyai nilai rata-rata simpangan baku yang paling besar yaitu 7,63 mm. Sedangkan nilai rata-rata simpangan baku terkecil dimiliki oleh stasiun PUA3 dengan nilai 3,11 mm.

Hasil Project Regional

1. *Postfit nrms*. Evaluasi dengan *postfit nrms* dilakukan dengan melihat perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom*. Gambar 5 menunjukkan grafik besaran *postfit nrms* untuk pengolahan *project* regional.



Gambar 5. Nilai *postfit nrms* hasil pengolahan *project* regional

Gambar 5 menunjukkan bahwa nilai dari *loose nrms* selalu lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari *constrained nrms*. Hal itu menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang salah dari parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat.

2. Koordinat. Nilai koordinat hasil pengolahan pada *project* regional ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Koordinat kartesi 3D hasil project regional

Stasiun	Koordinat (m)		
	X	Y	Z
PUA1	-1696187,996	6120082,818	588439,2319
PUA2	-1696204,384	6120087,125	588393,8705
PUA3	-1696217,805	6120081,968	588409,2823

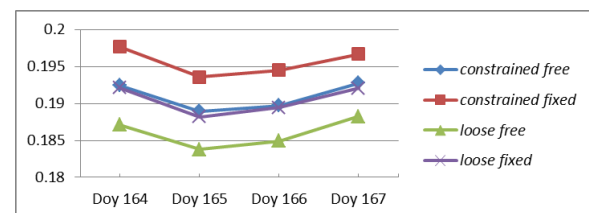
Nilai simpangan baku dari koordinat hasil pengolahan *project* global dapat dilihat pada tabel 4. Tabel tersebut menunjukkan bahwa bahwa nilai simpangan baku untuk masing-masing komponen pada tiap stasiun mempunyai nilai yang hampir sama. Komponen sumbu X mempunyai rata-rata nilai simpangan baku sebesar 55,59 mm. Komponen sumbu Y mempunyai rata-rata nilai simpangan baku sebesar 123,81 mm. Komponen sumbu Z mempunyai rata-rata nilai simpangan baku sebesar 39,35 mm. Nilai rata-rata tersebut adalah rata-rata dari nilai simpangan baku masing-masing komponen sumbu ketiga stasiun pengamatan.

Tabel 4. Simpangan baku koordinat hasil *project* regional

Stasiun	Simpangan baku (mm)		
	Sx	Sy	Sz
PUA1	55,59	123,83	39,35
PUA2	55,71	123,95	39,41
PUA3	55,48	123,64	39,29

Hasil Project Kombinasi

1. *Postfit nrms*. Evaluasi dengan *postfit nrms* dilakukan dengan melihat perbandingan antara nilai akar kuadrat *chi-square* dan nilai *degree of freedom*. Gambar 6 menunjukkan grafik besaran *postfit nrms* untuk pengolahan *project* kombinasi.



Gambar 6. Nilai *postfit nrms* hasil pengolahan *project* kombinasi

Gambar 6 menunjukkan nilai dari *loose nrms* selalu lebih kecil dibandingkan dengan nilai dari *constrained nrms*. Hal itu menunjukkan bahwa tidak ada nilai yang salah dari parameter orbit dan koordinat stasiun pengamat.

2. Koordinat. Nilai koordinat hasil pengolahan pada *project* regional ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Koordinat kartesi 3D hasil project kombinasi

Stasiun	Koordinat (m)		
	X	Y	Z
PUA1	-1696188,056	6120082,786	588439,1209
PUA2	-1696204,443	6120087,091	588393,7596
PUA3	-1696217,864	6120081,936	588409,1718

Nilai simpangan baku dari koordinat hasil pengolahan *project* global dapat dilihat pada tabel 6.

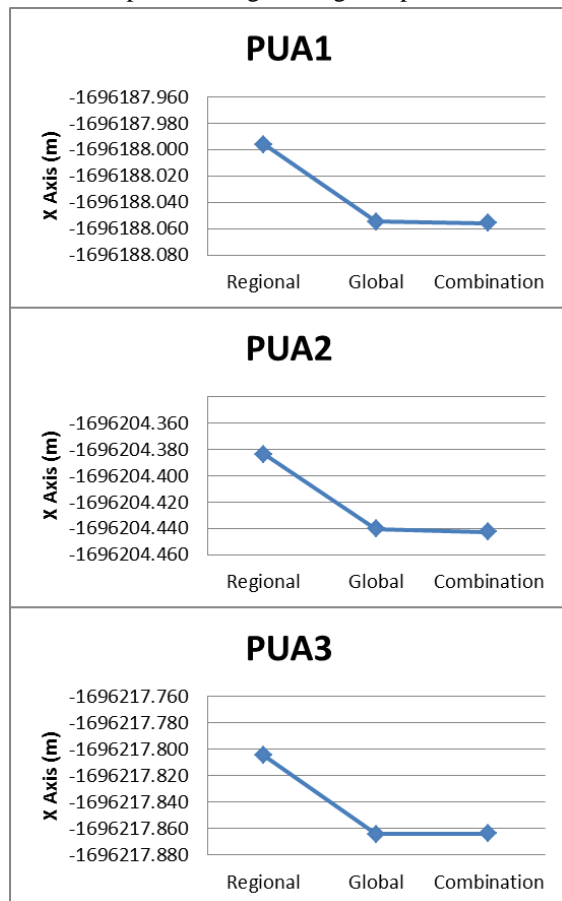
Tabel 6. Simpangan baku koordinat hasil *project* regional

Stasiun	Simpangan baku (mm)		
	Sx	Sy	Sz
PUA1	3,98	8,94	2,35
PUA2	5,51	14,28	3,15
PUA3	2,51	5,46	1,57

Tabel 6 menunjukkan bahwa sumbu y mempunyai nilai simpangan baku terbesar dibandingkan dengan sumbu yang lain. Selain itu, stasiun PUA2 mempunyai nilai rata-rata simpangan baku yang paling besar yaitu 123,81 mm. Nilai rata-rata simpangan baku terkecil dimiliki oleh stasiun PUA3 dengan nilai 39,35 mm.

Perbandingan Koordinat

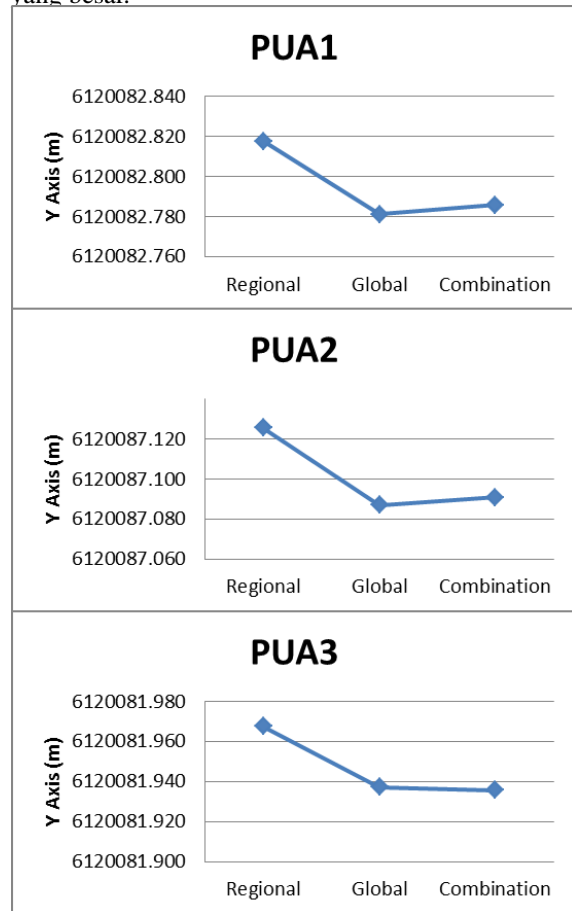
Koordinat hasil pengolahan *project* regional, *project* global, dan *project* kombinasi selanjutnya dibandingkan untuk mengetahui nilai perbedaan koordinatnya. gambar 7 sampai dengan gambar 10 menyajikan perbandingan koordinat hasil pengolahan *project* global, *project* regional, dan *project* kombinasi pada masing-masing komponen sumbu.



Gambar 7. Perbedaan komponen koordinat sumbu X

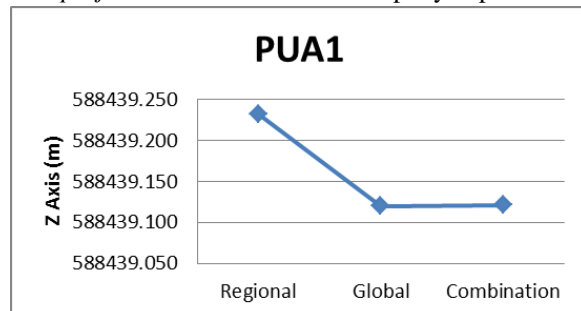
Gambar 7 menunjukkan bahwa koordinat sumbu X hasil pengolahan *project* regional mempunyai perbedaan yang cukup besar jika dibandingkan dengan *project* yang lainnya. Perbedaan nilai koordinat sumbu X tiap stasiun hasil pengolahan

project regional dibandingkan dengan hasil pengolahan *project* yang lain mencapai 0,05 m. Koordinat sumbu X hasil pengolahan *project* global dan *project* kombinasi tidak mempunyai perbedaan yang besar.



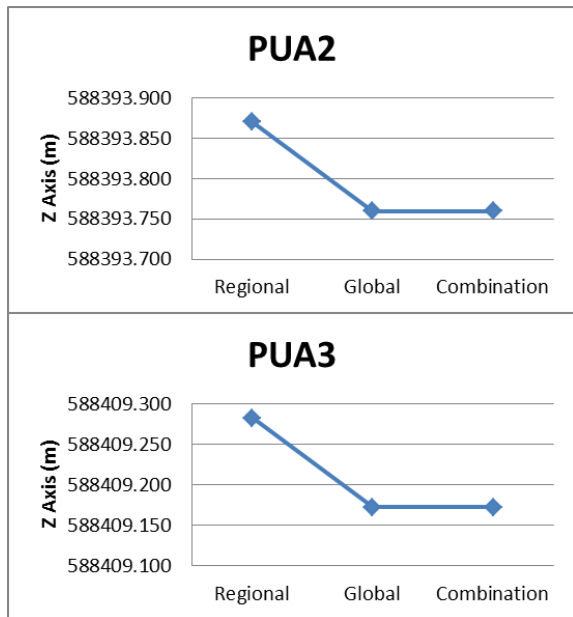
Gambar 8. Perbedaan komponen koordinat sumbu Y

Gambar 8 menunjukkan bahwa koordinat sumbu Y hasil pengolahan *project* regional mempunyai perbedaan yang cukup besar jika dibandingkan dengan *project* yang lainnya. Perbedaan nilai koordinat sumbu Y tiap stasiun hasil pengolahan *project* regional dibandingkan dengan hasil pengolahan *project* yang lain mencapai 0,03 m. Koordinat sumbu Y hasil pengolahan *project* global, dan *project* kombinasi tidak mempunyai perbedaan



yang besar.

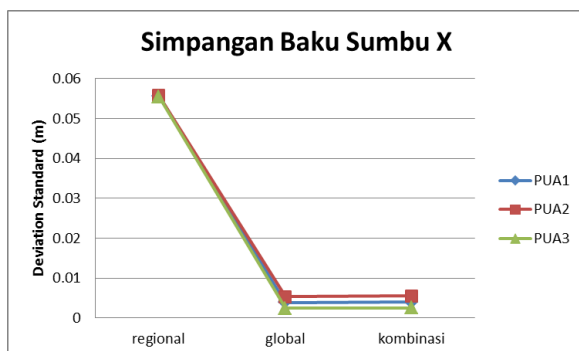
Gambar 9. Perbedaan komponen koordinat sumbu Z



Gambar 10. Perbedaan komponen koordinat sumbu Z

Gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan bahwa koordinat sumbu Z hasil pengolahan *project* regional mempunyai perbedaan yang cukup besar jika dibandingkan dengan *project* yang lainnya. Perbedaan nilai koordinat sumbu Z tiap stasiun hasil pengolahan *project* regional dibandingkan dengan hasil pengolahan *project* yang lain mencapai 0,1 m. Koordinat sumbu Z hasil pengolahan *project* global dan *project* kombinasi tidak mempunyai perbedaan yang besar.

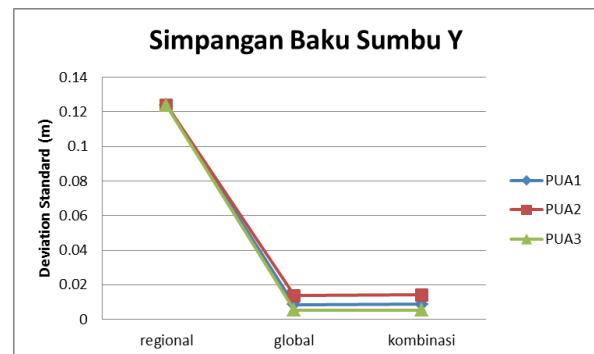
Simpangan baku koordinat hasil pengolahan *project* regional, *project* global dan *project* kombinasi disajikan pada gambar 11 sampai dengan gambar 13.



Gambar 11. Simpangan baku sumbu X masing-masing *project*

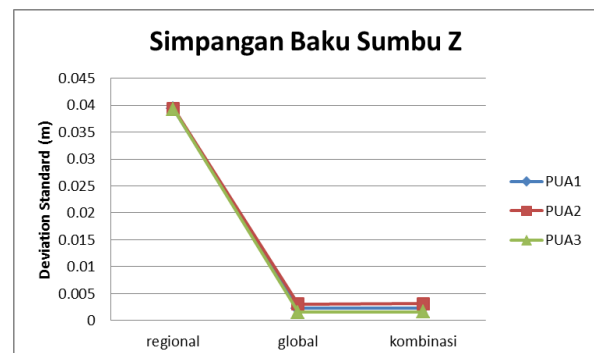
Gambar 11 menunjukkan bahwa nilai simpangan baku komponen sumbu X tiap stasiun pada *project* regional mempunyai nilai yang paling besar apabila dibandingkan dengan *project* global dan *project* kombinasi. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen sumbu X pada koordinat yang dihasilkan oleh *project* regional mempunyai ketelitian yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *project* yang

lainnya. Dari gambar tersebut dapat diketahui bahwa stasiun PUA3 merupakan stasiun yang mempunyai simpangan baku yang paling kecil pada semua *project* pengolahan.



Gambar 12. Simpangan baku sumbu Y masing-masing *project*

Gambar 12 menunjukkan bahwa nilai simpangan baku komponen sumbu Y tiap stasiun pada *project* regional mempunyai nilai yang paling besar apabila dibandingkan dengan *project* global dan *project* kombinasi. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen sumbu Y pada koordinat yang dihasilkan oleh *project* regional mempunyai ketelitian yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan kedua *project* yang lainnya. Sesuai dengan yang terlihat pada Gambar 12, stasiun PUA3 mempunyai ketelitian yang lebih tinggi pada masing-masing *project* pengolahan dibandingkan dengan stasiun pengamatan yang lain.



Gambar 13. Simpangan baku sumbu Z masing-masing *project*

Gambar 13 menunjukkan bahwa nilai simpangan baku komponen sumbu Z tiap stasiun pada *project* regional mempunyai nilai yang paling besar apabila dibandingkan dengan *project* global, *project* kombinasi. Hal ini mengindikasikan bahwa komponen sumbu Z pada koordinat yang dihasilkan oleh *project* regional mempunyai ketelitian yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *project* yang lainnya.

Secara keseluruhan, simpangan baku untuk semua komponen sumbu X, sumbu Y dan sumbu Z pada *project* regional mempunyai nilai yang lebih besar dibandingkan dengan *project* yang lainnya. Hal ini

mengindikasikan bahwa hasil koordinat hasil pengolahan *project* regional mempunyai ketelitian yang paling rendah apabila dibandingkan dengan koordinat hasil pengolahan *project* yang lainnya. Nilai simpangan baku paling kecil untuk semua komponen sumbu X, Y, dan Z terdapat pada koordinat hasil pengolahan *project* global. Hal ini menunjukkan bahwa koordinat hasil pengolahan *project* global mempunyai ketelitian posisi yang lebih teliti dibandingkan dengan koordinat hasil pengolahan *project* lainnya.

Uji-T

Untuk menguji perbedaan koordinat yang dihasilkan pada pengolahan *project* regional, *project* global, dan *project* kombinasi, dilakukan pengecekan dengan menggunakan uji-T. Uji ini digunakan untuk menentukan signifikansi perbedaan dari koordinat yang dihasilkan pada masing-masing *project* tersebut.

Uji-T pada *project* global-*project* regional

Uji-T pada *project* global-*project* regional menggunakan koordinat hasil pengolahan pada *project* global sebagai koordinat referensi yang digunakan untuk menghitung signifikansi perbedaan koordinat hasil pengolahan antar *project* tersebut. *Project* global digunakan sebagai referensi karena mempunyai nilai simpangan baku yang paling kecil dibandingkan dengan *project* regional. Dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan ∞ , maka nilai t_{α} adalah 1,960 (Abidin, 2006). Nilai dari T-hitungan bisa dilihat pada Tabel 6

Tabel 6. T-hitungan *project* global-*project* regional

Stasiun	Parameter	T-hitungan
PUA1	X	1,0561
	Y	0,2941
	Z	2,8398
PUA2	X	1,0177
	Y	0,3094
	Z	2,7981
PUA3	X	1,0809
	Y	0,2464
	Z	2,8146

Tabel 6 menunjukkan bahwa T-hitungan untuk *project* global-*project* regional pada komponen sumbu Z masing-masing stasiun mempunyai nilai yang lebih besar dari 1,960. Nilai T-hitungan untuk komponen tersebut adalah 2,8398 (PUA1), 2,7981 (PUA2) dan 2,8146 (PUA3). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan koordinat pada komponen sumbu Z hasil pengolahan *project* regional secara statistik berbeda signifikan dibandingkan dengan hasil pengolahan *project* global. Komponen sumbu X dan sumbu Y memiliki nilai dibawah 1,960 sehingga tidak terdapat

perbedaan yang signifikan untuk masing-masing sumbu tersebut.

Uji-T pada *project* global-*project* kombinasi

Uji-T dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan ∞ , maka nilai t_{α} adalah 1,960. *Project* global digunakan sebagai referensi karena memiliki nilai simpangan baku yang lebih kecil dibandingkan dengan *project* kombinasi. Nilai dari T-hitungan dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. T-hitungan *project* global- *project* kombinasi

Stasiun	Parameter	T-hitungan
PUA1	X	0,2015
	Y	0,3615
	Z	0,2674
PUA2	X	0,2867
	Y	0,2022
	Z	0,0639
PUA3	X	0,1365
	Y	0,1885
	Z	0,0593

Tabel 7 menunjukkan bahwa T-hitungan untuk *project* global-kombinasi mempunyai nilai yang lebih kecil dari 1,960. Hal ini menunjukkan bahwa koordinat hasil pengolahan *project* global dan *project* kombinasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

Uji-T pada *project* kombinasi-*project* regional

Uji-T pada *project* kombinasi-*project* regional menggunakan koordinat hasil pengolahan pada *project* kombinasi sebagai koordinat referensi karena mempunyai nilai simpangan baku yang lebih kecil dibandingkan dengan *project* regional. Uji-T dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan derajat kebebasan ∞ , maka nilai t_{α} adalah 1,960. Nilai dari T-hitungan dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. T-hitungan *project* kombinasi-*project* regional

Stasiun	Parameter	T-hitungan
PUA1	X	1,0760
	Y	0,2581
	Z	2,8173
PUA2	X	1,0564
	Y	0,2772
	Z	2,8046
PUA3	X	1,0723
	Y	0,2580
	Z	2,8112

Tabel 8 menunjukkan bahwa T-hitungan untuk *project*

kombinasi-*project* regional pada komponen sumbu Z masing-masing stasiun mempunyai nilai yang lebih besar dari 1,960. Nilai T-hitungan untuk komponen sumbu Z tersebut adalah 2,8173 (PUA1), 2,8046 (PUA2) dan 2,8112 (PUA3). Hal ini menunjukkan bahwa perbedaan koordinat pada komponen sumbu Z hasil pengolahan *project* kombinasi berbeda secara signifikan dibandingkan dengan hasil pengolahan *project* regional. Komponen sumbu X dan sumbu Y memiliki nilai di bawah 1,960 sehingga tidak terdapat perbedaan yang signifikan untuk masing-masing sumbu tersebut.

Kesimpulan dan Saran

Dari analisis hasil dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan titik ikat global menghasilkan koordinat dengan tingkat ketelitian yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan pengolahan dengan titik ikat regional, dan titik ikat kombinasi (global dan regional). Hasil pengolahan dengan menggunakan titik ikat regional menghasilkan koordinat dengan ketelitian yang paling rendah jika dibandingkan dengan menggunakan titik ikat global dan titik ikat kombinasi. Selain itu, dari hasil pengujian dengan menggunakan uji-T diperoleh kesimpulan bahwa secara statistik tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari koordinat hasil pengolahan pada *project* global dengan *project* kombinasi. Nilai perbedaan koordinat yang signifikan terdapat pada kordinat hasil pengolahan *project* global dengan *project* regional dan *project* kombinasi dengan *project* regional.

Daftar Pustaka

Abidin, H,Z, (2006), XIII FIG Congress : Land Subsidence Characteristics of Bandung Basin (Indonesia) between 2000 and 2005 as Estimated from GPS Surveys, Munich, Germany.

Azhari, (2010), Seminar Juru Ukur : Malaysian Geodetic Infrastructures, Department of Survey and Mapping Malaysia, Kuala Lumpur.

Herring, T. A., King, R. W. and Mc. Clusky, S. C, (2010), GAMIT Reference Manual. GPS Analysis at MIT. Release 10.4, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.

Herring, T. A., King, R. W. and Mc. Clusky, S. C, (2010), GLOBK Reference Manual. GPS Analysis at MIT. Release 10.4, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology.

Herring, T. A., King, R. W. and Mc. Clusky, S. C, (2006), Introduction to GAMIT/GLOBK. Release 10.3, Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of

Technology.

Hernandez. S, (2006), GPS Data Processing via GAMIT/GLOBK: Application to the East Africa Rift, Academic Affiliation RESESS/SOARS, USA.

Isaac. N, (2007), Analysis of data from the GPS reference station at AAU Using GAMIT, Aalborg University, Institute of Development and Planning.

Kamaludin, (2011), Pulau Deformation Monitoring: GNSS Processing Results, Faculty of Geoinformation Engineering & Sciences, Universiti Teknologi Malaysia.

Leick, A. (2004), GPS Satellite Surveying. Third Edition, John Wiley and Sons Inc. Hoboken, New Jersey.

Mikhail, E. dan Gracie, G, (1981), "Analysis and Adjustment of Survey Measurement", Newyork, Van Nostrand Reinhold Company.Inc.

Popovas, D. (2001), Adjustment of the Lithuanian GPS network using GAMIT, Aalborg University, Institute of Development and Planning.

Widjajanti. N, (2010), "Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Technique and its Application in Structural Integrity Assessment", Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.

Widjajanti, N. Matori A.N, (2008), Effect of Reference Station Configuration for GPS Long Baseline Processing, ICCBT, pp349-366

Offshore platform, http://en.wikipedia.org/wiki/Oil_platform access on Januari 13, 2012.

Pemodelan Spasial Landaan Tsunami Menggunakan Variasi Lokasi Sumber dan Magnitud Gempa Studi Kasus Kota Padang

Abdul Basith^a, Widjo Kongko^b, Nadya Oktaviani^c

^aLaboratorium Hidrografi Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: abd_basith@ugm.ac.id

^bBalai Penelitian Dinamika Pantai (BPDP) BPPT Teknik Pantai

^cMahasiswa Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

Tsunami is one of major catastrophe in Indonesia causing damage of infrastructures, loss of lives, and damaging environment. Spatial modeling of areas prone to landslide run-up is importance to conduct in order to reduce tsunami impact. Using tsunami numerical model such areas can be predicted. The impact of tsunami is influenced by some factors such as locations and magnitudes of tsunami source, e.g. earthquake. This paper presents preliminary study of modeling tsunami run-up in Padang City, Sumatera Barat. Four scenarios of tsunami run-up modeling were run using different locations and magnitudes of tsunami source. The results show that the closer the location of the source, the farther the tsunami run-up. In addition, tsunami run-up reaches onshore areas farther when the magnitude of the source is higher.

Keywords: Model numerik tsunami, run up tsunami, tsunami Padang

I. Pendahuluan

Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng besar dunia yang senantiasa selalu bergerak. Pertemuan lempeng tersebut menghasilkan aktivitas vulkanologi dan kegempaan yang cukup aktif. Wilayah ini dikenal dengan sebutan *Ring of Fire* atau Cincin Api Pasifik. Gambar 1 menunjukkan cincin api yang berbentuk tapal kuda mengepung seluruh wilayah Indonesia. Dari 90% gempa yang terjadi di dunia, 81% terjadi di wilayah sepanjang cincin api. Oleh karenanya, Indonesia menjadi wilayah yang sangat rawan akan bencana apapun, baik didarat maupun di laut. Tidak jarang aktivitas gempa yang terjadi menimbulkan tsunami yang mengakibatkan kerugian yang besar.



Gambar 1. Sabuk *ring of fire*

Sumber: <http://earthquake.usgs.gov>

Tsunami adalah gelombang laut yang terjadi dengan periode panjang yang dapat diakibatkan oleh pergerakan vertikal kerak bumi sehingga menyebabkan dasar laut naik/turun secara tiba-tiba. Akibatnya, kesetimbangan massa air di atasnya menjadi terganggu sehingga terjadi pelepasan energi air laut hingga mencapai pantai. Gelombang yang mencapai pantai inilah yang disebut dengan Tsunami.

Indonesia telah mengalami banyak kejadian tsunami. Dua peristiwa terakhir tsunami terjadi pada tanggal 26 Desember 2004 yang melanda propinsi Aceh dan pada tanggal 25 Oktober 2010 yang melanda kepulauan Mentawai. Peristiwa pertama menyebabkan hilangnya nyawa hingga mencapai 250.000 orang. Banyaknya nyawa hilang salah satunya disebabkan oleh masih kurangnya pemahaman masyarakat tentang informasi bencana tsunami itu sendiri. Untuk itu diperlukan langkah-langkah untuk mengurangi dampak tsunami.

Salah satu langkah sebagai antisipasi dampak bencana tsunami adalah dengan melakukan penyediaan informasi area yang rawan/aman dari landaan (*run-up*) tsunami. Landaan adalah istilah untuk menggambarkan sejauh mana gelombang tsunami menjangkau daratan. Jangkauan landaan tsunami dapat diprediksi salah satunya dengan menggunakan pemodelan numerik. Banyak model numerik yang dapat digunakan untuk memprediksi

landaan tsunami diantaranya model numerik TUNAMI, Turmina Interface, MIKE21, ANUGA, dan lain-lain. Setiap model numerik memiliki kelebihan dan kekurangan. Model numerik tsunami secara umum menggunakan kekekalan massa dan persamaan hidrodinamika 3 dimensi yang melibatkan banyak suku seperti suku percepatan, adveksi, gaya coriolis, gradient tekanan, gesekan dasar/permukaan serta viskositas eddy (Ramming dan Kowalik, 1980). Dalam aplikasinya, tidak semua suku dilibatkan dalam pemodelan numerik.

Makalah ini dimaksudkan untuk menyajikan kajian pemodelan spasial landaan tsunami menggunakan model numerik TUNAMI. Dengan skenario lokasi sumber dan kekuatan gempa yang berbeda. Sebagai wilayah kajian adalah Kota Padang dan sekitarnya.

II. Model Numerik Tsunami TUNAMI

Model numerik ini merupakan pengembangan dari model numerik non-linier Imamura (2006) untuk aplikasi gelombang perairan dangkal mencakup tsunami. Tsunami dikategorikan sebagai gelombang perairan dangkal disebabkan panjang gelombangnya yang jauh lebih besar dibandingkan kedalaman batimetri yang dilewati gelombang. Model numerik ini dikembangkan oleh Kongko (2011) dalam disertasinya untuk memodelkan tsunami di wilayah Selatan Jawa. Penelitian ini menunjukkan bahwa sumber tsunami dengan kekakuan rendah dan *slip* yang besar, menghasilkan landaan yang mirip dengan data lapangan dibandingkan dengan sumber tsunami dengan kekakuan normal.

TUNAMI adalah singkatan dari Tohoku University's Numerical Analysis Model for Investigation. Model Numerik TUNAMI sendiri memiliki banyak variasi, sesuai dengan pengembangannya antara lain:

1. TUNAMI-N1, model ini mengaplikasikan teori linier perambatan gelombang dengan ukuran grid konstan,
2. TUNAMI-N2, model ini mengaplikasikan teori linier perambatan gelombang untuk perairan dalam, teori gelombang perairan dangkal dan landaan dengan grid konstan,
3. TUNAMI-N3, model ini mengaplikasikan teori linier perambatan gelombang dengan variasi ukuran grid. Konsep matematisnya serupa dengan model numerik TUNAMI N2 diantaranya menggunakan teori linier pada perairan dalam, dan teori perairan dangkal pada laut dangkal, dan melibatkan efek kekasaran dasar disepanjang pantai.

II.1. Teori perambatan gelombang perairan dangkal

Model perambatan gelombang di perairan dangkal dinyatakan dengan persamaan konservasi/kekekalan massa dan persamaan momentum dalam

kasus 3 dimensi seperti ditunjukkan pada persamaan (1.1). Peubah x dan y menyatakan sumbu horizontal, z menyatakan sumbu vertikal, t merupakan waktu, h merupakan kedalaman air laut sebelum terjadi gangguan, η menyatakan perubahan vertikal air laut sesaat setelah adanya gangguan, g adalah percepatan gravitasi, τ menyatakan *shear stress* tangensial ataupun normal, dan u, v, w menyatakan kecepatan partikel air pada arah sumbu x, y, dan z.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right) &= 0 \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + w \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{\rho} \left(\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right) &= 0 \\ g + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} &= 0 \dots \dots \dots (1.1) \end{aligned}$$

Dalam teori ini, percepatan partikel air arah vertikal diabaikan karena nilainya lebih kecil dari dari percepatan gravitasi. Akibatnya, gerakan vertikal partikel air tidak berpengaruh pada distribusi tekanan (Imamura dkk, 2006). Persamaan momentum arah sumbu vertikal (z) dengan kondisi batas dinamik pada permukaan dimana tekanannya nol ($p=0$) menghasilkan persamaan hidrostatis $p=\rho g(\eta-z)$. Untuk menyelesaikan persamaan 1.1 digunakan kondisi batas dinamik dan kinetik pada permukaan dan dasar yakni:

$$p = 0 \quad \text{at } z = \eta \dots \dots \dots (1.2)$$

$$w = \frac{\partial \eta}{\partial t} + u \frac{\partial \eta}{\partial x} + v \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad \text{at } z = \eta \dots \dots \dots (1.3)$$

$$w = -u \frac{\partial \eta}{\partial x} - v \frac{\partial \eta}{\partial y} \quad \text{at } z = \eta \dots \dots \dots (1.4)$$

Dengan mengintegrasikan persamaan 1.1 dari permukaan sampai ke dasar menggunakan aturan Leibnitz, maka diperoleh persamaan perambatan gelombang perairan dangkal 2 dimensi dalam bentuk flux/aliran massa air sebagai berikut:

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0 \dots \dots \dots (1.5)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{\tau_x}{\rho} \\ = A \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) \dots \dots \dots (1.6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{\tau_y}{\rho} \\ = A \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) \dots \dots \dots (1.7) \end{aligned}$$

Notasi D menyatakan kedalaman total dari h + η , τ_x dan τ_y merupakan efek gesekan dasar arah sumbu x dan y, A menyatakan viskositas eddy (koefisien olakan/turbulensi) yang diasumsikan konstan dan *shear stress* (gesekan karena angin) di permukaan diabaikan. M dan N merupakan flux massa air (debit

air) berturut-turut dalam arah sumbu x dan y yang dinyatakan sebagai berikut:

$$M = \int_{-1}^1 u dz = v \cdot (h + \eta) = uD$$

$$N = \int_{-1}^1 v dz = v \cdot (h + \eta) = vD.$$

II.2. Gesekan dasar (Bottom friction)

Koefisien kekasaran dasar pada umumnya diformulasikan sebagai berikut:

$$\frac{\tau_x}{\rho} = \frac{1}{2g} \frac{f}{D^2} M \sqrt{M^2 + N^2}$$

$$\frac{\tau_y}{\rho} = \frac{1}{2g} \frac{f}{D^2} N \sqrt{M^2 + N^2}$$

dimana f adalah koefisien gesekan. Biasanya nilai koefisien kekasaran dasar ini menyesuaikan jenis tutupan lahan di sepanjang pantai. Cara termudah untuk menentukan nilai kekasaran dasar adalah dengan merujuk pada kekasaran Manning (*Manning's roughness*) seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Nilai kekasaran dasar

Landuse	Roughness Coefficient, n		
	Min	Normal	Max
a. Water			
River, Lake, and Ocean	0,007	0,016	0,025
b. Field			
Open Field	0,020	0,030	0,040
Crop Field	0,025	0,035	0,050
c. Brush			
Low-medium density of brush	0,035	0,050	0,070
Brush and trees	0,040	0,060	0,080
Dense brush	0,070	0,100	0,160
d. Trees			
Low density of tree	0,050	0,060	0,080
Medium density of tree	0,080	0,100	0,120
High density of tree	0,100	0,150	0,200
e. Residential			
Low-middle density residential area / street	0,035	0,050	0,060
High density residential area	0,080	0,115	0,160
Residential area + tree	0,111	0,150	0,200

Sumber : Chow (1959)

II.3. Skema numerik Leap-frog

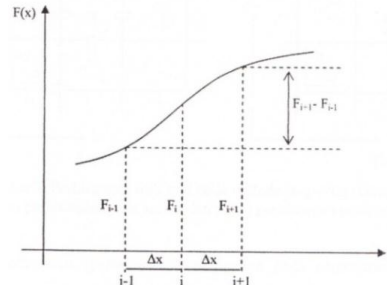
Untuk menyelesaikan persamaan 1.5-1.7 digunakan linierisasi menggunakan aturan deret Taylor lalu didiskretisasi menggunakan metode *finite difference* skema *leap-frog* (Gambar 2) yakni menggunakan skema beda pusat dengan kesalahan pemotongan orde kedua.

Notasi $F\{(i-1)\Delta x\}=F_{i-1}$, $F(i \Delta x)=F_i$, $F\{(i+1)\Delta x\}=F_{i+1}$ menyatakan nilai-nilai untuk tiap grid. Nilai F_{i-1} dan F_{i+1} hasil linierisasi menggunakan deret Taylor dengan kesalahan pemotong orde kedua menghasilkan

persamaan berikut:

$$F_{i-1} = F_i - \Delta x \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} - O(\Delta x^3) \dots \dots \dots (1.7)$$

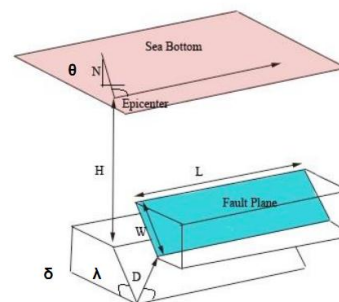
$$F_{i+1} = F_i + \Delta x \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\Delta x^2}{2} \frac{\partial^2 F}{\partial x^2} + O(\Delta x^3) \dots \dots \dots (1.8)$$



Gambar. 2. Fungsi pada deret Taylor

II.3. Konsep Nested grid

Solusi numerik persamaan 1.5-1.7 mengharuskan letak bidang sesar (Gambar 3) tercakup dalam model. Apabila bidang sesar tidak tercakup dalam model, maka dalam perhitungannya menggunakan metode *Nested Grid* (Gambar 4). Metode ini menggunakan grid ukuran besar agar mencapai letak bidang sesar. Grid-grid dengan ukuran yang lebih kecil/rapat menuju wilayah kajian didefinisikan. Dengan skema *leap-frog*, nilai-nilai F pada grid perbatasan pada area pertampalan digunakan untuk menghitung nilai grid pada area yang lainnya. Ukuran grid yang lebih besar dinamakan area L (*large*) dan untuk grid yang ukurannya lebih kecil dinamakan area S (*small*).



Gambar. 3. Ilustrasi bidang sesar

III. Pemodelan landaan tsunami: Studi kasus kota Padang

Kota Padang, Sumatera Barat, merupakan satu diantara banyak wilayah di Indonesia yang rawan akan bencana tsunami. Hal ini dikarenakan posisi wilayahnya yang terletak diatas pertemuan lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia. Daerah pertemuan lempeng tersebut hingga kini masih menunjukkan aktifitas yang menimbulkan gempa. Selain itu, sejarah kegempaan dan tsunami yang pernah terjadi di Kota Padang menjadi alasan lain

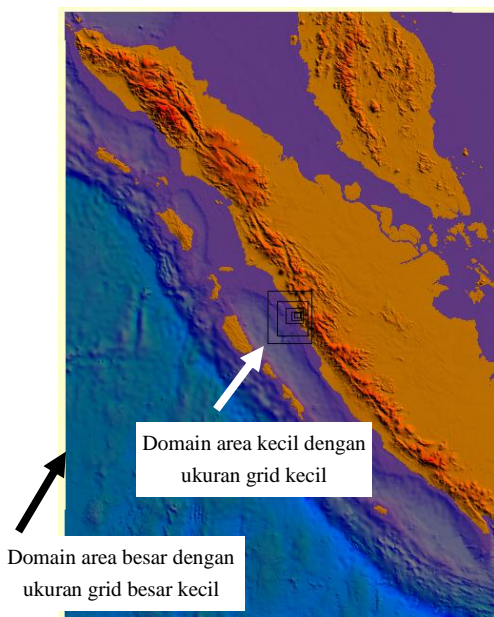
mengapa daerah tersebut memerlukan informasi geospasial terkait ancaman/landaun bencana tsunami. Untuk mendapatkan informasi tersebut dilakukan dengan melakukan pemodelan spasial menggunakan model numerik TUNAMI-N3. Tahap pemodelan mencakup 3 proses, yakni:

1. Pre-processing data
2. Processing (*setup, running*)
3. Post processing data

Pada tahap pre processing hal yang perlu dilakukan adalah mempersiapkan data input untuk model. Data input yang dimaksud terdiri atas:

1. Data kedalaman/batimetri dan data ketinggian/topografi. Dalam hal ini data batimetri yang digunakan merupakan data keluaran Bakosurtanal (BIG) dengan interval kedalaman 90 meter, serta data topografi DTM dengan ketelitian 5 meter.
2. Citra IKONOS. Citra ini digunakan untuk interpretasi jenis tutupan lahan yang ada di sepanjang pesisir pantai untuk penentuan koefisien gesekan dasar dan untuk visualisasi hasil pemodelan.

Dalam tahap ini didesain skenario-skenario yang perlu disimulasikan. Skenario mencakup luas landaan, asumsi sumber gempa, dan magnitud gempa. Selanjutnya tentukan domain area yang akan dimodelkan sesuai dengan skenario simulasi. Penentuan domain area menggunakan metode *nested grid*, karena sumber tsunami harus tercakup dalam area model (Gambar 4).



Gambar 4. Penentuan domain area dan ilustrasi konsep *nested grid*

Skenario penelitian ini mencakup simulasi numerik landaan tsunami menggunakan 2 lokasi sumber gempa yang berbeda dan 2 kekuatan/magnitude berbeda, yakni 8.4 dan 9.0. Permukaan kota Padang di asumsikan mempunyai koefisien gesekan dasar seragam yang merepresentasikan tutupan lahan berupa residensial dengan kepadatan sedang.

Pada penelitian ini digunakan 6 domain area, berturut-turut dari domain terluar hingga domain terkecil yang berada paling dalam. Pada konsep *nested grid* penentuan ukuran grid antara satu dengan yang lainnya berbeda, yakni dengan nilai perbandingan spasi grid berupa bilangan ganjil 1:3 (Prasetyo, 2006). Dalam penelitian ini ukuran grid dalam setiap domain tidak boleh lebih dari 3000 grid (arah sumbu $-x$) dan 3000 grid (arah sumbu $-y$). Data grid setiap *domain* yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data ukuran domain grid dengan masing-masing spasi grid

Domain	Grid Spacing (m)	Ukuran Grid	
		ncols	nrows
1	1215	913	1282
2	405	278	330
3	135	574	651
4	45	936	868
5	15	1655	1503
6	5	2792	2274

Selanjutnya, data batimetri dan topografi diekstrak, dimulai dari area terkecil dengan ekstensi data yang sama sehingga data terbentuk dalam format matrik. Pengecekan data dilakukan untuk memastikan tidak adanya kesalahan berupa *error value* yang biasanya dinyatakan dengan nilai -9999. Proses selanjutnya adalah melakukan integrasi antara data kedalaman dengan data ketinggian. Proses ini memerlukan kecermatan dan memakan waktu disebabkan banyaknya data yang dilibatkan serta ketelitian yang diharapkan terkait dengan ukuran grid yang semakin mengecil.

Setelah file data input selesai dipersiapkan, proses selanjutnya adalah membuat file *source* dari skenario yang telah direncanakan. *Source* disini maksudnya adalah titik yang menjadi sumber gempa dan mengalami perubahan vertikal dasar lautnya. Area *source* terletak disepanjang wilayah subduksi lempeng, yakni lempeng samudera menghujam lempeng benua, sehingga pergerakannya berupa sesar naik pada area simulasi. File *source* juga digunakan untuk mengkoreksi data spasial khususnya batimetri karena mengasumsikan terjadinya perubahan vertikal dari data batimetri akibat gempa/patahan.

Untuk mensimulasikan landaan tsunami ke darat perlu mempersiapkan file *roughness*. Sesuai skenario,

jenis kekasaran dasar yang digunakan dalam pemodelan adalah kekasaran dasar seragam (*uniform roughness*). Nilai kekasaran dasar seragam diasumsikan atas 2 jenis tutupan lahan yakni air pada laut, dan pemukiman pada daratan. Hal ini karena secara visual area studi ditutupi oleh pemukiman. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Kenampakan wilayah study dari citra IKONOS

Agar simulasi model tetap stabil, maka desain model harus memenuhi syarat stabilitas model $CFL_{max} < 1$ yang diformulasikan dengan:

$$C_{max} = \sqrt{gh_{max}}$$

$$\text{Dengan } CFL_{max} = C_{max} \frac{dt}{dx}$$

dengan

h_{max} : Kedalaman perairan maksimum

dt : Langkah waktu perhitungan

g : gaya gravitasi (10 m/s)

C_{max} : kecepatan awal

Tahap selanjutnya adalah memberi inisialisasi/nilai awal untuk menjalankan model TUNAMI N3. Inisialisasi dilakukan agar data masukan dapat dibaca oleh model. File input yang sebelumnya dipersiapkan dibuat dalam format yang sama, dalam hal ini menggunakan ekstensi *.grd. Input data lainnya berupa ukuran grid masing-masing domain, dari domain terluar hingga berturut-turut domain terkecil/terdalam.

Parameter sesar (Tabel 3) juga menjadi data input pada model. L adalah panjang sesar, W menyatakan lebar sesar, Du adalah dislokasi sesar. Dalam model, tinggi gelombang yang dipengaruhi pasang surut dan angin diabaikan, karena simulasi gelombang hanya berdurasi 3600 detik atau satu jam.

Apabila format file input telah disesuaikan dengan bahasa model, maka model sudah siap untuk dijalankan. Setiap 60 detik akan dihasilkan nilai-nilai ketinggian permukaan laut hasil simulasi model. Oleh karenanya, penjarangan gelombang akan didapat setiap

60 detik sekali hingga mencapai batas waktu model yang ditentukan yaitu 3600 detik. Tahap menjalankan model memerlukan waktu yang cukup lama untuk setiap skenarionya.

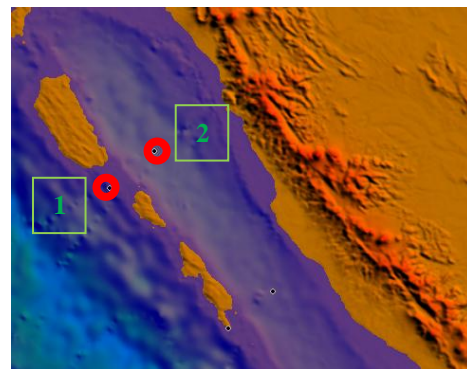
Tabel 3. Parameter Sesar

Titik sumber	Magnitud	Parameter bidang Sesar (km)			Koordinat Epicenter		Depth (km)		α (°)		
		L	W	Du	X	Y	HH	Strike	Slip	Dip	
1	8,4	270	95	6,5	99,313754	-1,995617	21,0	320	90	13	
2					99,730890	-1,642564					44,4
3					100,426811	-3,329336					18,9
4					100,844351	-2,974404					49,0
1	8,8	445	125	11,8	99,313754	-1,995617	21,0	320	90	13	
2					99,730890	-1,642564					44,4
3					100,426811	-3,329336					18,9
4					100,844351	-2,974404					49,0
1	9,0	575	145	15,8	99,313754	-1,995617	21,0	320	90	13	
2					99,730890	-1,642564					44,4
3					100,426811	-3,329336					18,9
4					100,844351	-2,974404					49,0

Sumber: Papazachos, dkk. (2004)

IV. Hasil dan Pembahasan

Dari skenario simulasi yang telah dijelaskan sebelumnya yakni menggunakan 2 lokasi sumber berbeda dan 2 magnitud yang berbeda, maka didapat 4 skenario. Lokasi gempa ditunjukkan pada Gambar 6. Satu sumber gempa terjadi pada titik yang berada di sebelah Barat kepulauan mentawai (titik 1) dan di sebelah Timur kepulauan mentawai (titik 2).



Gambar 6. Posisi skenario titik gempa

IV.1. Hasil skenario I

Skenario I menggunakan titik 1 sebagai sumber gempa dengan kekuatan 8.4 SR (Skala Richter). Hasil simulasi skenario ini ditunjukkan pada Gambar 7.

Ketinggian gelombang hasil simulasi yang mencapai daratan memiliki ketinggian maksimum 2,54 meter, dan luas landaan yang menggenangi daratan mencapai daerah yang berada lebih kurang 40 meter dari bibir pantai. Landaan tsunami di badan sungai mencapai jarak sejauh 1 km dari muara sungai.

IV.2. Hasil skenario II

Skenario II menggunakan titik 1 sebagai sumber gempa dengan kekuatan 9.0 SR. Hasil simulasi skenario ini ditunjukkan pada Gambar 8.

Skenario ini menghasilkan landaan tsunami (*run-up*) yang menggenangi daratan sejauh 300 meter dari garis pantai dengan ketinggian maksimum gelombang 3,98 meter. Landaan tsunami di badan sungai mencapai jarak sejauh 1.5 km dari muara sungai.



Gambar 7. Hasil simulasi Skenario I: titik sumber lokasi 1, magnitudo gempa 8.4 SR



Gambar 8. Hasil simulasi Skenario II: titik sumber lokasi 1, magnitudo gempa 9.0 SR

IV.3. Hasil skenario III

Skenario III menggunakan titik 2 sebagai sumber gempa dengan kekuatan 8.4 SR. Hasil simulasi skenario ini ditunjukkan pada Gambar 9.

Skenario ini menunjukkan bahwa gelombang tsunami

mencapai daratan dengan jangkauan sejauh 1 km, dengan tinggi maksimum mencapai 4,91 meter. Air tsunami yang menggenangi badan sungai mencapai 2 km jauhnya dari muara sungai.



Gambar 9. Hasil simulasi Skenario 3: titik sumber lokasi 2, magnitudo gempa 8.4 SR

IV.4. Hasil skenario IV

Skenario IV menggunakan titik 2 sebagai sumber gempa dengan kekuatan 9.0 SR. Hasil simulasi skenario ini ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Hasil simulasi Skenario 4: titik sumber lokasi 2, magnitudo gempa 9.0 SR

Hasil skenario ini menunjukkan bahwa gelombang tsunami mencapai titik terjauh di daratan sejauh 4 km dari garis pantai dengan ketinggian maksimum 10,84 meter. Di badan sungai, gelombang tsunami mencapai jarak sejauh 4 km dari muara sungai.

Dari keempat skenario tampak bahwa kedekatan posisi sumber gempa terhadap daerah kajian landaan tsunami sangat berpengaruh terhadap jauh-tidaknya landaan tsunami baik di darat maupun di badan air (sungai) dan tinggi gelombang pada daerah landaan. Perbedaan kekuatan gempa pun berpengaruh terhadap jauh tidaknya landaan dan tinggi gelombang tsunami di daerah landaan. Semakin dekat besar kekuatan gempa semakin tinggi gelombang tsunami dan semakin jauh jangkauan landaan tsunami ke daratan. Begitu juga, semakin dekat lokasi sumber gempa terhadap daerah kajian, semakin besar tinggi gelombang dan semakin jauh jangkauan landaan tsunami di darat.

Jangkauan landaan tsunami skenario I dan II relatif lebih pendek dibandingkan skenario III dan IV. Hal ini disebabkan adanya deretan Kepulauan Mentawai yang memecah gelombang sebelum mencapai daratan Kota Padang

Jangkauan landaan tsunami dari empat skenario ini dapat dijadikan acuan untuk mendelineasi daerah aman dari bahaya tsunami. Selanjutnya, peta rawan bencana tsunami dapat dibuat berdasarkan skenario-skenario hasil simulasi sebagai berikut:

1. Jika terjadi gempa dengan skenario 1, zonasi daerah aman berada lebih kurang 100 meter dari bibir pantai termasuk wilayah yang berada disepanjang pinggir sungai.
2. Jika terjadi gempa dengan skenario 2, zonasi daerah aman berada lebih kurang 400 meter dari bibir pantai termasuk wilayah yang berada disepanjang pinggir sungai.
3. Jika terjadi gempa dengan skenario 3, zonasi daerah aman berada lebih 1 km dari bibir pantai termasuk wilayah yang berada disepanjang pinggir sungai.
4. Jika terjadi gempa dengan skenario 4, zonasi daerah aman berada lebih 2,5 km dari bibir pantai termasuk wilayah yang berada disepanjang pinggir sungai.

V. Kesimpulan dan Saran

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan yaitu:

1. Perbedaan lokasi sumber dan kekuatan magnitud gempa mempengaruhi secara signifikan terhadap jangkauan landaan tsunami.
2. Perbedaan kekuatan gempa berpengaruh terhadap jauh tidaknya landaan dan tinggi gelombang tsunami di daerah landaan. Semakin besar kekuatan gempa semakin tinggi gelombang tsunami dan semakin jauh jangkauan landaan tsunami ke daratan.

3. Kedekatan lokasi sumber gempa dengan daerah kajian berpengaruh terhadap jauh tidaknya jangkauan landaan tsunami di darat. Semakin dekat lokasi sumber gempa terhadap daerah kajian, semakin besar tinggi gelombang dan semakin jauh jangkauan landaan tsunami di darat.
4. Hasil simulasi landaan tsunami dapat digunakan untuk pembuatan peta rawan ancaman tsunami yang menunjukkan daerah aman
5. Simulasi skenario yang mengasumsikan titik 1, menghasilkan tinggi gelombang dan luas landaan yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil simulasi skenario yang mengasumsikan titik 2. Hal ini dikarenakan oleh adanya deretan Kepulauan Mentawai yang memecah gelombang sebelum mencapai daratan Kota Padang.

Untuk penelitian kedepan, sebaiknya dilakukan simulasi dengan variasi skenario yang lebih banyak lagi, sehingga didapat perkiraan daerah paling aman jika benar terjadi tsunami pada wilayah studi.

Selain itu, perlu dilibatkan faktor kekasaran dasar di darat sesuai dengan jenis tutupan lahan pada wilayah studi misalnya kekasaran area vegetasi, area pasir dan sebagainya.

Hasil penelitian ini belum melalui hasil verifikasi. Kedepan, perlu dilakukan verifikasi lapangan menggunakan data daerah dengan setting geografis yang serupa dengan Kota Padang.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Balai Penelitian Dinamika Pantai Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPDP-BPPT) Yogyakarta atas izin penggunaan data dan model numerik TUNAMI.

Daftar Pustaka

- Papazachos, B. C., dkk., 2004, *Global Relation Between Seismic Fault Parameter and Moment Magnitude of Earthquakes.*, Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVI , Thessaloniki
- Chow, V. T., 1959, *Open Channel Hydraulics.* MacGraw Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo
- <http://earthquake.usgs.gov/learn/earthquake-glossary-ring-of-fire> akses tanggal 9 November 2012
- Imamura, F, dkk., 2006, *Tsunami Modelling Manual (TUNAMI Model)*, TIME Project, Japan
- Kongko, W., 2011, *South Java Tsunami Model Using Highly Resolved Data And Probable Tsunami Sources*, Disertasi, Gottfried Wilhelm Leibniz University of Hannover, Jerman.
- Prasetyo, E., 2006, *Penentuan Run-Up Tsunami*

Dengan Menggunakan Model Numerik Tsunami,
Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Ramming, H. G., and Kowalik, Z., 1980, *Numerical
Modelling of Marine Hydrodynamics Application to
Dynamic Physical Processes*, Elsevier Scientific
Publishing Company, Amsterdam.

Analisis Persebaran Sedimentasi Waduk Berdasarkan Data Multi Epoch Hasil Pengukuran Bathymetry yang Terikat pada Stasiun GNSS-CORS

Bambang Kun Cahyono, Dedi Atunggal SP

Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (dediatunggal@ugm.ac.id , bambangkun@ugm.ac.id)
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +62-274-6492121, +62-274-520226,

Abstract

Water is a potential and resources which have to be considered in term of management, availability, and its distributions, one of the way is by developing a dam. Dam development is always accompanied by the dynamics of surrounding community activities, which often negatively impact to the condition and existence of the dam itself, such as erosions and sedimentations. If those mentioned conditions are not considered, the existence of the dam as water supplier for the surrounding communities will be threatened. This study tries to present methods in sedimentation monitoring and spread of sedimentations, as well as monitoring changes in water volume within the Dam. Case studies conducted at Sermo Dam, which can be applied to other dams. Calculation of sedimentation and water volume changes, derived from Digital Elevation Model of base of the dam. Depth measurements performed with an echosounder type fish-finder, while the position measured using deferential-realtime methods by connecting to the GNSS-CORS station at Geodetic Engineering Department. By this method, horizontal positioning accuracy can be improved, as well as the resulted maps and DEM. Comparison of horizontal positioning using absolute and deferential real time methods also can be determined. And based on analysis of the derived DEM, distribution and spread of sedimentation can be modeled

Keywords: dam monitoring, bathymetric surveying, Digital Elevation Model, deferential GPS.

Pendahuluan

Air merupakan sebuah potensi sekaligus juga sebagai sumber daya yang harus tetap diperhatikan ketersediaannya dan diatur pendistribusannya. Hal ini dilakukan dengan harapan pengelolaan sumber daya air yang baik akan menjauhkan masyarakat dari beberapa bencana seperti bencana kekeringan (di musim kemarau) ataupun banjir (di musim penghujan). Salah satu konservasi dan pengelolaan sumber daya air adalah dengan melakukan pembangunan sebuah bendungan yang membendung aliran sungai pada daerah tertentu. Dengan dibangunnya bendungan diharapkan ketersediaan dan pendistribusian air bagi masyarakat akan lebih terkelola dengan baik.

Biasanya pembuatan bendungan selalu diiringi dengan perkembangan aktifitas masyarakat sekitar, baik untuk kegiatan wisata, dalam aktifitas perekonomian, maupun aktifitas lainnya dalam hal pemenuhan kebutuhan hidup sehari-hari. Sayangnya aktifitas-aktifitas tersebut seringkali berdampak negatif terhadap kondisi bendungan itu sendiri,

seperti terjadinya erosi dan pendangkalan bendungan. Apabila hal ini tidak diperhatikan dengan seksama, keberadaan bendungan sebagai penyedia air bagi masyarakat pasti terancam. Permasalahan-permasalahan tersebut diatas akan selalu sama dan akan selalu dihadapi oleh bendungan yang ada di negeri kita. Untuk itu, pemantauan perubahan kedalaman dan percepatan pendangkalan bendungan menjadi sesuatu yang penting untuk diperhatikan. Penelitian ini mencoba menjadikan waduk sermo sebagai lokasi studi yang diharapkan bisa merepresentasikan kondisi bendungan lainnya.

Waduk Sermo yang diharapkan menjadi sumber pengairan yang penting bagi usaha pertanian, serta pemenuhan kebutuhan air minum di daerah Kokap, Kali Bawang, Pengasih, dan sekitarnya. Selain itu, Waduk Sermo juga dikembangkan menjadi daerah wisata air, serta hutan di sekitar bendungan merupakan tempat penyedia kayu bakar bagi masyarakat sekitar, (Anonim, 2006). Kegiatan masyarakat sekitar untuk membuat karamba, rumah makan apung dan pengambilan kayu di daerah green belt merupakan salah satu ancaman serius bagi

kelangsungan waduk Sermo itu sendiri. Bahkan tepian waduk yang mengalami pendangkalan sekarang sudah dimanfaatkan oleh warga sekitar untuk tempat bercocok tanam. Kondisi yang demikian ini apabila tidak diperhatikan dengan serius, maka tidak mustahil jika dalam waktu singkat, Waduk Sermo hanya menjadi daerah kumbangan lumpur, (Anonim, 2005).

Kondisi dasar waduk yang terkini selalu diperlukan dalam monitoring kondisi tubuh air pada waduk. Dengan pengukuran multitemporal laju pendangkalan yang terjadi juga bisa diketahui, (Cahyono, dkk., 2009). Teknik pemetaan bathymetry merupakan salah satu cara yang bisa dilakukan untuk mendapatkan kondisi terkini dasar waduk, (Basith, A., dkk., 2005). Bahkan penggunaan metode tertentu pada teknik penentuan posisinya, bisa meningkatkan akurasi posisi dan hasil yang lebih tepat.

Paper ini mencoba untuk mendapatkan kondisi permukaan dasar bendungan melalui pengukuran bathymetry yang penentuan posisinya diikatkan ke stasiun GNSS-CORS. Yang selanjutnya data hasil pengukuran akan dibandingkan dengan data hasil pengukuran yang telah lalu untuk mengetahui pola sebaran sedimentasi, dan kecepatan pendangkalan yang terjadi. Disamping itu perbandingan metode penentuan posisi antara secara *absolute-realtime* dan *deferential-realtime* pada penentuan posisi horizontal dalam pengukuran *bathymetry* juga dilakukan untuk mengetahui sejauh mana peningkatan ketelitian posisi dan pengaruhnya pada model dasar waduk yang didapatkan.

Tinjauan Pustaka

Tujuan utama dibangunnya waduk sermo adalah untuk irigasi, tapi di dalam studi kelayakan atau detail desain itu sudah diidentifikasi bisa untuk air baku (untuk penggelontoran kota Wates/air minum). Baru tujuan selanjutnya ada pariwisata, dan parimina, meskipun ternyata dari hasil penelitian yang dilakukan parimina dengan pembuatan keramba di dalam waduk tidak mendukung untuk keberlangsungan waduk itu sendiri, (Anonim, 2005).

Pengelola waduk sermo, yang tahu secara teknis berpendapat bahwa aktivitas ekonomi masyarakat setempat apabila tidak dibatasi akan merusak bendungan. Aktivitas ekonomi itu antara lain kegiatan ekstraksi *green belt*, pemancingan liar, dan warung apung disinyalir akan mempercepat laju sedimentasi pada waduk Sermo, (Anonim, 2006).

Kondisi waduk sermo, yang didominasi kemiringan bergelombang sampai berbukit dengan kemiringan 25–60 persen memiliki risiko tinggi terhadap terjadinya erosi dan bahaya tanah longsor. Dilihat dari solum dan berbagai aspek lainnya, Sermo harus

berupa wilayah konservasi absolut artinya untuk menjaga agar kelestarian bendungan mencapai umur teknis sesuai yang diharapkan. Perlu pengendalian dan pengelolaannya yang lebih baik lagi agar waduk Sermo tidak berubah menjadi kumbangan lumpur karena tingkat erosi sangat tinggi, (Anonim, 2005).

Pada tahun 2005 telah dilakukan pengukuran bathymetry di waduk Sermo, dari hasil penelitian tersebut diperoleh air volume bendungan sebesar 34 juta m³ yang menggenangi area seluas ±133 Ha. Dibandingkan saat diresmikannya, luas genangan bendungan mengalami penyusutan sebesar 15.3%. Menyusutnya luas bendungan tentu diikuti dengan penyusutan volumenya. Penyusutan volume bendungan dapat dilihat pada bekas genangan maksimum pada palem air, juga pada permukaan bendungan di bawah permukaan luapan. Dalam penelitian yang dilakukan penulis, pengukuran hanya dilakukan satu periode saja, (Basith, A., 2005).

Pada tahun 2006 juga telah melakukan pengukuran pada tempat yang sama. Dikarenakan data yang dipakai adalah data tahun 2005 dan 2006, maka analisis sedimentasi yang terjadi pada bendungan, dan kemungkinan penyebabnya bisa dilakukan, tetapi tidak mengakomodir perubahan volume air karena pergantian musim. Pada pengukuran bathymetry yang dilakukan, penentuan posisi horisontal yang dipakai adalah *absolute-realtime* menggunakan handheld GPS, (Cahyono, B.K., 2009).

Metodologi

3.1. Deskripsi Lokasi Penelitian

Waduk/bendungan yang dijadikan tempat studi kasus dalam penelitian ini adalah Waduk Sermo yang terletak di desa Hargowilis, Kecamatan Kokap, Kabupaten Kulonprogo. Daerah ini dipilih karena berlokasi dekat dengan kampus UGM, serta kondisi topografis, pemanfaatan waduk, serta aktifitas masyarakat sekitar waduk bisa dikatakan mewakili kondisi bendungan yang ada di Pulau Jawa. Diharapkan metode yang digunakan di sini bisa juga diaplikasikan di waduk/bendungan yang lain.

3.2. Bahan/Materi Penelitian dan Peralatan

Bahan atau materi yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: data pengukuran bathymetry tahun 2005 dan 2006, data pengukuran tepi bendungan tahun 2010. Sedangkan peralatan utama yang digunakan adalah: alat survei Garmin Map Sounder (echosounder tipe Fish Finder), perangkat lunak pengolah ArcView 3.2., Laptop, serta perangkat lunak Microsoft Office untuk perhitungan dan penulisan laporan.

3.3. Pelaksanaan Pengukuran

Pelaksanaan pengukuran kedalaman di waduk sermo dilakukan pada hari Rabu, 29 Juni 2010 dan hari Minggu 30 Oktober 2010. Penentuan posisi titik perum (*echosounder*) dilakukan dengan menggunakan *GPS Garmin Mapsounder* yang memiliki ketelitian setingkat handheld GPS. Pada penentuan posisi horisontal ada dua metode yang digunakan secara bersamaan yaitu:

- a. Metode pertama yaitu *absolute-realtime* yang langsung menggunakan fasilitas penentuan posisi yang ada pada *Garmin Mapsounder* dalam penentuan posisi titik pemeruman. Dikarenakan GPS ini adalah type handheld, maka kesalahan penentuan posisi horisontalnya bisa sampai dengan 15 meter. Alat penentu posisi *hand-held GPS* di-set pada sistem proyeksi *UTM S 49 (Universal Transfer Mercator Zone 49 South)*. Hal ini dilakukan agar koordinat posisi titik pemeruman memiliki sistem koordinat yang sama dengan sistem yang digunakan pada hasil pengukuran tahun-tahun sebelumnya..
- b. Metode kedua yang digunakan yaitu *differential-realtime* yang diikatkan terhadap stasiun GNSS aktif CORS yang terletak di Jurusan Teknik Geodesi. Pada metode ini komunikasi antara stasiun CORS dengan GPS, dalam rangka pemberian data koreksi posisi RTCM 2.0 melalui media internet. Hasilnya ternyata menunjukkan perbedaan yang signifikan. Ketelitian penentuan posisi horisontal bisa ditingkatkan sampai dengan ketelitian 1 meter.

Referensi tinggi yang dipakai adalah referensi tinggi yang digunakan pada palem waduk, yang mengacu pada tinggi terhadap *MSL (Mean Sea Level)*. Tinggi dasar waduk terhadap *MSL* dapat diketahui dengan cara mengurangi tinggi air permukaan waduk dengan kedalaman ukuran terkoreksi. Dengan demikian tinggi permukaan dasar waduk adalah tinggi terhadap *MSL*. Sebelum pelaksanaan pengukuran kedalaman air waduk, dilakukan kalibrasi terhadap alat *transducer* yang digunakan (koreksi *barcheck*). Kedalaman terkoreksi adalah kedalaman hasil sounding ditambah besarnya nilai *draft transducer* dan koreksi *barcheck*, (Basith, dkk., 2005). Hasil kedalaman waduk terkoreksi digunakan sebagai faktor pengurang terhadap tinggi permukaan air waduk pada saat pengukuran.

3.4. Pengolahan Data

Pengolahan data meliputi pengolahan data koordinat lokasi titik-titik perum di permukaan waduk, pengolahan data kedalaman, pengolahan data pengukuran arus dan penentuan posisi tepi waduk serta pengolahan data *barcheck* dan data *draft transducer*. Disamping itu perbedaan penentuan posisi

horisontal dengan kedua metode dan peta yang dihasilkan juga dibandingkan dalam rangka mengetahui perbedaan kualitas kedua metode tersebut.

Posisi tepi waduk berkaitan erat dengan penentuan luas dan volume air waduk. Data kalibrasi *echosounder* dan *draft transducer* digunakan untuk mendapatkan kedalaman waduk terkoreksi. Posisi 3D dasar waduk diperoleh dengan cara menggabungkan data posisi horisontal hasil pengamatan menggunakan alat GPS dengan data tinggi dasar waduk.

Titik-titik sounding yang tersebar secara acak dan merata itu selanjutnya dilakukan interpolasi menggunakan metode *Triangular Irregular Network (TIN)* untuk mendapatkan DEM dasar waduk yang selanjutnya divisualisasikan melalui garis-garis kontur permukaan dasar waduk atau berupa sebuah model elevasi digital, (Cahyono, dkk., 2009).

Perhitungan luas dan volume air waduk berdasarkan pada penentuan ketinggian muka air, dan kondisi topografi sekitar waduk yang dihitung secara numeris dengan menggunakan metode koordinat dan TIN, (Kavanagh, 1997). Persebaran sedimentasi pada waduk dilakukan dengan teknik analisis spasial, berdasarkan DEM yang dihasilkan dari tahun ke tahun.

3.5. Visualisasi dan Evaluasi

Visualisasi permukaan dasar waduk dilakukan dengan cara membuat peta bathimetri waduk dan model permukaan dasar waduk dalam 3D. Evaluasi yang dilakukan meliputi beberapa hal, yaitu:

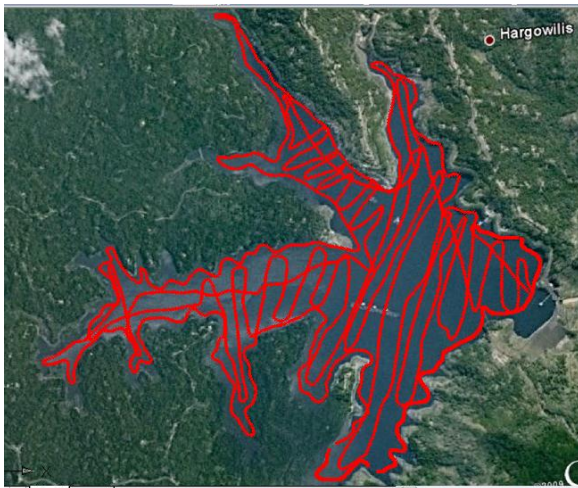
- a. mengevaluasi perbedaan kualitas penentuan posisi horisontal dengan membandingkan data hasil pengukuran GPS menggunakan metode *absolute-realtime* dan *differential-realtime*.
- b. mengevaluasi perubahan sedimentasi yang terjadi, hasil pengukuran tahun 2010 dengan data tahun 2005 dan tahun 2006, selanjutnya dilakukan analisis terhadap kondisi sedimentasi yang terjadi serta pola persebarannya.

Hasil dan Pembahasan

Pengukuran posisi horisontal dan kedalaman dilakukan secara terintegrasi menggunakan alat GPS yang dikombinasi dengan *transducer*. Data yang dihasilkan oleh gabungan alat tersebut merupakan data mentah yang harus diolah terlebih dahulu, untuk mendapatkan data kedalaman yang sebenarnya dan data posisi titik pemeruman.

4.1. Pengukuran Kedalaman

Untuk keperluan plotting jalur pengukuran kedalaman dan proses lebih lanjut, data posisi dan data kedalaman tersebut diproses secara bertahap. Data posisi titik pemeruman dikoreksikan secara realtime ke Stasiun GNSS-CORS aktif yang berada di Jurusan Teknik Geodesi, yang dihubungkan menggunakan internet. Sedangkan data kedalaman diproses setelah pengukuran lapangan, dengan mengoreksikan terhadap draft transducer dan tinggi muka air pada saat pengamatan. Selanjutnya data hasil pengukuran yang terkoreksi diproses lebih lanjut pada software pengolahan untuk menghasilkan model permukaan dasar waduk dan peta kedalamannya. Plotting distribusi data hasil pemeruman disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Distribusi data hasil pemeruman kedalaman waduk

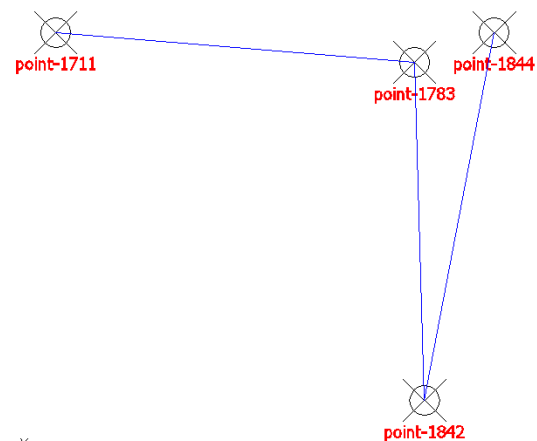
Berdasarkan Gambar 1 tersebut, dapat diamati bahwa pada daerah-daerah hulu aliran sungai jalur pengukuran kurang begitu rapat. Hal ini karena adanya beberapa kendala antara lain banyaknya keramba ikan yang merupakan budidaya masyarakat setempat, kealaman air yang relatif dangkal, sehingga perahu tidak bisa merapat, perahu yang digunakan tidak bisa memutar dengan sudut yang tajam, serta banyaknya kegiatan pemancingan di sepanjang tepi waduk.

4.2. Pengukuran Arus

Arus air di dalam waduk merupakan salah satu faktor yang dianggap paling dominan dalam pendistribusian endapan oleh karena itu pengukuran arus perlu dilakukan. Pengukuran arus dimaksudkan untuk mengetahui pola aliran air yang membawa endapan di dalam waduk, sehingga dapat diketahui daerah-daerah yang paling banyak endapannya. Metode yang digunakan adalah metode Lagrangian.

Pengukuran arus dilakukan dalam selang waktu lebih kurang 30 menit. Lokasi pengukuran berada kira-kira di tengah waduk dengan pertimbangan arus yang datang dari anak sungai-anak sungai akan bertemu di tengah kemudian terbentuk aliran baru. Posisi pengukuran arus disajikan pada Gambar 2.

Pola arah gerakan alat pemantau arus selama pengamatan berlangsung seperti ditunjukkan oleh Gambar 2, menunjukkan arah yang tidak konsisten pada arah tertentu. Perpindahan posisi pelampung yang relatif pendek atau kecepatan perpindahan yang relatif kecil dan didukung dengan pola arus yang tidak menentu, menunjukkan bahwa perpindahan posisi alat pemantau arus hanya disebabkan oleh arus permukaan yang dipengaruhi oleh angin saja. Dari pekerjaan ini bisa ditarik sebuah catatan bahwa arus yang ada (terukur) hanyalah arus permukaan yang hanya dipengaruhi oleh angin yang bertiup, dan bukan arus bawah air yang bisa memindahkan material atau sedimentasi, sehingga data arus ini tidak bisa digunakan untuk mengevaluasi sebaran sedimentasi yang diakibatkan oleh arus.

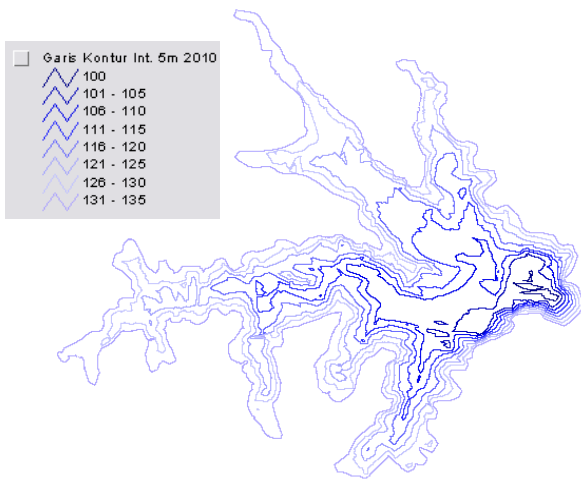


Gambar 2. Perubahan posisi alat pengukur arus.

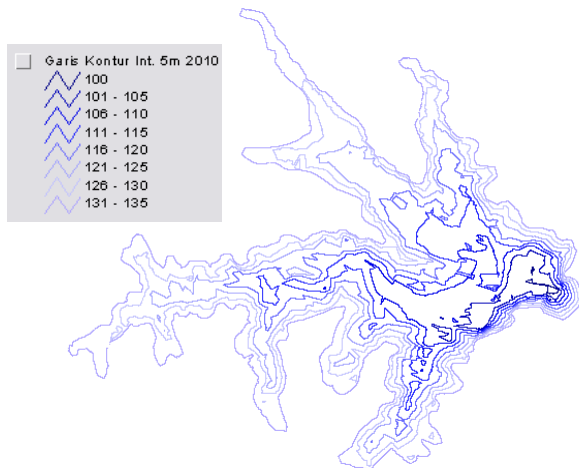
4.3. Plotting Garis Kontur Kedalaman Terkini

Data hasil penggambaran kondisi garis kontur dasar waduk Sermo tahun 2010 hasil pengukuran dengan metode penentuan posisi horisontalnya menggunakan GPS absolute-realtime dan GPS deferential-realtime disajikan pada Gambar 3.a, dan Gambar 3.b.

Berdasarkan Gambar 3, diketahui bahwa hasil pengukuran *bathymetry* dengan penentuan posisi horisontal menggunakan metode yang berbeda akan memberikan hasil pola garis kontur yang berbeda pula, meskipun pengukuran dilakukan pada saat yang bersamaan dan kondisi lingkungan (air dan atmosfer) adalah sama. Perbedaan posisi horisontal hasil pengukuran dengan kedua metode beserta analisisnya akan dijelaskan lebih lanjut selanjutnya.

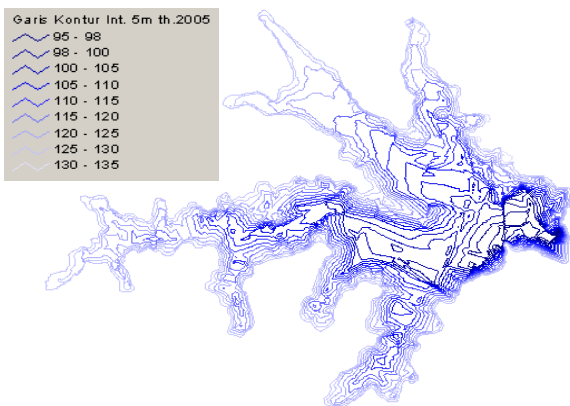


Gambar 3.a. Garis kontur dasar waduk tahun 2010, dukur dengan metode Differential-Realtime;



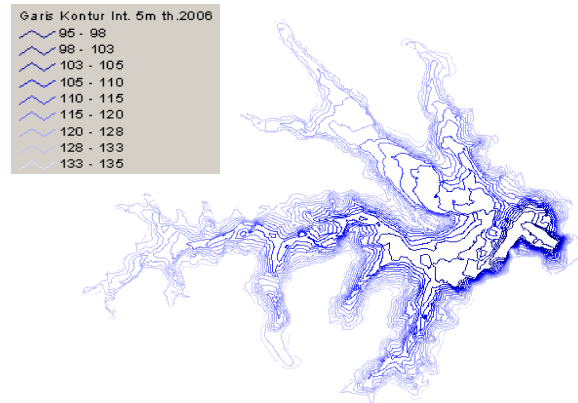
Gambar 3.b. Garis kontur dasar waduk tahun 2010, diukur dengan metode Absolute-Realtime.

4.4. Perhitungan Luas dan Volume Air



Gambar 4.a. Garis kontur dasar waduk tahun 2005.

Luas dan volume air waduk hasil pengukuran diketahui dengan melakukan hitungan menggunakan metode numerik untuk luas dan volume. Hasil perhitungan secara lengkap disajikan pada Tabel 1, sedangkan model dasar permukaan waduk Sermo pada tahun 2005 dan 2006 disajikan pada Gambar 4.a. dan Gambar 4.b.



Gambar 4.a. Garis kontur dasar waduk tahun 2005.

Berdasarkan hasil yang disajikan pada Tabel 1 menunjukkan bahwa luas permukaan air pada ketinggian 135 meter dari tahun ke tahun mengalami perubahan. Dari tahun 2005 ke tahun berikutnya nampak terjadi penambahan luas permukaan air. Artinya terjadi pelebaran/perluasan tubuh bendungan. Hal ini sangat memungkinkan karena longornya beberapa tebing di tepi waduk. Apabila kita perhatikan juga, meskipun luas mengalami penambahan, tetapi volume air mengalami penyusutan. Bisa jadi longoran tebing waduk tersebut mengisi dasar waduk serta aliran air sungai dan air hujan dari sekitar waduk berkumpul di dalam waduk. Akibatnya kondisi dasar waduk semakin dangkal dan volume dan kapasitas tampungan waduk Sermo semakin berkurang.

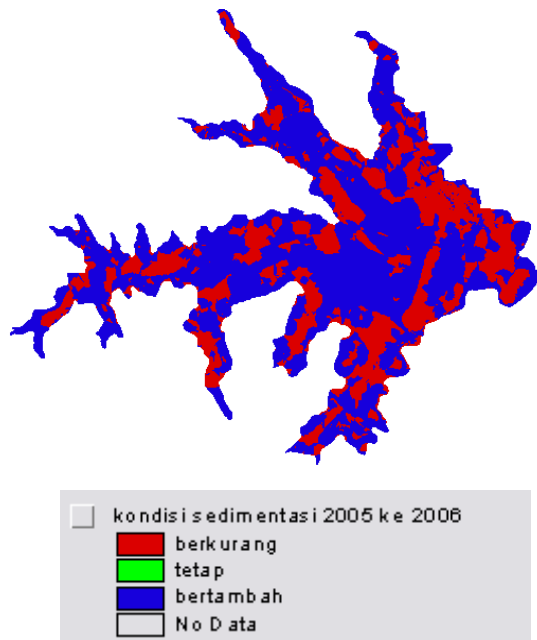
Tabel 1. Data hasil perhitungan luas dan volumen air waduk Sermo.

tahun pengukuran	2005	2006	2010
ketinggian minimum (m)	92.95	93.8	99.633
ketinggian muka air (m)	135	135	135
luas permukaan air (m ²)	1335729.471	1411260.896	1427444.404
volume air (m ³)	22274771.5	21505559.61	18050370.24

4.5. Evaluasi Endapan dan Persebarannya

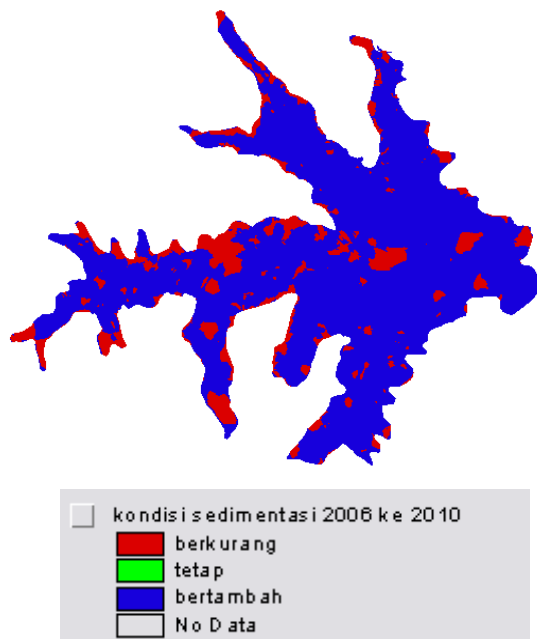
Proses sedimentasi waduk adalah suatu proses perubahan permukaan dasar waduk sebagai akibat penumpukan material yang terbawa oleh air

permukaan kedalam waduk. Perubahan permukaan dasar waduk dapat dievaluasi berdasarkan data permukaan dasar waduk yang diukur pada beberapa waktu yang berbeda, (Cahyono, B.K., 2009).

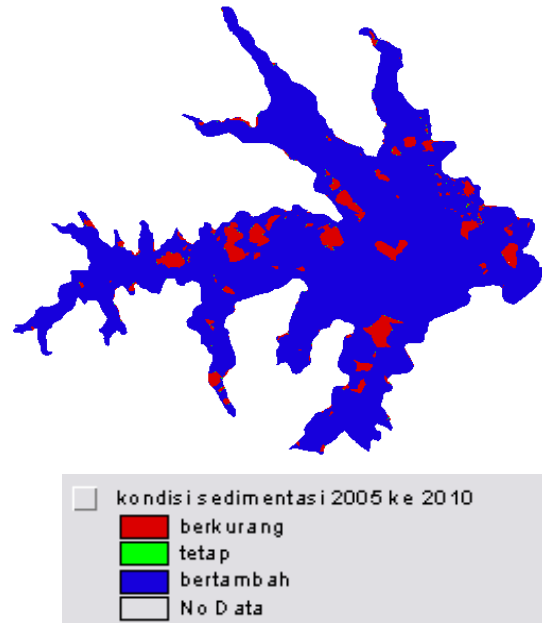


Gambar 5.a. Sebaran sedimentasi tahun 2005-2006.

Dalam penelitian ini evaluasi dilakukan dengan menggunakan data dasar permukaan waduk hasil pengukuran tahun 2010, 2006, serta 2005. Hasil evaluasi sebaran endapan disajikan pada Gambar 5.a, Gambar 5.b, dan Gambar 5.c. Lokasi dan ketebalan endapan diperoleh dengan cara melakukan analisis spasial berdasarkan data permukaan dasar waduk ketiga tahun yang ada.



Gambar 5. b. Distribusi sedimentasi tahun 2006-2010.



Gambar 5.c. Sebaran Endapan tahun 2005-2010.

Hasil hitungan volume sedimentasi yang terjadi (disajikan pada Tabel 2), didasarkan pada perhitungan volume air dan kondisi model dasar waduk. Berdasarkan data pada Tabel 2 tersebut, bahwa selama kurun waktu 5 tahun (2005 ke 2010) terjadi sedimentasi pada dasar waduk sebanyak 4.2juta m³.

Tabel 2. Data hasil perhitungan sedimentasi yang terjadi berdasarkan data th. 2005, 2006, dan 2010

sedimentasi	2005-2006	2005-2010	2006-2010
	(m3)	(m3)	(m3)
	769211.894	4224401.264	3455189.37

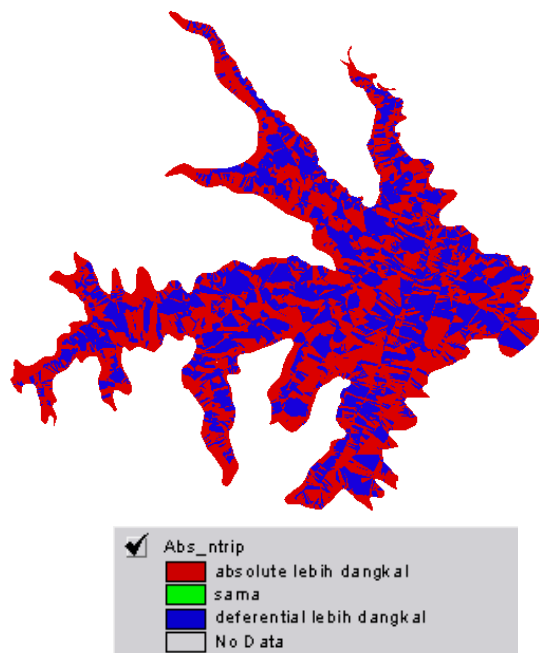
4.6. Perbandingan Penentuan Posisi Menggunakan Metode Deferential-realtime dan Metode Absolute-realtime

Perbandingan terhadap data hasil pengukuran menggunakan kedua metode tersebut, dilakukan dengan cara menghitung perbedaan ke arah easting, dan northing. Hal ini dilakukan dengan asumsi bahwa perbedaan yang terjadi hanyalah diakibatkan oleh perbedaan metode yang digunakan. Besarnya perbedaan dan perhitungan statistik sederhana disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan perbandingan penentuan posisi akibat penggunaan metode yang berbeda

	dif. easting	dif. northing	dif. distance
number-of-points	457	457	457
maximum	3.000	5.000	5.385
minimum	-3.000	-3.000	1.000
deviation standard	1.331	1.424	0.927
absolute mean error	1.042	2.381	2.757
root mean square erro	1.335	2.584	2.909

Penggunaan metode *deferential-realtime* pada alat setingkat GPS *handheld* yang diberikan koreksi RTCM 2.0 ternyata bisa meningkatkan ketelitian secara signifikan. Akibat dari penggunaan metode penentuan posisi yang berbeda, ternyata menghasilkan perbedaan dalam model dasar waduk yang dihasilkan, perbedaan tersebut bisa diperhatikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Perbedaan model yang dihasilkan dari data pengukuran menggunakan metode *deferential-realtime* dan *absolute-realtime*.

Merujuk pada Tabel 3, diketahui bahwa perbedaan absolut kearah Timur-Barat adalah sebesar 1.042 m, ke arah Utara-Selatan sebesar 2.381 m, sedangkan perbedaan jarak secara liniernya sebesar 2.757 m. Perbedaan yang terjadi sebenarnya bisa dikategorikan “kecil” karena hanya sekitar 3 m saja. Hal ini disebabkan karena pengukuran dilakukan pada kondisi atmosfer yang cukup bagus dan obstruksi yang hampir tidak ada, sehingga kesalahan

positioning maksimum saat pengukuran bisa mencapai 5 m di tengah waduk. Sedangkan di tepi waduk bisa mencapai 8 m.

Gambar 6 menunjukkan bahwa kondisi dasar waduk berdasarkan data hasil pengukuran dengan metode penentuan posisi horizontal yang berbeda (*absolute-realtime* dan *deferential-realtime*) ternyata menghasilkan model dasar waduk yang berbeda pula. Meskipun dalam hal ini perbedaan elevasi dasar waduk hanya memiliki perbedaan yang kecil saja. Perbedaan yang ada menunjukkan bahwa kesalahan penentuan posisi horisontal akan mengakibatkan perbedaan model waduk yang dihasilkan.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pengukuran bathymetry yang telah dilakukan dengan metode penentuan posisi horisontal menggunakan GPS *absolute-realtime* dan GPS *deferential-realtime* menghasilkan bentuk model dasar permukaan waduk dan garis kontur yang berbeda. Hal ini diakibatkan karena kesalahan penentuan posisi horisontal, meskipun data kedalamannya sama. Perbedaan absolut kearah Easting adalah sebesar 1.042 meter, kearah Northing sebesar 2.381 meter, sedangkan perbedaan jarak liniernya sebesar 2.757 meter
2. Perubahan sedimentasi yang ada dari tahun 2005, 2006, ke 2010 menunjukkan adanya perubahan sedimentasi yang ada. Dari tahun 2005 ke 2006 terjadi sedimentasi sebesar 0.769 juta m³. Sedimentasi antara tahun 2006 ke tahun 2005 sebesar 3.455 juta m³. Sedangkan antara tahun 2005 ke 2010 sebesar 4.224 juta m³.
3. Berdasarkan data luas dan volume waduk, nampak terjadi penambahan luas permukaan air tetapi volume air mengalami penyusutan. Hal ini mungkin terjadi karena longsornya beberapa tebing di tepi waduk, yang kemudian longsoran tersebut mengisi dasar waduk. Akibatnya kondisi dasar waduk semakin dangkal dan volume dan kapasitas tampungan waduk Sermo semakin berkurang.

Dari hasil yang telah didapatkan diharapkan penelitian selanjutnya terkait dengan perbaikan maneuver wahana survey, serta pengurangan laju sedimentasi perlu untuk dilakukan.

Ucapan Terimakasih

Dalam paper ini, penulis tidak lupa untuk mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan dan kerjasama baik secara materi, data, maupun

tenaga. Rasa terimakasih yang tak terkira penulis sampaikan kepada:

1. Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, yang telah memberikan dana untuk penelitian ini sehingga penelitian ini bisa diselesaikan dengan baik.
2. Abdul Basith, ST., M.Si., Ph.D. dan Ir. Parseno, MT. yang telah memberikan data hasil pengukuran bersama penulis di tahun 2005 dan 2006.
3. Muzayyin Mahbub, ST., Yesia Nanda W. Premana, ST., Aditya Yan P., ST. yang telah membantu penulis pada saat pengumpulan data lapangan.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2006, *Pengembangan waduk Sermo sebagai obyek wisata tirta, olah raga dan wisata alam*, www.kulonprogo.go.id, (akses tanggal 24 Februari 2010).
- Anonim, 2005, *Waduk Sermo Terancam Jadi Kubangan Lumpur*, www.kompas.co.id, (akses tanggal 24 Februari 2010).
- Basith, A., dkk., 2005, *Pengukuran Batimetri Waduk Sermo epoch Pertama menggunakan Echosounder tipe Fish Finder*, Media Teknik, Yogyakarta.
- Cahyono, BK., dkk., 2009, *Pemantauan Perubahan Kedalaman dan Persebaran Sedimentasi Bendungan Berdasarkan Data Pengukuran Batimetri*, Prosiding FIT-ISI 2009, Semarang.
- Kavanagh, B. F., 1997, *Surveying with construction application*, Prentice Hall, second education, New Jersey.
- IHO, 2008, *IHO Standards For Hydrographic Surveys Special Publication No. 44*, 5th Edition, the International Hydrographic Bureau, MONACO.
- BSN, 2010, SNI No 7646: 2010 *Pengukuran Hidrografi menggunakan Singlebeam Echosounder*, ICS 07.040, Badan Standarisasi Nasional, Jakarta.

Artificial Neural Network Analysis for Landslide Susceptibility Modeling in Karanganyar Regency

Faus Tinus Handi Feryandi^a, Albert Remke^b, Jorge Mateu^c, Pedro Cabral^d

^a Direktorat Pemetaan Dasar BPNRI

Jln. Kuningan Barat I No. 1 Jakarta Selatan, Telp. 0215202328,

Email: faustinushandi@bpn.go.id and faustinushandi@yahoo.com

^b Associate Professor Institute for Geoinformatic, University of Muenster, Germany

^c Full Professor at Geospatial Technologies Programme, Universitat Jaume I - Spain

^d Associate Professor at Universidade Nova de Lisboa, Portugal

Abstract

Disaster management requires spatial information as a backbone of preparedness and mitigation process. In that context, an assessment of landslide susceptibility becomes essential in an area that is prone to landslide due to its geographical condition. The Tawangmangu, Jenawi and Ngargoyoso Subdistric in Karanganyar Regency is the one of such areas, and is the area most frequently hit by landslides in the Central Java Province of Indonesia. In this research, a data-driven method was applied to examine landslide susceptibility in that area: Multi-layer Perceptron Artificial Neural Network (ANN). ANN is categorized as a data-driven method due to the involvement of landslide inventory. Eight site-specific available and commonly used landslide influencing factors (slope, aspect, topographical shape, curvature, lithology, land use, distance to road and distance to river) were preprocessed in a GIS environment and then analyzed using statistical and GIS tools to understand the relationship and significance of each to landslide occurrence, and to generate landslide a susceptibility map. The research employed degree of fit and Receiving Operating Characteristic (ROC) to assess the model's performance. The region was mapped into five landslide susceptibility classes: very low, low, moderate, high and very high class. The result also showed that curvature, topographical shape and lithology are the three most influential factors (i.e., significant in controlling the landslide to take place).

Keywords: Artificial Neural Network (ANN), landslide susceptibility, modeling

Introduction

Background dan motivation

According to Crozier and Glade (2005), hazards are defined as processes and situation, which have potential to bring about damages, losses or other adverse effects to valued attribute of humankind. Hazards may cause losses of life or injuries, property damages, social and economic disruptions or environmental damages. One of the common natural hazards is landslide that is defined as "the movement of a mass of rock, debris, or earth down a slope" (Cruden, 1991). The movement happens because of natural occurrences, human activities or a combination of both that causes slope's instability.

As located in the equatorial area, which brings more than six months rainy season, diverse soil lithology characteristic and land cover, as well as diverse topographical relief, some parts in Indonesia could easily experience landslides. The statistical data from

Indonesian National Agency for Disaster Management (BNPB) shows that in 2008, about 11% of the total disaster events in Indonesia were landslides that caused lots of damages (BNPB, 2008).

Hadmoko et al. (2010) stated that during 1990–2005 there were 1.508 landslide occurrences that hit Java Island, the most mountainous and densest island in Indonesia. Those events damaged 8.682 houses, 3.017 hectares of agriculture areas, and 9.939 meters road.

Economic losses were estimated around 18.040.450 euro. One of the most severe landslide occurrences was the one that hit 14 subdistricts in Karanganyar Regency, Central Java, in December 27th, 2007, caused 64 death tolls and damaged hundred houses and public facilities (PVMBG, 2007).

Regarding the aforementioned facts above, it is really important to reduce the risk of landslide event by doing preparedness, mitigation and risk planning in

the region where historically known as the vulnerable area such as Karanganyar Regency.

Those activities need landslide susceptibility assessment.

According to Fell et al. (2008), landslide susceptibility assessment is a quantitative or qualitative assessment of landslide spatial distribution that exists or potentially may occur in an area. This activity involves an analysis of environmental variables or factors that contribute to the events to take place, triggering factors that activate, and also a zoning process of susceptible area based on certain classifications. In short words, susceptibility is a function of landslide and its causative factors.

Practically, in recent years landslide susceptibility assessment and mapping make use of statistical and geospatial tools e.g., Geographical Information System (GIS), Remote Sensing (RS), Global Positioning System (GPS) for handling spatial data in order to make better assessment (Van Westen et al., 2008).

There are many methods to assess landslide susceptibility. Ayalew et al. (2005) differentiate landslide susceptibility methods into three big groups: semiquantitative, quantitative and hybrid. Examples of semi-qualitative methods are Simple Ranking and Rating and Analytical Hierarchy Process (AHP). Quantitative methods group could be divided into Process-based, Statistical (bivariate statistical analysis and multivariate statistical analysis: discriminant and logistic regression), and Training and Membership-based (Artificial Neural Network and Fuzzy). The last group, hybrid method, is a combination of the previous two groups e.g., the combination of bivariate statistical analysis and AHP.

The semi qualitative method is also known as heuristic method. According to Caniani et al. (2008), this method is categorized as knowledge-based assessment because it is leaning its semi-qualitative analysis based on literatures, expert opinions or previous researches to assess influencing factors. The factors are classified, integrated and weighted based on their importance using a decision rules mechanism (Lei and Jing-feng, 2006). One underlying assumption embedded to this approach is that the relationship between landslide susceptibility and the influencing factors has been recognized already. Although its limitation concerned the subjectivity, in areas where do not have a reliable landslide events record, this approach is useful. There were researchers who worked on this method e.g., Ruff and Czurda (2008), Abella and Van Westen (2008), Hadmoko et al. (2010), Wati (2010), and Wahono (2010), just to mention a few of many.

Accord with its name, quantitative methods applies

more quantitative assessment. Commonly, quantitative methods use landslide inventory (i.e., records of landslide) in the analysis. This inclusion makes these methods are called data-driven methods.

Two widely used methods are statistical method and artificial neural network (ANN). Statistical methods lean their analysis based on numerical expressions of the relationship between influencing factors and landslides statistically. In bivariate analysis, it could be achieved by calculating landslide occurrence frequency or density. In multivariate analyses, for example in logistic regression, the correlation of all factors and the recorded landslide events is further elaborated by finding the coefficient and significance of each factors simultaneously. In this approach, the weights from density analysis could be treated as the value of predictor variables in logistic regression analysis (Lei and Jing-feng, 2006; Ayalew and Yamagishi, 2005). Dai et al. (2001), Borsevski (2001), Lee (2005), Muhiyudin et al. (2004), Pradhan (2010) are other several researches that used such analysis.

ANN is a relatively new approach in landslide susceptibility analysis (Lei and Jingfeng, 2006). One of its modules is multi-layer perceptron (MLP). This approach concerns towards interconnectivity among layers by creating hidden and output layers. It learns from experience via samples of past landslides; then performs forecast of events (Gomez and Kavzoglu, 2005). Nowadays, statistical programs (e.g., PASW, abbreviation of Predictive Analytics Software) also provide this kind of module and could give an importance value of each variable. This method was used by Caniani et al. (2008), Pradhan and Lee (2010), Nefeslioglu et al. (2008), and Melchiorre et al. (2008).

Fundamental concepts about landslide assessment are “the past and present are the keys to the future” (Carrara et al., 1991; Hadmoko et al., 2010), the main conditions that cause landslide can be identified, and the degree of susceptibility can be estimated (Chacon et al., 2006). Therefore, it is assumed that in some areas, which have landslides record in the past, the possibility of the events to take place again is bigger if the influencing or environmental factors (slope, curvature, geology and so forth) there are still similar or do not change significantly (Van Westen et al., 2006). In that context, data-driven methods, which include landslides inventory in their analyses, are really useful as prediction approach for landslide assessment.

In Karanganyar Regency, implementation of data-driven methods using landslide inventory to assess landslide susceptibility, so far, not yet ever be applied. Though in the field work the occurrences were collected, Wati (2010) just produced landslide

susceptibility map by using heuristic method (i.e., no involvement of landslide occurrences) because the main focus of her research was land capability assessment. Wati's study area was only confined to one sub district, Tawangmangu.

Therefore, it is worthwhile to implement ANN, as a data driven method. Moreover, this research is expected not only to produce spatial information (i.e., the landslide susceptibility maps for land use planning) but also to investigate ANN model performance in the study area.

Research objectives

Based on the research background, the general objective of this research is to assess landslide susceptibility in the Tawangmangu, Ngargoyoso and Jenawi Subdistrict in Karanganyar Regency at medium scale using ANN. The objective could be specified as follows:

1. To generate landslide susceptibility model in order to know landslide susceptible areas distribution;
2. To analyze the factors/variables that influence landslides to take place;
3. To investigate the performance of the models based on success-analysis degree of fit and the cutoff-independent performance criteria's Receiving Operating Characteristic (ROC) curve;

Research questions

To approach the objectives several research questions were proposed:

1. What are the factors used to build model?
2. How to assign weight for each factor?
3. What are the most influencing factors?
4. Which parts are susceptible in the study area?
5. How do degree of fit and ROC curve show model performance?
6. How do the methods interact with the datasets?

Research area

The study area is located in three subdistricts of Karanganyar Regency: Tawangmangu, Ngargoyoso and Jenawi in Central Java Province, Indonesia (Figure 1). It covers 174,13 km², within latitudes 70030'40"S to 70035'16"S and longitudes 111007'15"E to 111011'41"E. Based on historical records of landslide, those sub districts are the most often hit by landslide among 17 subdistricts inside Karanganyar Regency.

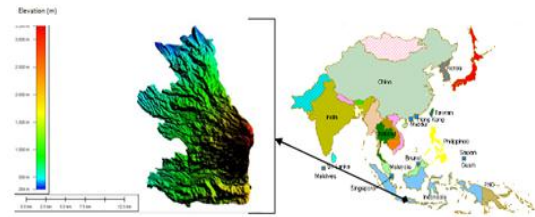


Figure 1. Overview of the study area: the scaled STRM 30m appearance of study area and the unscaled map of Indonesia (source: Forensic Services, 2010)

Data

Landslide and landslide inventory

Landslide inventory is a dataset about landslide occurrences in any certain area. It gives insight into landslide phenomena locations, date, type, volume and damages (Van Westen et al., 2008). Landslides are normally appeared as area or point forms.

If there is an aerial photo or high resolution satellite imagery with respect to the occurrence time frame, landslides could be formed as areas because delineation process could be done. However, such materials are not available for the area of interest. It makes the presentation of landslide events is only in points, but next, for technical matter, becoming the buffered areas. In this research, landslides are spreading over 74 locations in three subdistricts (Figure 2).

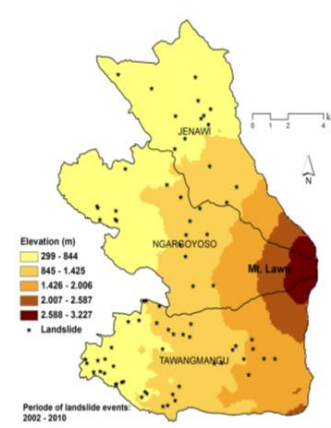


Figure 2. Distribution of the landslide occurrences in the study area at different elevation

Jenawi Subdistrict has 14 occurrences (18,92%); Ngargoyoso has 18 occurrences (24,32%); Tawangmangu has 42 occurrences (56,76%). These occurrences are compilation from various sources: the field record from Wati (2010), reports from PVMBG (2007) and local newspapers. The occurrences were the events that happened during a period from 2002 till 2010.

There are several types of landslides: slide, topple, fall, spread, flow and complex (Highland and

Bobrowsky, 2008). Slide occurs on surfaces of rupture from intense shear strain; its movement does not initially occur simultaneously. Topple occurs in forward rotations at a point or axis below the center of the displaced mass. It easily happens in the very steep slope. Fall happens in a material detachment along the surface on which little or no shear displacement has occurred. The occurrence is called flow if the movement is continuous. Flows often happen after slide happened. Spread is a subsidence of the fractured mass of cohesive material into softer underlying material. A landslide could be in complex type if it is a combination of the previous landslides. Landslide types are shown in Figure 3.

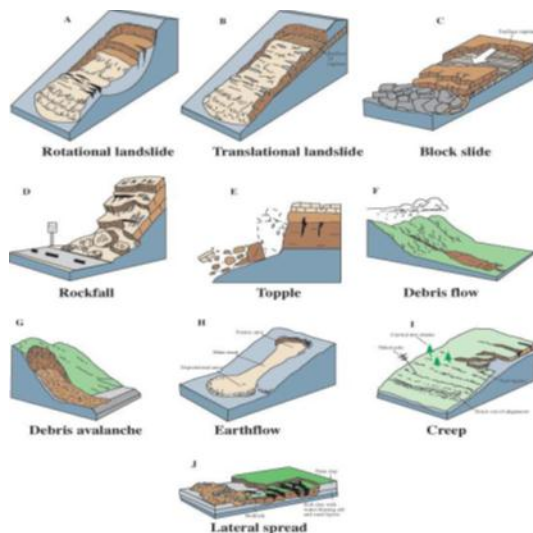


Figure 3. Landslide types (USGS, 2004)

The landslide inventory does not have landslides type differentiation. It makes this research considers that characteristics of each type in the analysis are similar. As result, there is no differentiation of events in model building process. According to Chacon et al. (2006), in regional scale assessment it is still acceptable as the required accuracy is not high, and the map is generally not aimed as an accurate predictive medium.

Influencing factors

Influencing factors (also called variables) are the causes of slope proneness in any certain area, which influence landslide to take place. According to Ayalew et al. (2005), in a GIS-based analysis, to choose influencing factors or variables one has to be sure that the selected factors are operational (have a certain degree of affinity with landslides), complete (fairly represented all over the study area), non-uniform (varies spatially), and measurable (have measurement level).

Practically, Soeters and Van Westen (1996) observed that there are five dataset groups that are commonly used to assess landslide susceptibility:

- Geomorphology, for instances geomorphological sub unit, land form
- Topography or morphology, for instances digital terrain model and its derivation (slope, aspect, curvature)
- Geology or engineering geology, for instances lithology, material of sequences
- Land use
- Hydrology, for instances proximity to drainage, catchment areas, temperature, evaporation, rainfall

Another classification, as proposed by Cruden and Varnes (1996), considered landslide influencing factors into four big groups:

- Geological factors such as weak material, sensitive material, sheared material, jointed or fissured material, aversely oriented structural discontinuity, weathered material;
- Morphological factors such as slope, angle, uplift (tectonic or volcanic), erosion (fluvial, glacial, wave), rebound;
- Physical factors such as intense rainfall, rapid snow melt, earthquakes, rapid draw down floods and tidal, volcanic eruptions;
- Human-induced factors such as excavation of slope, land use, land use/cover change (e.g., deforestation), loading, irrigation, mining.

Cruden and Varnes (1996) also regrouped factors into preparatory and triggering factors. Preparatory factors are usual causal factors as mentioned before. If the causes happen as the events that initiate landslides, they are called triggering factors. Heavy or prolonged rainfall, seismic activities such as volcano eruption and earthquake could be categorized as triggering factors. Normally landslides can have many causes but can only have one trigger.

The usage of factors can vary according to the specific conditions of an area (Jimenez-Peralvez, 2009). The area in this research is mountainous (not flat), so the availability of topography and morphology factors is important. Land use in the area is also heterogeneous, and there are many small rivers all over the area. As consequence, the factors related to human-induced and hydrology should be included.

Though not all related factors could be partaken because of unavailability matter, this research still employs some relevant factors that are scientifically important and universally used (Table 1):

- Slope, aspect, and curvature as the factors of topographical group;
- Topographical shape (land form) as a factor of geomorphologic group;
- Land use and distance to road as the factors of human-induced group;
- Lithology as a factor of geology group;
- Distance to river as a factor of hydrology group.

Table 1. Influencing factors

No	Group	Factors	Source
1	Topographic	Slope	DEM extracted from the height information of Topographic Map at the scale of 1:25.000 (25K). Source: National Coordinating Agency for Surveys and Mapping (Bakosurtanal)
2		Aspect	DEM extracted from the height information of Topographic Map 25K. Source: Bakosurtanal
3		Curvature	SRTM 30m
4	Geomorphologic	Topographical shape	SRTM 30m
5	Geology	Lithology	Geology Map 100K Source: Indonesian Geological Research and Development Center
6	Human-induced	Land use	Land use layer from Topographic Map 25K Source: Bakosurtanal
7		Distance to road	Road layer from Topographic Map 25K Source: Bakosurtanal
8	Hydrology	Distance to river	River layer from Topographic Map 25K Source: Bakosurtanal

Slope is one of the most important factors and should be available. Almost all researches use this factor. Slope stability (or failure) is considered as the main cause that drives landslides. Because slope is derived from elevation, this research does not include elevation as its variable.

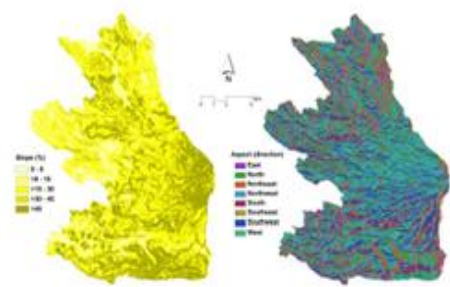


Figure 4. Categorization of Slope (left) and Aspect (right)

Lithology, same as slope, is the most universal determinant factor in most stability studies. By having lithology, general geologic conditions could be assessed as each class in a lithology map reflects unique material characteristics.

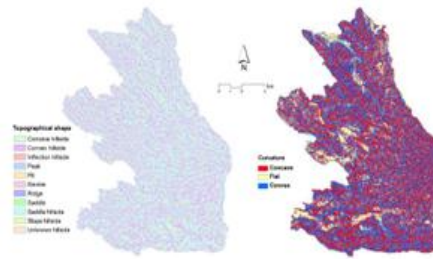


Figure 5. Categorization of Topographical shape (left) and Curvature (right)

Although lithology has the lowest scale (100K: the biggest available scale of Indonesian Geological Map in the study area) that could affect the discriminatory power, it is better to keep using it. The study area is located nearby Mount Lawu and much influenced by Lawu Land System. This situation makes the area has unique lithology condition.

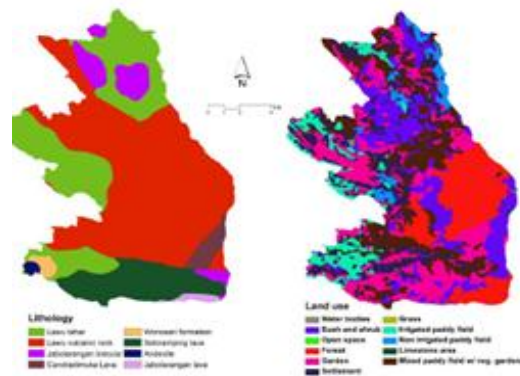


Figure 6. Categorization of Lithology (left) and Land use (right)

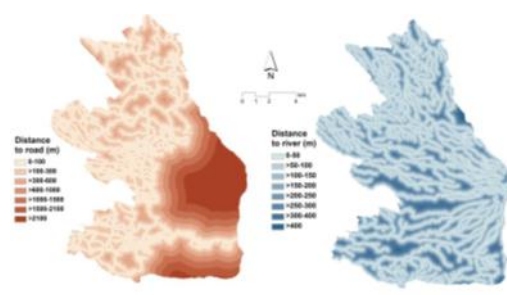


Figure 7. Categorization of Distance to road (left) and Distance to river (right)

Land use and distance to road are the most commonly used human-induced factors. Both are often used to assess susceptibility in the areas that have a lot of settlements. By having them in the analysis, this research also calculates the factual influence of human activities.

There are some other relevant factors such as soil type and distance to fault. As mentioned before,

unfortunately there are no proper datasets regarding these factors available in the study area. Another missing factor is rainfall, a factor that is related with precipitation and often triggers landslides to occur. It is an important variable because, as shown in the landslide records database, landslides occurred more frequent in the rainy season from September to March, after heavy or prolonged rainfall. Without rainfall data, to involve the precipitation influence, this research still can use aspect as an indirect rainfall indicator. But, still the absence of rainfall makes this research cannot involve triggering factors to determine susceptibility, a condition that is also shown by other researches such as Wati (2010), Hadmoko et al. (2010), Wahono (2010), Ayalew and Yamagishi (2005), Gomez and Kavzoglu (2005).

In spatial modeling, it is generally true that the more factor the better model. Every single contribution of potential factors could be calculated to build the model. Nevertheless, the quantity is not always the case. Statistically, there are other conditions such as correlation and significance among factors that influence the quality. According to Soeters and Westen (1996), it may also not really necessary to include all causal variables because in nature landslides are actually caused only by several certain factors that being dominant in the area of interest. According to Kristijono et al. (2008), which assessed the December 2007's landslide events in Tawangmangu Subdistrict, land use and geology presumably behaved as the main factors.

During the period of occurrence, the influencing factors are considered constant or under the same condition throughout the study area and through time (i.e., not dependent on time). Because of no temporal engagement, this research is a nontemporal assessment.

The factors have two forms: discrete (nominal) and continuous. Lithology, land use and topographical shape are discrete variables whereas slope, aspect, curvature, distance to road and distance to river are continuous variables. In data-driven methods, discrete variables are still categorized into classes but to maintain continuity, there is no categorization applied toward continuous variables (Van Den Eeckhaut et al., 2006; Lei and Jing-feng, 2007).

They were then preprocessed by means of GIS. Although the factors are multi scale and multi format, the final form of each factor is uniform: raster grid 30m following SRTM's grid size, WGS84 datum, and UTM 49S map projection. By using 30m grid, this research wants to keep the usage of high resolution "power" (as given by slope, curvature, topographical shape, aspect and land use) instead of reducing the grid size to approach lower resolution measure, which only belongs to lithology.

Methodology

Multi-layer perceptron

Artificial neural network is a computational model that attempts to mimic biological neural networks or human brain mechanism in making prediction (Gomez and Kavzoglu, 2005). ANN is an adaptive model. It can learn or update the system internal representation as responses to the stimuli in iteration processes, so that the performance of a specific task is improved. Its learning process is function of learning algorithm that can define how network synaptic weights (interneuron connection strengths) are adjusted between successive training cycles. The network is outlined as layers and interconnection (Figure 8).

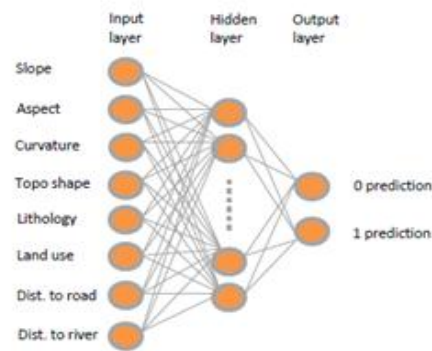


Figure 8. Neural network schema in landslide susceptibility assessment

The input layer contains the predictors (influencing factors). The hidden layer contains unobservable nodes, or units whose values are some functions of the predictor given by the process. The output layer contains responses. Each output unit is some function of the hidden units. In neural network procedures, the form of the function depends in part upon the network type and in part upon usercontrollable specifications (SPSS Technical Support, 2010).

There are two common ANN architecture or topology viz. feed-forward and recurrent neural network (Rios, 2010). In feed-forward architecture, connections in a network flow forward from input layers to output layers without any feedback loops whereas there are loops in a recurrent neural network. This research uses feedforward Multi-layer Perceptron (MLP).

MLP consists of multiple layers of nodes. One layer is connected to the next. MLP utilizes a supervised learning technique. As explained by Rios (2010), it means the network is trained by providing it with input and matching output patterns. The pattern can be created by an external teacher, or provided by the system/software (self-supervised). The technique itself is called back-propagation as an abbreviation of backwards propagation of error. In this propagation,

the iteration has two basic movements (Gomez and Kavzoglu, 2005): forward movement that will present the input pattern and backward error correction movement that will deliver back the error from the output toward input via intermediate layers in order to adjust the synaptic weight and reduce the error. It means the process tries to find the model that has minimum error, or the error has achieved the acceptable level between the desired and actual output values. This level can be set by iteration times or threshold value.

Regarding landslide susceptibility assessment, multi-layer perceptron (MLP) is more appropriate than single layer perceptron because of the existence of intermediate (or hidden) layers in between input layers and output layers. Hidden layers can accommodate non-linearity so the model can solve the nonlinear classification. Basically, there are two phases in artificial neural network: training and testing phase (Pradhan and Lee, 2010). Before running MLP on those two phases, there are some parameters that must be set up in order to complete the model architecture.

Those parameters are composition of training set and testing set, number of hidden layers, activation function, type of training, initial learning rate, momentum, stopping rules and iteration times. The training set is used in the training phase to train the network and produce internal weight. The testing set is a set used to track prediction error during training in order to prevent overtraining (SPSS Technical Support, 2010). The testing set is not the same with the training sets, and the software can choose them differently. A testing phase is also called a classification phase.

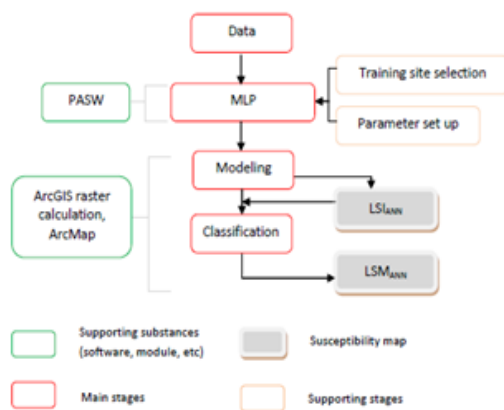


Figure 9. Diagram of artificial neural network process

To conduct MLP analysis, this research applies PASW. Besides giving a classification table for each categorical response variable, ANN process also gives pseudoprobabilities values for each dependent variable category, and the importance of predictor variables (SPSS, 2009). Lee et al. (2003) used the pseudo-probabilities, whereas Pradhan and Lee

(2010), Chauchan et al. (2008) used the importance to develop landslide susceptibility index. This research employs both and then selects one that could give better result.

LSI map was created in ArcGIS. Then, the ANN LSI map was classified using the same procedure with heuristic and statistical methods. Figure 9 illustrates the work flow.

Performance analysis

The next step after gaining landslide susceptibility model is to evaluate its performance by measuring prediction accuracy, which is achieved by analyzing the agreement between the results and the observed data/landslide occurrences (Fratinni et al., 2010). There are two basic concepts to assess models performance: using success analysis and predictive analysis.

As mentioned by Van Den Eeckhaut et al. (2010), success analysis uses the same landslide occurrences (often called as calibration set) with the ones used to build the model. It makes this analysis is occasionally called as calibration analysis. Another one, predictive power analysis, uses the different landslide occurrence dataset (often called as validation set) with the one that is used to build models. Because of that, in some literatures, it is called validation analysis. This research only implements success-performance analysis because the number of landslide occurrence is small and cannot be divided into two different sets, i.e. calibration and validation set.

This research applies degree of fit and goes deeper by conducting Receiving Operating Characteristic (ROC) analysis. Degree of fit analysis compares or crosses landslide inventory with LSM (Jimenez-Peralvarez et al., 2009). It is applied toward each class of susceptibility map and is not toward each class of influencing factor. Degree of fit analyses was conducted by means of ILWIS. Regarding this, the LSM must be exported into ASCII file (.asc) in order to be read.

ROC analysis is one of the most common approaches used to assess landslide susceptibility model performance, such as explored by Frattini et al. (2010), Jadda et al. (2009), Van den Eeckhaut et al. (2006), Mancini et al. (2010). The technique evaluates the performance of classification schemes in which there is dependent variable with two categories by which subjects are classified (based on a cutoff value). Because of that, this technique is appropriate to be applied for ANN, the method that using binary response in their classification. ROC analysis gives area under curve (AUC) that can be used as a metric to assess the overall quality of a model (Frattini et al., 2010). Larger AUC indicates

better performance. Graphically, it is showed by the curve closer to the upper-left corner.

ROC analysis was applied by means of PASW. For ANN, the software calculates ROC curve using pseudo-probabilities values that are derived from the prediction process. These values are based on the combined training and testing samples used to build the model.

ROC analysis can give an explanatory power of a model using two operating characteristics in the contingency test of binary classifier: TPR and FPR (Fawcett, 2004). TPR (True Positive Rate) or sensitivity shows the correct classifying positive instances among all positive cases. FPR (False Positive Rate), on the other hand, defines how many incorrect positive results occur among all negative cases available during the test. FPR is calculated based on the specificity, a measure of negative proportion that are correctly identified ($FPR = 1 - \text{specificity}$). Hence, ROC curve is a graphical plot of sensitivity and $(1 - \text{specificity})$.

Results and Discussion

While deploying ANN, the original and normalized dataset (by formula $(\text{data}) - \text{mean}(\text{data}) / \text{standard deviation}(\text{data})$) were tested in advance. As result, the normalized dataset give better outcome (based on percent correct prediction), so it was chosen in the process. Prior setting up of parameter must be determined while running ANN. To get optimum result, which is indicated by correct classification value, the setting process was done three times by changing the partition and the order of predictor variables. In its training process, ANN is sensitive to variable order because every different order gives different pattern of initial synaptic values, which can affect the whole process. Table 2 shows the neural network setting in this research.

ANN could divide samples into training, testing and holdout partition. A network will generally be most efficient if testing samples are smaller than training samples.

Because of that, this research implements the partition architecture as shown by Table 2. The third dataset, holdout partition, is an independent dataset. It gives the “honest” estimate of predictive ability, as holdout data is not used to build the model in the previous steps. Small percentage of holdout incorrect prediction indicates that the network provides better result.

Table 2. ANN setting in this research

Partition	50% training (6) 33,3% test (4) 16,67 holdout (2)
Type of training	Batch
Optimization Algorithm	Scaled conjugate gradient
Training:	
- Initial Lambda	0,00000005
- Initial Sigma	0,00005
- Interval center	0
- Interval offset	+0,5
Stopping rules:	
- Max training epoch	Automatically
- Max training time	15 minutes
- Min rel. change in train error	0,0001
Data to use computing pred. error	Automatically

This research applies batch training module when employing information from all records in the training dataset. The module updates the synaptic weights after passing all training data record. It is preferred because it directly minimizes the total error and can update the weights many times until the stopping rule is met. For the usage of big dataset, batch training method is not really appropriate because of time consuming process. However, this research only uses small dataset, so batch method is more useful rather than online (use one record at a time) or mini-batch (use group record at a time). The online method is useful for large dataset whereas mini-batch is for “medium-size” dataset. ANN PASW names discrete variables as factors and continuous variables as covariates (Table 3).

Table 3. Network information

Input Layer	Factors	1	Lithology
		2	Landuse
		3	Toposhape
	Covariates	1	Slope
		2	Aspect
		3	Curvature
		4	Disttoroad
		5	Disttoriver
	Number of Units ^a		24
	Rescaling Method for Covariates		Normalized
Hidden Layer(s)	Number of Hidden Layers		1
	Number of Units in Hidden Layer 1 ^a		5
	Activation Function		Hyperbolic tangent
Output Layer	Dependent Variables	1	Landslide
	Number of Units		2
	Activation Function		Softmax
	Error Function		Sum of Squares

a. Excluding the bias unit

While using pseudo-probability values in determining landslide susceptibility, the whole area or the whole pixels should be fed into the network using the same architecture (i.e., repeat running the model again). The acquired pseudo-probability values are two values, for example (0,002; 0,998) for each pixel. The first values represent no-landslide pseudo-probability and the second values represent landslide pseudo-probability. The first values were subtracted from the second to gain susceptibility values. Those values then were converted into raster grid to build map. However, the result is poor. The susceptibility index map seems “insensible” because it only gives two values (near 1 = very high class and near 0 = very low class). Because this network uses all pixels,

probably the usage of sounbalanced numbers of landslide and non-landslide pixels has big impact in the ANN modeling.

Considering the situation above, this research then uses the network that employs sample dataset (equal number of landslide and non-landslide case) and its variable importance to build landslide index. As shown in Table 4, according to this network, the model shows more sensible result. The hold out samples incorrect prediction is 7,6%, which means the total correct prediction is 92,4%. Holdout accuracy for non-landslide pixels is 97%, whereas for landslide pixels is 89,1%. Table 4 displays values that show the importance/contribution of every predictor variable.

Table 4. Model summary and predictor importance of ANN results

Training	Sum of Squares Error	15,228	Predictor	Importance	Normalized Importance
	Percent Incorrect Predictions	1,4%	Lithology	,163	54,9%
	Stopping Rule Used	1 consecutive step(s) with no decrease in error ^a	Landuse	,120	40,7%
	Training Time	00:00:00,326	Toposhape	,185	62,4%
Testing	Sum of Squares Error	20,517	Slope	,102	34,5%
	Percent Incorrect Predictions	5,5%	Aspect	,049	16,7%
Hold out	Percent Incorrect Predictions	7,6%	Curvature	,296	100,0%
			Disttoroad	,045	15,2%
			Disttoriver	,040	13,6%

Dependent Variable: Landslide
a. Error computations are based on the testing sample.

In GIS modeling, the interval of predictor variables was determined by their five classes' natural break and given sequential value from 1 to 5. This approach has an advantage in the term that the process did not subjectively discretize the variable (still in the concept "data-driven"). Because ANN does not have specific formula to predict real probability that can connect directly to a GIS environment the model is created based on a linear equation modeling/overlay model in GIS (summing up all weighted layers).

To model the formula in correct way, the values of distance to river and distance to road variables need to be inversed. It is due to a situation that landslides potential occurrences are not following the increasing distance measure but the decreasing proximity measure. Hence, the closest class was given value 5, the next was 4, and so forth. This process is crucial to be done. Otherwise, the result will be misleading.

From the analysis, could be seen that curvature is the most important variable with importance value 0,296; then followed by topographical shape (0,185), lithology (0,163), and so forth. ANN model could be mathematically presented as below and the index map is shown in Figure 8:

$$LSI_{ANN} = 0,102slo + 0,049asp + 0,296curv + 0,185tpshp + 0,163lit + 0,120lu + 0,045d.road + 0,040d.river$$

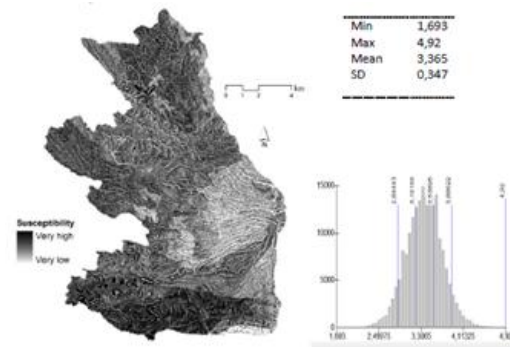


Figure 10. Landslide susceptibility index of ANN model (LSI_{ANN}), and Histogram of the map

LSI_{ANN} histogram in Figure 10 displays that the dataset is normally distributed so this research uses standard deviation method to classify the map into five classes. The LSM_{ANN} can be seen in Figure 11. According to ANN (Table 5), very high susceptibility areas occupy 6,08% of the area and become the smallest class.

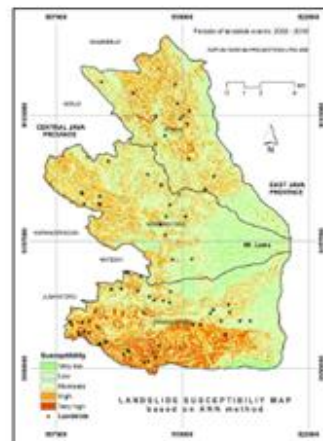


Figure 11. Landslide susceptibility map

Table 5. Area of LSM_{ANN} class

No	Class	Hectares	Km ²	%
1	Very low	1156,49	11,56	6,67
2	Low	4039,79	40,39	23,28
3	Moderate	6908,06	69,08	39,81
4	High	4191,31	41,91	24,16
5	Very high	1055,72	10,55	6,08

Together with high class (24,16%) that becomes the second largest area, both cover around 30,24%. The largest area 69,08 km² (7,88%) is moderate class. Very low class is the second smallest class, occupies 6,67% of the area. Most susceptible areas are mainly

located in the southern part following the landslides distribution.

The result also shows that lithology formation density is influential. Some high and very high classes (in the southern part) are located in Sidoramping Lava and andecite formation. From the density analysis, already known that andecite is the densest class and Sidoramping Lava is the third densest class.

Success performance

As discussed earlier, this research uses degree of fit and ROC analysis to assess model performance. According to its characteristic, degree of fit is a spatial-based analysis (analyzing based on spatial matching between the resulted map and landslide events) while ROC is called a probability/statistical-based analysis (analyzing based on statistical classification).

Degree of fit analysis explains model performance by assessing relative error: the summation value of low and very low susceptibility class; and assessing relative success rate: the summation value of high and very high susceptibility class. The smaller relative error and the higher relative success rate, the higher the quality of the susceptibility map.

The result indicates that the relative error for ANN is 13,10%. The relative success rate is 69,13%. This shows that, based on degree of fit, ANN performs better as it gives low relative error and high relative success rate.

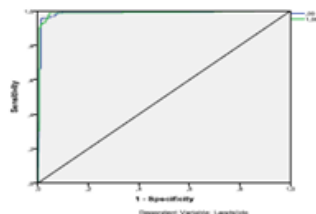


Figure 12. ROC AUC of ANN

As discussed earlier, and then shown in Figure 12, to acquire ROC curve, the sensitivity is plotted against “1 – specificity”. Area under curve can serve as global accuracy statistic of a model. Its value can range from 0,5 to 1. Value 0,5 shows random prediction, represented by the diagonal straight line and value 1 shows a perfect prediction. The closer the value to 1 the better the model. The AUC results demonstrate that ANN model has high AUC value 0,988. This value can be interpreted that ANN model has 98,8% all possible pairs of cases are assigned correctly.

Conclusions and Recommendations

Landslide susceptibility assessment and susceptibility zoning actually are just one part of disaster management. As a preventive medium to minimize landslides risk in the threatened area, these processes could be continued by other steps such as landslide risk mapping (which involve the life loss and property loss assessment) and its integration with land use planning and regional development. The susceptibility assessment in the Tawangmangu, Jenawi and Ngargoyoso Subdistrict in Karanganyar Regency using data-driven method ANN concludes some points as below:

1. The method is applicable. The objectives of this research, which are formulated by a set of research questions, are fulfilled. Using eight influencing factors (slope, aspect, curvature, topographical shape, lithology, land use, distance to road and distance to river), ANN method applies specific way to assign weight and build the model. ANN uses MLP back-propagation approach. As result, the four most influencing factor in ANN are curvature, topographical shape, lithology, and land use.
2. The study area was mapped into five landslide susceptibility classes: very low, low, moderate, high and very high class. ANN method exhibits that moderate class (39,81%) became the largest area, followed by high (24,16%), low (23,28%), very low (6,67%) and very high class (6,08%).
3. Based on degree of fit, ANN performs low relative error and high relative success rate. The AUC results demonstrate that ANN model has high AUC value 0,988
4. Data-driven method ANN is more robust in its analyses, but at the same time require more preliminary treatments for the variables. Some considerations could be implemented to improve the quality, such as well-defined neural network setting and proper selection of cases sample.
5. The model and its contribution value cannot be extrapolated or used to other regions because the method uses site-specific information to make prediction (zoning).

This research contains some limitations and drawbacks, which generally regard to data availability and uncertainty. Hence, continuing what have been discussed, for further research below are some recommendations.

1. The involvement of more and time series of causal and triggering factors. Recognized that triggering factor (e.g., rainfall) is important; as noticed that landslide frequency becomes bigger in the rainy season (October-March). This factor may function not only as a complement for hydrological group but also as a way to add some

temporal analyses. More factors, such as soil and its characteristic (type, depth, textures, and permeability) and fault proximity, would be beneficial because by having more comprehensive factors, the study could reckon all possible contribution from the factors.

2. It is recommended to have bigger number of landslides. Besides help avoiding uncertainty, more cases can deliver validation set to fulfill the need to assess not only model's success but also predictive-performance for datadriven model.
3. High resolution satellite imageries (SPOT 5, Quickbird, IKONOS, and so forth) from the corresponding years could be used in the further study as supporting materials to acquire the polygon form of landslide events. Landslides in original polygon feature are better than they are in point feature as polygon form could depict the real affected area.
4. Landslides have various types in nature; each type has its specific characteristics, material, and movement style (e.g., avalanches and flows advance at high speed and cover a wider area, while creep is so local and slow in speed). As consequence, the most representative models are the ones that assess every type individually. Hence, it is recommended to have various landslide types in landslide inventory map.
5. One common characteristic of individual grid-based analysis and small mapping unit is class dispersion. The same susceptibility classes are not always flocking together in the same area, so for further application such as land use planning, a generalization is indispensable and suggested. The generalization can be processed by following the most dominant class according to the desirable mapping scale.

Acknowledgement

This work was a part my thesis. Hereby, I, Faus Tinus Handi Feryandi, would like to acknowledge and extend my heartfelt gratitude to the people who have made the completion of this work: my supervisors Dr. Albert Remke, Prof Dr. Jorge Mateu, Pedro Cabral, Ph.D. from the Erasmus Mundus Geospatial Technologies Programme, and also Dr. Irawan Sumarto, Deputy for Survey, Measurement, and Mapping BPN RI who had supported me during the study period.

References

Ayalew L, Yamagishi H, Marui H, Kanno T (2005) Landslides in Sado Island of Japan: Part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications. *Engineering Geology* 81: 432 – 445.

BNPB - National Agency for Disaster Tackling and Refugee (2008) Disaster Statistic 2008. URL: http://www.bnpb.go.id/website/index.php?option=com_content&task=view&id=2101, accessed on August 23rd, 2010.

Caniani D, Pascale S, Sdao F, Sole A (2008) Neural networks and landslide susceptibility: a case study of the urban area of Potenza. *Natural Hazards* 45(1): 55–72

Chacon J, Irigaray C, Fernandez T, Hamdouni RE (2006) Engineering geology map: landslides and geographical information system. *Bulletin for Engineering Geology and Environment* 65: 341 – 411

Crozier MJ, Glade T (2005) Landslide hazard and risk: issues, concepts and approach. In Glade T, Anderson M, Crozier M (Eds) *Landslide hazard and risk*, Wiley, Chichester 1 – 40.

Cruden, DM (1991) A Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology* 43 (1): 27-29

Cruden DM, Varnes DJ (1996) Landslide types and processes. In Turner AK, Shuster RL (Eds) *Landslides: Investigation and Mitigation*. Trans Res Board, Spec Rep 247: 36-75

Dai FC, Lee CF, Li J, Xu ZW (2001), Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong, *Environmental Geology* 40: 381 – 391

Dai FC and Lee CF (2002) Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS. *Geomorphology* 42(3-4): 213-228

Dai FC, Lee CF, Ngai YY (2002) Landslide risk assessment and management: an overview. *Engineering Geology* 64: 65-87

Fawcett T (2004) ROC Graphs: Notes and Practical Considerations for Researchers. URL: http://home.comcast.net/~tom.fawcett/public_html/papers/ROC101.pdf, accessed on January 3rd, 2011

Fratini P, Crosta G, Carrara A (2010) Techniques for evaluating the performance of landslide susceptibility model. *Engineering Geology* 111: 62 – 72

Fell R, Corominas J, Bonnard C, Cascini L, Leroi E, Savage WZ (2008) Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning. *Engineering Geology* 102: 85 – 98

Forensic Services (2010) The Map of Forensic Based Service in Southeast Asia. URL: <http://www.forensic.cc/>, accessed on December 20th, 2010

Gomez H, Kavzoglu T (2005) Assessment of shallow landslide susceptibility using artificial neural networks in Jabonosa River Basin, Venezuela. *Engineering Geology* 78: 11 – 27

- Hadmoko DS, Lavigne F, Sartohadi J, Hadi P, Winaryo (2010) Landslide Hazard and risk assessment and their application in risk management and landuse planning in eastern flank of Menoreh Mountains, Yogyakarta Province, Indonesia. *Natural Hazards* 54(3): 623 – 642
- Highland LM and Bobrowsky P (2008) *The landslide handbook—A guide to understanding landslides*: Reston, Virginia, U.S. Geological Survey Circular 1325, 129 p
- Jimenez-Peralvez JD, Irigaray C, Hamdouni RE, Chacon J (2009) Building model for automatic landslide-susceptibility analysis, mapping and validation in ArcGIS. *Natural Hazards* 50: 571 – 590
- Kristijono A, Tejakusuma IG, Nurjaman D, Prawiradisstra S, Setiabudi A, Wantoso EW, Suryanto (2008) Rapid Assessment Report of Landslide Disaster in Mogol Sub-Village, Legoksari Village, Tawangmangu Sub District, Karanganyar Regency Central Java Province. URL: <http://sirrma.bppt.go.id/home/rapidassessment/longsor-karanganyar>, accessed on September 29th, 2010 (in Indonesian)
- Lee S, Ryu JH, Min KD, Won JS (2003) Landslide susceptibility analysis using GIS and Artificial Neural Network. *Earth Surface Processes and Landforms* 28: 1361- 1376
- Melchiorre C, Matteucci M, Azzoni A, Zanchi A (2008) Artificial neural networks and cluster analysis in landslide susceptibility zonation. *Geomorphology* 94: 379 –400
- Nefeslioglu HA, Gokceoglu C, Sonmez H (2008) An assessment on the use of logistic regression and artificial neural networks with different sampling strategies for the preparation of landslide susceptibility maps. *Engineering Geology* 97: 171 – 191
- Pradhan B, Lee S (2010) Regional landslide susceptibility analysis using backpropagation neural network model at Cameron Highland, Malaysia. *Landslides* 7(1): 13-30
- PVMBG - Centre of Volcanology and Geological Disaster Mitigation (2007) Brief Report of Landslide in Karanganyar Regency, Central Java. URL: http://portal.vsi.esdm.go.id/joomla/index.php?option=com_content&task=view&id=302&Itemid=2, accessed on June 30th, 2010 (in Indonesian)
- Rios D (2010) Neural networks: A requirement for intelligent systems. URL: <http://www.learnartificialneuralnetworks.com/#Intro>, accessed December 24th, 2010
- Soeters R, Van Westen CJ (1996) Slope stability recognition, analysis, and zonation application of geographical information system to landslide hazard zonation. In: Turner AK, Schuster RL (Eds) *Landslides: investigation and mitigation*. Sp.-Rep.247, Transportation Research Board, National Research Council. NationalAcademy Press, Washington DC: 129 – 177
- SPSS Technical Support (2010) PASW® Neural Networks 18.
- SPSS (2009) PASW® Neural Networks 18 – Specification: New Tools for Building Predictive Models. URL: <http://www.spss.com/media/collateral/statistics/neural-networks.pdf>, accessed on December 29th, 2010
- USGS - United States Geological Survey (2004) *Landslide Type and Processes*. URL: <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/fs-2004-3072.html>, accessed on September 28th, 2010
- Van Den Eeckhaut M, Hervas J, Montanarella J (2010) Validation of landslide inventory, susceptibility and hazard maps for risk management. URL: http://globesec.jrc.ec.europa.eu/workshops/va_lgeo-2010/presentations/session-2/VanDenEeckhaut_al_v4.pdf, accessed on December 22nd, 2010
- Van Westen CJ (1993) Remote sensing and geographic information systems for geological hazard mitigation. *ITC Journal* 4: 393-399
- Van Westen CJ, Castellanos E, Kuriakose SL (2008) Spatial data for landslide susceptibility, hazard, and vulnerability assessment: an overview. *Engineering Geology* 102: 112 – 131
- Van Westen CJ, van Asch TWJ, Soeters R (2006) Landslide hazard and risk zonation –why is it still so difficult? *Bulletin for Engineering Geology and Environment* 65(2): 167 – 184
- Wati SE (2010) Integrating landslide susceptibility into land capability assessment for spatial planning: a case study in Tawangmangu Sub District, Karanganyar Regency, Indonesia. M.Sc Thesis. ITC Univ. Twente Netherlands and GMU Yogyakarta
- Yilmaz I (2010) The effect of the sampling strategies on the landslide susceptibility mapping by conditional probability and artificial neural network. *Earth and Environmental Science* 60(3): 505 - 519

Pemetaan Risiko Bencana Banjir Rob Kota Semarang

Arief L.Nugraha^a, Purnama B. Santosa^b, Trias Aditya^b

^a Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UNDIP (✉)

Jln. Prof. Soedarto, SH Tembalang - Semarang, Telp. +062-24-766636, Email: arief@undip.ac.id

^b Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

Semarang is one of the large cities in Java that is very prone to tidal flood or locally known as 'banjir rob'. In order to reduce the tidal flood risk, disaster managers and city planners requires a well-planned natural disaster risk management based on disaster risk map of the city area. In order to develop the disaster risk map, firstly the validation and prediction of the tidal flood were done in order to produce a hazard map on the tidal flood. Subsequently, the maps of vulnerability and capacity of the study area were produced based upon VCA (Vulnerability Capacity Analysis) by using fuzzy logic and weighted method approach. As a comparison to that, the calculation of tidal flood risk was also done in accordance to the regulation of The Natural Disaster Risk Management Head Kepala Badan Penanggulangan Bencana Alam (PERKA BNPB) No. 2 year 2012. The result suggests that the risk for tidal flood in Semarang for the year of 2015 is 8.339,31 hectares, flooding 25,10 % of the total Semarang areas in 9 sub districts of 73 community areas. From the risk assessments using VCA formulation, it can be concluded that the low risk is on 15 community areas (218.17 hectares), intermediate risk on 48 community areas (1.116.38 hectares), and high risk on another 61 areas (6.671.36 hectares). In addition to this, the research also conclude that the use of fuzzy logic method in modeling vulnerability can gives a good result for supporting tidal flood risk assessment in Semarang city.

Keywords: tidal flood, risk mapping, fuzzy logic, VCA

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Kota Semarang merupakan salah satu kota besar di Indonesia terutama di pulau Jawa dengan tingkat ancaman bencana yang cukup tinggi. Salah satu ancaman bencana di kota Semarang adalah banjir pasang-surut atau lebih dikenal dengan banjir rob. Selain karena tingginya air pasang di Laut Jawa, sejumlah akibat banjir rob diantaranya adalah kenaikan muka laut akibat *global warming* (Wirastriya, 2005) dan juga adanya penurunan permukaan tanah (*land subsidence*) (Gumilar, dkk, 2009), yang juga mempunyai peran dalam perluasan genangan banjir rob tersebut. Pada masa yang akan datang dampak genangan rob diprediksikan akan semakin besar dengan asumsi faktor kenaikan muka air laut dan penurunan muka tanah meningkat secara konstan.

Dampak negatif dan kerugian dari peristiwa genangan rob akan semakin terasa dengan bertambahnya luas genangan banjir rob dari tahun ke tahun (Diposaptono, dkk, 2009). Hal ini membuat pentingnya menyusun

pemetaan risiko banjir rob kota Semarang. Pemetaan risiko sendiri mempunyai tujuan meminimalisir dampak dan kerugian dari bencana melalui pengelolaan risiko bencana. Perlunya suatu pengelolaan risiko bencana yang matang dalam penanggulangan permasalahan genangan banjir rob di kota Semarang yang cepat, tepat, dan efisien dengan teknik visualisasi yang mampu mengakomodasi tujuan peta dengan penggunanya.

Dalam pengelolaan manajemen mitigasi bencana, salah satu kegiatan yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan pemetaan risiko bencana. Pemetaan ini meliputi pemetaan ancaman (*hazard*), pemetaan kerentanan, dan pemetaan kapasitas dari suatu daerah yang mempunyai potensi bencana. Dalam proses pemetaan risiko memerlukan penilaian dan klasifikasi yang sesuai dengan karakteristik kota Semarang. Hal ini tidak mudah dilakukan, mengingat keterbatasan data dan kevalidan data tersebut sulit didapatkan. Perlunya kajian pemodelan yang tepat dalam pemetaan risiko sehingga dapat dihasilkan peta risiko yang benar-benar sesuai dengan kondisi sebenarnya.

Dalam penelitian ini, penulis mencoba memberikan kontribusi dalam penyusunan pemetaan risiko banjir rob kota Semarang yang mana hasilnya dapat dijadikan acuan dalam manajemen mitigasi bencana dan bagi masyarakat, khususnya masyarakat kota Semarang.

I.2. Perumusan Masalah

Dalam penyusunan peta risiko tersebut dibutuhkan keakuratan hasil dari proses pemetaan risiko banjir rob kota Semarang yang disajikan guna melengkapi informasi mitigasi kebencanaan di kota Semarang. Permasalahan yang timbul dalam penyusunan peta risiko tersebut adalah bagaimana menyusun pemodelan pemetaan risiko dari data-data yang tersedia guna menyusun peta risiko banjir rob kota Semarang yang sesuai dengan kondisi dilapangan.

I.3. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini, terdapat beberapa hal yang menjadi batasan masalah, diantara yaitu sebagai berikut :

Pembentukan model genangan banjir rob kota Semarang terkendala akan tingkat akurasi dan keterbaruan data dari data sekunder yang dihimpun yaitu data pasut, data penurunan tanah, dan data topografi, sehingga akan berakibat pada tingkat ketelitian peta genangan secara geometrik dengan kondisi sebenarnya dilapangan.

Dalam hasil peta risiko banjir rob kota Semarang, ruang lingkup wilayah penelitian digunakan hasil dari peta prediksi ancaman banjir rob untuk tahun 2015, dengan unit terkecil wilayah administrasi kelurahan.

Hasil peta eksisting ancaman banjir rob kota Semarang yang digunakan untuk proses validasi, dilakukan dengan cara melakukan pemetaan partisipatif oleh instansi kelurahan dengan mendeliniasi genangan banjir rob dengan cara *hands-on mapping* (pemetaan dengan melakukan deliniasi secara manual dari informasi yang diketahui dan berdasarkan peristiwa yang terjadi) diatas peta situasi kota Semarang yang terskala. Disamping itu, dilakukan wawancara tentang risiko banjir rob yang mencakup keseluruhan tiap wilayah kelurahan, yang mana hasil wawancara tersebut dijadikan acuan mengenai kondisi sebenarnya dilapangan.

Pemilihan komponen kerentanan dan kapasitas banjir rob kota Semarang dilakukan dengan keterbatasan ketersediaan data yang diperoleh peneliti dari berbagai instansi, dengan unit terkecil wilayah administrasi kelurahan.

Penggunaan pemodelan kerentanan dengan metode *fuzzy logic* tipe mamdani dan pengujian tiga macam sistem keanggotaan untuk menentukan tingkat total kerentanan pada pemetaan risiko banjir rob kota Semarang.

I.4. Tujuan dan Manfaat

I.4.1 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah penyusunan peta risiko banjir rob kota Semarang yang akurat dalam rangka perencanaan manajemen mitigasi bencana banjir rob kota Semarang.

I.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

Memberikan alternatif informasi kebencanaan dan kerentanan kepada masyarakat kota Semarang terkait ancaman banjir rob untuk lebih waspada sehingga meminimalisir kerugian akibat banjir rob tersebut.

Memberikan acuan bagi pemangku kebijakan dalam pengambilan keputusan untuk penanggulangan banjir rob kota Semarang

I.5. Tinjauan Pustaka

Berbagai kajian tentang banjir rob kota Semarang telah banyak dilakukan oleh peneliti-peneliti terdahulu. Penelitian-penelitian tersebut sebenarnya mempunyai satu tujuan yaitu sebagai landasan dalam penanganan banjir rob. Penelitian-penelitian banjir rob yang telah dipelajari oleh penulis memberikan kesimpulan tentang penyebab, ancaman dan risiko dari daerah yang terdampak, dan penanganannya.

Dalam penelitian Wirasatriya (2005) menyebutkan bahwa kenaikan muka laut akibat dari pemanasan global menjadi salah satu penyebab terjadinya banjir rob kota Semarang. Penelitian tersebut didasari dengan melakukan analisis dari data stasiun pasang surut Semarang dalam 20 tahun terakhir penelitian tersebut. Kemudian dalam penelitian Gumilar, dkk (2009) yang menggunakan data GPS dan sipat datar, menyebutkan bahwa telah terjadi penurunan muka tanah di wilayah Semarang, dimana hal tersebut menjadi penyumbang penyebab terjadinya banjir rob kota Semarang. Masih dalam penelitian tersebut mengemukakan bahwa penurunan muka tanah akan selalu meningkat seiring dengan meningkatnya populasi dan pembangunan perkotaan di wilayah ini melalui pengambilan air tanah yang berlebihan dan beban bangunan/urugan.

Kajian tentang banjir rob kota Semarang selanjutnya adalah tentang pemodelannya. Penelitian yang dilakukan Marfai (2003) melakukan pemodelan banjir rob dengan pendekatan hidrografik dan penggunaan analisis spasial dengan SIG. Kemudian hal yang sama dilakukan dalam penelitian Sutanta, dkk (2005) yang melakukan pemodelan banjir rob menggunakan data peta topografi skala 1 : 5.000 dan sipat datar. Pada penelitian Bakti (2010) dan Frits (2010) juga melakukan pemodelan dengan mengakomodasi data topografi dari DEM SRTM dikombinasikan dengan dengan penurunan muka tanah dan

kenaikan muka laut untuk menghasilkan peta sebaran banjir rob kota Semarang. Dari pemodelan banjir rob kota Semarang yang dimodelkan secara matematis dapat dijadikan prediksi daerah mana saja yang terdampak dari banjir rob tersebut untuk tiap tahunnya.

Hasil pemodelan matematis dari penelitian tersebut diatas dapat dijadikan acuan dalam menilai ancaman bahaya banjir rob kota Semarang. Dari ancaman bahaya banjir rob tentunya akan membawa dampak negatif dari daerah yang terdampak. Seperti dalam penelitian Marfai (2003) dan Sutanta, dkk (2005), melakukan kalkulasi dan prediksi kerugian dari perubahan penggunaan lahan dari daerah yang terkena banjir rob. Kemudian dalam penelitian Gumilar, dkk (2009) menyatakan akibat dari banjir rob akan menghasilkan kerugian ekonomi yang meliputi kerugian ekonomi langsung (*Direct economics losses*) seperti bangunan yang rusak, dan hancurnya fasilitas-fasilitas umum, dan kerugian ekonomi tak langsung (*Indirect economics losses*) seperti guncangan pada dunia bisnis, berkurangnya pendapatan, dan meningkatnya pengeluaran sektor publik, dan juga kerugian yang ditanggung individu dan rumah tangga.

Perlunya penanganan banjir rob kota Semarang sehingga mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan dari banjir rob tersebut. Pada penelitian Bakti (2010) memberikan gambaran penanganan banjir rob dilakukan yaitu dengan pembentukan bangunan fisik seperti bangunan air pengendali banjir rob, peninggian dan penguatan tanggul laut dan sungai, dan revitalisasi saluran pembuang. Sebagai landasan dari usulan tersebut yaitu dilakukannya analisis *stream line* dan daerah tangkapan air di wilayah Semarang. Usulan penanganan juga dilakukan dalam penelitian Miladan (2009) yang melakukan pemetaan kerentanan sebagai landasan dalam melakukan penanganan banjir rob menggunakan strategi akomodatif dan strategi mundur dalam perencanaan tata ruang wilayah yang terdampak. Pemetaan kerentanan dalam penelitian tersebut meliputi kerentanan fisik, sosial ekonomi, sosial kependudukan, lingkungan, dan ekonomi wilayah, dimana dalam penentuan komponen kerentanan tersebut didasarkan pada Undang-Undang Penanggulangan bencana, Perencanaan tata kota, Pengelolaan wilayah pesisir dan pulau-pulau kecil, dan konsep praktis dari *Good Local Governance* (GLG) Provinsi Jawa Tengah dan Bakornas Penanggulangan bencana.

Kemudian penelitian diluar permasalahan banjir rob tapi dapat menjadi referensi dalam penelitian penulis terkait dengan manajemen mitigasi bencana yaitu penelitian yang dilakukan Fanggi (2011), dimana dalam penelitian tersebut menyebutkan bahwa

dalam rangka meminimalisir dampak kerugian bencana tanah longsor dilakukan pemetaan risiko. Hal yang sama juga dilakukan oleh Kurnianti (2011), yaitu melakukan pemetaan risiko multi bahaya di daerah kali Code Yogyakarta. Dalam kedua penelitian tersebut menyebutkan bahwa pemetaan risiko dihasilkan dari pemetaan bahaya, kerentanan, dan kapasitas. Hasil pemetaan risiko merupakan nilai indeks risiko dari hasil matriks risiko yang divisualkan menggunakan SIG.

II. Data dan Metodologi

II.1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

- Data untuk pemodelan genangan banjir rob
- Data Pasang Surut Pelindo III Tanjung Mas Semarang tahun 1985 – 2011
- Peta Topografi skala 1 : 5.000 Dinas Pekerjaan Umum Kota Semarang Tahun 2000
- Peta Percepatan Penurunan Kota Semarang hasil penelitian Gumilar, dkk (2011)

Data untuk penentuan komponen dalam pemetaan risiko banjir rob

- Peta Eksisting kota Semarang dalam dokumen RTRW Kota Semarang 2010-2030 Badan Perencanaan dan Perencanaan Kota Semarang
- Kecamatan dalam Angka 2010 Kota Semarang BPS (Badan Pusat Statistik)

Telaah dokumen untuk penentuan komponen dalam pemetaan risiko banjir rob

- UU RI No. 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana
- UU RI No. 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang dan Wilayah
- UU RI No. 27 Tahun 2007 tentang Pengelolaan Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil
- Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana (PERKA BNPB) No. 2 Tahun 2012 Tentang Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana
- Dokumentasi Penyusunan Peta Risiko di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (Aditya, 2010)
- Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir kota Semarang (Miladan, 2009)

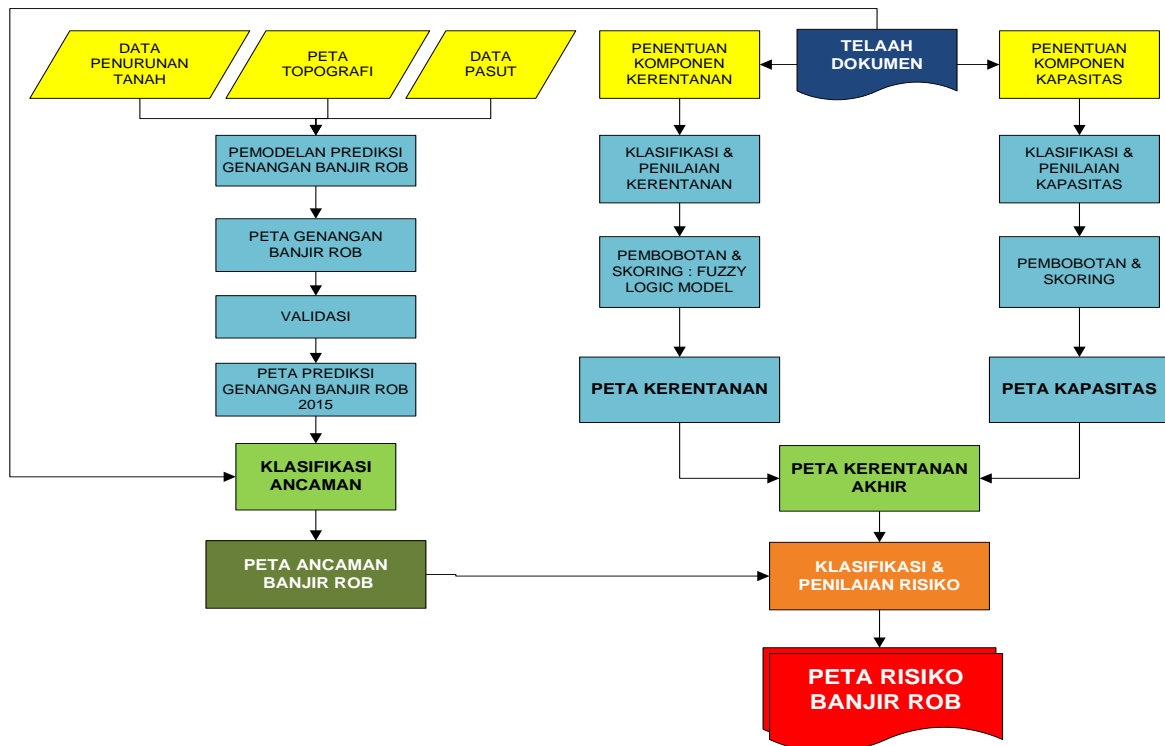
II.2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini pada dasarnya terdiri dari tiga pemetaan, yaitu pemetaan ancaman bahaya banjir rob, pemetaan kerentanan, dan pemetaan kapasitas. Setelah ketiga pemetaan tersebut didapatkan hasilnya, selanjutnya dilakukan

proses pembentukan peta risiko banjir rob.

Metodologi tersebut dapat dijabarkan seperti pada gambar 1, dengan penjelasan sebagai berikut :

T_i = periode masing-masing konstituen harmonik
 θ_i = selisih fase masing-masing konstituen harmonik
 n = jumlah komponen pasang surut.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

II.2.1. Pemetaan Ancaman Bahaya Banjir Rob

Proses pemetaan ancaman banjir rob didasarkan atas tergenangnya wilayah daratan oleh air laut dengan asumsi kenaikan laut yang dipakai adalah air pasang tertinggi (HHWL/*Highest High Water Level*). Proses mendapatkan model genangan banjir rob dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengolahan data pasang surut (pasut)

Tujuan pengolahan data pasut adalah untuk menentukan peramalan nilai rerata muka laut (MSL/*Mean Sea Level*) yang hasilnya dijadikan parameter untuk peramalan nilai pasang tertinggi (HHWL/*Highest High Water Level*). Pengolahan pasut menggunakan metode *least square* untuk mengetahui komponen-komponen harmonik, yang selanjutnya dipakai untuk mengetahui tinggi MSL. Rumus yang dipakai dalam menentukan tinggi muka laut dari komponen-komponen harmonik dinyatakan sebagai berikut :

$$Z_t = Z_0 + \sum_1^n A_i \cos\left(\frac{2\pi t}{T_i} - \theta_i\right) \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- Z_t = tinggi muka air pada fungsi waktu (t)
- Z_0 = muka air rerata diukur dari datum
- A_i = amplitudo masing-masing konstituen harmonik (M2, S2, dst)

Langkah selanjutnya yaitu dilakukan peramalan nilai MSL menggunakan persamaan regresi linier untuk mengetahui nilai MSL di tahun kedepannya, dengan asumsi persamaan tersebut telah dilakukan uji statistik dengan nilai koefisien determinasi lebih 50%.

Hasil peramalan nilai MSL kemudian dilakukan koreksi atas penurunan tanah yang terjadi pada BM pasut, selanjutnya hasil tersebut digunakan untuk mencari persamaan prediksi nilai HHWL sebagai salah satu input dalam pemodelan genangan banjir rob.

2. Pemodelan genangan banjir rob

Pemodelan genangan banjir rob dihasilkan dengan logika matematis yang secara visual dapat dilakukan dengan *software* SIG, melalui analisis spasial. Logika matematis tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$[Topografi] - n * [Landsubsidence] < HHWL \dots\dots(2)$$

Keterangan:

- Genangan = Daerah genangan banjir rob
- [Topografi] = DEM topografi
- [Landsubsidence] = DEM penurunan tanah per tahun
- HHWL = Nilai HHWL prediksi
- n = Selisih tahun prediksi dengan tahun sumber data topografi

rumusan diatas dapat dijelaskan bahwa bila logika tersebut bernilai 1 (*true*) maka dapat dikatakan daerah tersebut tergenang oleh banjir rob dengan asumsi daerah tersebut mempunyai ketinggian topografi yang terkoreksi dengan nilai penurunan tanah, lebih rendah dari nilai HHWL, bila sebaliknya maka daerah tersebut tidak tergenang.

3. Validasi

Validasi genangan banjir rob dilakukan dengan cara membandingkan hasil model genangan dengan peta eksisting genangan yang didapat dari pemetaan partisipatif dengan sumber data dari pegawai kelurahan yang dianggap mengetahui kondisi sebenarnya genangan yang terjadi dikeruhannya. Perbandingan ini dilakukan dengan cara membandingkan luasan, titik genangan secara acak, dan sebaran jumlah kelurahan antara peta model genangan dengan peta genangan eksisting.

4. Peta prediksi genangan banjir rob

Selanjutnya, jika hasil validasi dikatan cukup sesuai dengan kondisi sebenarnya dilapangan, maka dilakukan pemetaan prediksi genangan banjir untuk tahun 2015, dimana sebagai landasan waktu perencanaan risiko bencana digunakan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012 yaitu dilaksanakan tiap lima tahun.

5. Klasifikasi dan Skoring peta ancaman banjir rob

Tahapan ini mengklasifikasikan ancaman dari peta genangan prediksi dengan landasan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012

II.2.2. Pemetaan Kerentanan Banjir Rob

Pemetaan kerentanan dilakukan dengan melakukan kajian telaah dokumen untuk menentukan komponen penilaian kerentanan. Selanjutnya dirumuskan pula pembobotan dan penilaian dari tiap-tiap komponen tersebut dengan menggunakan metode SIG .

Dalam proses penilaian kerentanan ini dilakukan metode *fuzzy logic* tipe mamdani, dengan maksud untuk mengetahui pemodelan yang terbaik dan sesuai dengan kondisi dilapangan. Proses *fuzzy logic* sendiri dilakukan perbandingan tiga sistem fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan yang dipakai yaitu adalah fungsi segitiga, fungsi trapezium, dan fungsi gauss.

Pengujian hasil pemodelan dari ketiga fungsi dilakukan dengan menguji performansi model *fuzzy* dengan model skoring pembobotan biasa dari penentuan komponen kerentanan. Uji performansi model dilakukan dengan melakukan perhitungan RMSE (*Root Means Square Error*) dan VAF (*Variance Accounted For*), dengan asumsi nilai RMSE kurang dari satu dan VAF lebih dari 50% dianggap memiliki performa yang baik sehingga

model dengan nilai sesuai asumsi tersebut yang akan terpilih menjadi peta kerentanan banjir rob kota Semarang. Berikut formula dari RMSE dan VAF :

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y}_i)^2}{N}} \dots\dots\dots (3)$$

$$VAF = \left\{ 1 - \frac{var[y(t) - \bar{y}(t)]}{var[y(t)]} \right\} \times 100\% \dots\dots (4)$$

Keterangan :

- y_i = output skoring fuzzy
- $y(t)$ = variansi skoring fuzzy
- \bar{y}_i = output skoring pembobotan biasa
- $\bar{y}(t)$ = variansi skoring pembobotan biasa
- N = jumlah data

II.2.3. Pemetaan Kapasitas Banjir Rob

Komponen kapasitas banjir rob didasarkan atas komponen utama yang ada pada PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012, dengan mengakomodasi data yang ada dan juga survei langsung di tiap kelurahan untuk membentuk komponen pemetaan kapasitas. Selanjutnya hasil penentuan komponen kapasitas dilakukan penilaian dan klasifikasi dengan bantuan SIG.

II.2.4. Pemetaan Risiko Banjir Rob

Tahapan ini dilakukan perhitungan skor dan klasifikasi risiko dari hasil pemetaan ancaman, kerentanan, dan kapasitas banjir rob. Perhitungan skor dan klasifikasi risiko dilakukan dengan menggunakan empat metode, dimana nantinya akan dipilih metode yang sesuai dengan kondisi kejadian banjir rob kota Semarang dilapangan, dengan asumsi kondisi sebenarnya dilapangan dari hasil wawancara pejabat kelurahan yang menilai kelas risiko yang terjadi di kelurahan tersebut.

Keempat metode perhitungan skor dan klasifikasi dilakukan dengan cara sebagai berikut :

1. Perhitungan secara matematis dari rumusan VCA (*Vulnerability Capacity Analysis*), yang kemudian dilakukan klasifikasi dengan bantuan SIG dengan *natural breaks (jenks)*.
rumusan VCA (*Vulnerability Capacity Analysis*) :

$$R = H \times V / C \dots\dots\dots (5)$$

- Keterangan :
- R = skor Risiko
 - H = skor Ancaman
 - V = skor Kerentanan
 - C = skor Kapasitas

2. Klasifikasi menggunakan matriks penentuan sesuai dengan rumusan VCA (*Vulnerability Capacity Analysis*)

V/C	KAPASITAS			H x V/C	V/C		
	TINGGI	SEDANG	RENDAH		RENDAH	SEDANG	TINGGI
KEPERNTANAN	RENDAH	SEDANG	RENDAH	ANCAMAN BENCANA	RENDAH	SEDANG	TINGGI
	RENDAH	SEDANG	RENDAH		RENDAH	SEDANG	TINGGI
	TINGGI	SEDANG	RENDAH		RENDAH	SEDANG	TINGGI

■ : Kelas Rendah
■ : Kelas Sedang
■ : Kelas Tinggi

Gambar 2. Matriks Penentuan Kelas

3. Perhitungan dan klasifikasi yang dilakukan penggabungan metode (1) dan (2), dimana dilakukan terlebih perhitungan secara matematis V/C yang hasilnya diklasifikasi seperti pada metode (1), selanjutnya klasifikasi risiko dilakukan perkalian matriks penentuan antara kelas ancaman dengan hasil kelas V/C tersebut.
4. Perhitungan secara matematis dari rumusan di PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012, yang telah dimodifikasi.
Rumusan risiko modifikasi dari PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012, sebagai berikut :

$$R = \sqrt[6]{H^2 \times V^2 \times (1 - C)^2} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan : R = skor Risiko
 H = skor Ancaman
 V = skor Kerentanan
 C = skor Kapasitas

Selanjutnya, hasil keempat metode tersebut dibandingkan dengan kondisi sebenarnya dilapangan dengan melakukan persentase kesesuaian kelas per Kelurahan. Metode dengan nilai persentase kesesuaian yang besar dipilih menjadi peta risiko banjir rob kota Semarang.

III. Hasil dan Analisis

III.1. Hasil dan Analisis Pasang Surut

III.1.1. Prediksi nilai MSL dan nilai HHWL

Dari data pasut yang diolah, bahwa dalam menentukan peramalan nilai MSL di perairan kota Semarang dengan metode regresi linier, dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Pengolahan data pasut dengan jangka waktu tahun 1985 – 2011, dihasilkan peramalan tidak memenuhi standart secara statistik dikarenakan memiliki koefisien determinan yang kecil yaitu 3,7%, sehingga hasil persamaan regresi liniernya tidak dapat digunakan.
2. Selanjutnya dilakukan pemilahan data dengan pemeriksaan pencila (*outlier*) dari keseluruhan data yang ada, dengan tujuan data-data yang terletak jauh di luar batas normal atau selang kepercayaan dari keseluruhan data dapat terdeteksi dan dihilangkan untuk dilakukan

peramalan lebih lanjut, dengan selang kepercayaan 90%. Hasil yang didapatkan masih memiliki koefisien determinasi yang kecil sebesar 13,6%, sehingga hasil persamaan regresi liniernya tidak dapat digunakan.

3. Dengan pendekatan akan kekinian data, selanjutnya data yang digunakan dalam proses peramalan MSL menggunakan data pasut di tahun 2005 – 2011, dimana hasilnya memiliki koefisien determinasi 91,8% sehingga hasil persamaan regresi liniernya dapat digunakan.
4. Kemudian dengan adanya penurunan tanah di BM pasut, maka persamaannya perlu dikoreksi dengan penurunan tanah tersebut. Dari informasi data ketinggian BM pasut di tahun 1985, dan hasil penelitian dari wirasatriya (2005) serta Kahar (2011), dapat disimpulkan bahwa penurunan tanah di BM pasut sebesar 0,0514 meter per tahun.
5. Hasil peramalan nilai MSL yang telah dikoreksi dengan penurunan BM pasut dihasilkan persamaan linier sebagai berikut :

$$\hat{Y} = 0,1168x - 233,9151 \dots\dots\dots (7)$$

keterangan, \hat{Y} = nilai MSL ramalan terkoreksi (meter)
 x = waktu ramalan (tahun)

Dengan diketahuinya persamaan linier, maka nilai HHWL pun dapat ditentukan berdasarkan nilai MSL yang dihasilkan ditambah dengan komponen harmonik yang dihasilkan dari proses data pasut. Dengan asumsi mencari nilai MSL dan HHWL sekarang ini yaitu tahun 2012, dihasilkan nilai MSL sebesar 1,0865 meter, sedangkan nilai HHWL sebesar 1,7148 meter.

III.2. Hasil dan Analisis Pemetaan Ancaman Banjir Rob

III.2.1. Pemetaan Genangan dan Validasinya

Dengan diketahuinya nilai HHWL, maka luasan genangan banjir rob saat ini dengan asumsi tahun 2012 dapat diprediksi menggunakan persamaan (2) seluas 7.754,28 hektar atau 20,76 % dari keseluruhan wilayah kota Semarang yang mempunyai luas total sebesar 37.360,947 hektar berdasarkan dokumen RTRW Kota Semarang 2010-2030. Luasan genangan banjir rob tersebut tersebar di 8 (delapan) kecamatan dan 68 Kelurahan.

Kemudian hasil tersebut dilakukan validasi, dimana hasil validasi genangan banjir rob seluas 3.915,16 hektar atau 10,48 % dari keseluruhan wilayah kota Semarang. Sedangkan sebaran genangan banjir rob tersebut mengenai 7 (tujuh) kecamatan dan 38 Kelurahan di kota Semarang. Nilai validasi dari hasil pemetaan genangan tersebut yaitu sebesar 56,46%,

dengan rincian sebagai berikut :

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Validasi
Genangan Banjir Rob Kota Semarang

Metode Validasi	Nilai Validasi (%)
Sebaran titik genangan rob dilapangan	63,00
Luas Keseluruhan genangan rob	50,49
Sebaran genangan rob pada wilayah administrasi	55,88
TOTAL	56,46

Dengan asumsi bahwa nilai validasi melebihi batas ambang yang ditetapkan yaitu lebih dari 50%, maka proses dalam mendapatkan genangan banjir rob memenuhi persyaratan untuk membentuk peta ancaman prediksi banjir rob kota Semarang.

III.2.2. Peta Ancaman Banjir Rob

Berdasarkan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012, untuk perencanaan risiko bencana dilakukan setiap lima tahun sekali, maka peta ancaman banjir rob dilakukan prediksi tahun 2015. Klasifikasi ancaman banjir berdasarkan PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012 dibagi menjadi tiga kelas yaitu rendah dengan genangan air setinggi kurang dari 0,75 meter, sedang dengan genangan air setinggi antara 0,75-1,5 meter, dan tinggi dengan genangan air setinggi lebih dari 1,5 meter.

Dengan acuan diatas, maka pemetaan banjir rob dilakukan untuk prediksi tahun 2015 dengan hasil yaitu luasan genangan banjir rob sebesar 8.339,31 hektar. Luasan daerah tergenang tersebut menggenangi 22,32 % dari total wilayah kota Semarang sedangkan sebaran luasan daerah tergenang meliputi 9 kecamatan dan 73 kelurahan. Kemudian dengan menggunakan *tools* analisis spasial pada SIG, didapat klasifikasi genangan banjir rob, yang selanjutnya disebut sebagai sebagai peta ancaman banjir rob, yaitu sebagai berikut :

Tabel 2. Rekapitulasi Luas Lahan dan Klasifikasi
Ancaman Banjir Rob Kota Semarang

Kelurahan	Luas Ancaman (Ha)		
	Tinggi	Sedang	Rendah
GAYAMSARI	240,04	91,02	97,74
GENUK	1.284,82	277,04	189,49
PEDURUNGAN	134,58	183,86	77,68
SEMARANG BARAT	915,30	162,34	132,92
SEMARANG SELATAN	0,00	0,00	10,05
SEMARANG TENGAH	138,13	154,81	131,05
SEMARANG TIMUR	430,45	49,38	50,76
SEMARANG UTARA	1.090,94	49,86	2,81
TUGU	1.761,88	509,28	173,07
Jumlah	5.996,15	1.477,59	865,57

III.3. Hasil dan Analisis Pemetaan Kerentanan Banjir Rob

Dalam penentuan komponen kerentanan telah dikaji

dengan telaah dokumen, menghasilkan empat komponen utama kerentanan yaitu :

1. Kerentanan Fisik

Kerentanan fisik dipilih karena dalam penataan ruang dan kebutuhan struktur ruang penduduk suatu wilayah membutuhkan pembangunan fisik berupa infrastruktur untuk mempermudah aktivitas sehari-harinya.

2. Kerentanan Demografi, dan Sosial Budaya

Kerentanan ini dipilih karena suatu wilayah akan mengalami perkembangan dari penduduk yang tinggal di wilayah tersebut. Dengan perkembangan dan interaksi penduduk wilayah tersebut akan menghasilkan suatu komunitas sosial, dan perkembangan budaya. Hal tersebut tentunya merupakan komponen kerentanan terpenting dari suatu wilayah dalam menghadapi ancaman yang terdampak genangan banjir rob. Variabel-variabel kerentanan Demografi, Sosial, dan Budaya merupakan elemen-elemen berisiko yang mana secara kependudukan dan kemasyarakatan mempunyai nilai yang rawan dalam menghadapi ancaman bencana yaitu genangan banjir rob.

3. Kerentanan Ekonomi

Kerentanan ekonomi merupakan komponen kerentanan yang dipilih didasarkan bahwasannya dalam suatu wilayah terdapat aktivitas-aktivitas ekonomi penduduk dalam mencukupi kebutuhan hidup sehari-hari di suatu wilayah. Aktivitas tersebut dapat berupa usaha penduduk dalam memanfaatkan lahan untuk berproduksi, dan juga pembangunan sarana ekonomi dengan aktivitas ekonomi didalamnya.

4. Kerentanan Lingkungan

Faktor lingkungan memegang peranan penting dalam menjaga kualitas alam suatu wilayah. Keberadaannya mempunyai nilai yang penting dalam menjaga keseimbangan alam. Atas dasar tersebut, maka komponen kerentanan lingkungan menjadi faktor yang perlu dinilai guna mengetahui seberapa luas lingkungan alam yang rusak dari akibat ancaman bencana banjir rob.

Kemudian dari penentuan ini dicari variabel-variabel dari data yang ada terhadap komponen utama tersebut, untuk selanjutnya dilakukan penilaian dan klasifikasinya. Hasil yang didapat dari penentuan dan klasifikasi kerentanan dapat dilihat pada tabel 3.

Dari proses penilaian kerentanan dari data yang didapat, kemudian dilakukan klasifikasi kerentanan tiap-tiap komponen. Selanjutnya dilakukan pemodelan *fuzzy logic* tipe mamdani dengan menggunakan tiga fungsi keanggotaan yang berbeda untuk tiap-tiap komponen tapi dengan aturan yang sama.

Tabel 3. Nilai, Bobot, dan Klasifikasi Komponen Kerentanan Banjir Rob

No.	Komponen Kerentanan	Parameter Kerentanan	Bobot (%)	Kelas Kerentanan		
				Rendah	Sedang	Tinggi
1	Demografi & Sosial Budaya	Kepadatan Penduduk	50	< 75 jiwa/ha	75 - 150 jiwa/ha	> 150 jiwa/ha
		Persentase Penduduk Miskin	20	< 10 %	10 % - 20 %	> 20 %
		Persentase Ibu Hamil	10	< 5 %	5 % - 10 %	> 10 %
		Persentase Penduduk Usia Balita	10	< 5 %	5 % - 10 %	> 10 %
		Persentase Penduduk Lanjut Usia	10	< 10 %	10 % - 20 %	> 20 %
2	Fisik	Persentase Jaringan Listrik	20	< 30 %	30 % - 60 %	> 60 %
		Persentase Jaringan Jalan	20	< 30 %	30 % - 60 %	> 60 %
		Persentase Jaringan Telekomunikasi	20	< 30 %	30 % - 60 %	> 60 %
		Persentase Kawasan Terbangun	20	< 30 %	30 % - 60 %	> 60 %
		Persentase Jumlah Bangunan	10	< 30 %	30 % - 60 %	> 60 %
		Jumlah Bangunan Non Permanen	10	< 500	500 - 1.000	> 1.000
3	Ekonomi	Luas Lahan Produktif	25	< 10 Ha	10 Ha - 20 Ha	< 20 Ha
		Luas Lahan Ekonomi	25	< 10 Ha	11 Ha - 20 Ha	< 20 Ha
		Jumlah Penduduk Bekerja	25	< 5.000	5.000 - 10.000	> 10.000
		Jumlah Sarana Ekonomi	25	< 750	750 - 1.500	> 1.500
4	Lingkungan	Luas Hutan Bakau / Mangrove	25	< 10 Ha	10 Ha - 20 Ha	< 20 Ha
		Luas Lahan Sawah	25	< 10 Ha	11 Ha - 20 Ha	< 20 Ha
		Luas Lahan Padang Rumput	25	< 10 Ha	12 Ha - 20 Ha	< 20 Ha
		Luas Lahan Rawa	25	< 10 Ha	13 Ha - 20 Ha	< 20 Ha

$$\text{Total Kerentanan} = 40\% \times [\text{Demografi\&SosBud}] + 25\% \times [\text{Fisik}] + 25\% \times [\text{Ekonomi}] + 10\% \times [\text{Lingkungan}]$$

Nilai Setiap Kelas Kerentanan :

Rendah : 1
Sedang : 3
Tinggi : 5

Klasifikasi Total Kerentanan :

Rendah : 0 - 1
Sedang : 1 - 3
Tinggi : 3 - 5

Untuk mengetahui pemodelan *fuzzy logic* dari ketiga fungsi keanggotaan dilakukan uji performa dengan acuan klasifikasi berdasarkan perhitungan bobot dan kelas secara manual sesuai dengan penyusunan klasifikasi kerentanan yang telah disebutkan sebelumnya. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa baiknya dari kinerja model *fuzzy logic* dengan asumsi bahwa klasifikasi secara manual memiliki kinerja pemodelan yang telah berjalan dengan baik.

Hasil yang dicapai dari klasifikasi kerentanan menggunakan *fuzzy logic* yaitu pemodelan dengan fungsi keanggotaan segitiga tidak memenuhi uji performansi, dan pemodelan dengan fungsi keanggotaan trapezium dan gauss memenuhi uji

performansi. Selanjutnya, kedua model tersebut dilakukan uji Fisher untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang mencolok dari nilai varian yang dihasilkan. Hasil (tabel 4) yang didapatkan bahwa kedua model tidak ada perbedaan yang berarti, selanjutnya dari kedua model tersebut diambil nilai RMSE yang paling kecil untuk dipilih menjadi model kerentanan banjir rob yaitu *fuzzy logic* dengan fungsi keanggotaan gauss.

Hasil pemetaan kerentanan banjir rob didapat kelurahan dengan kerentanan rendah terdapat di 11 kelurahan, kerentanan sedang 21 kelurahan, sedangkan kerentanan tinggi terdapat 41 kelurahan.

Tabel 4. Rekapitulasi Pengujian Performa Fuzzy Logic Kerentanan Banjir Rob Kota Semarang

Variabel Pengujian	Klasifikasi Kerentanan Total			
	Klasifikasi Biasa	Fuzzy Logic tipe Mamdani		
		Segitiga	Trapesium	Gauss
Rata-rata	2,712	3,015	3,525	2,904
Variansi	0,238	0,569	0,395	0,410
RMSE	Variabel	0,548	0,871	0,385
VAF (%)	Pembandingan	41,893	60,278	58,046
	Uji Validasi	Tidak Masuk	Masuk	Masuk
Uji Fisher	Nilai F	-	0,603	0,580
alpha =	Nilai Kritis	-	0,677	0,677
0,05	Nilai Probabilitas	-	0,011	0,017

III.4. Hasil dan Analisis Pemetaan Kapasitas Banjir Rob

Komponen kapasitas banjir rob dalam penelitian ini mengacu pada PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012, dimana komponen utamanya yaitu sebagai berikut :

1. Aturan dan kelembagaan penanggulangan bencana
2. Peringatan dini dan kajian risiko bencana
3. Pendidikan kebencanaan
4. Pengurangan faktor risiko dasar
5. Pembangunan kesiapsiagaan pada seluruh lini

Dari kelima komponen tersebut memberikan dasar dalam menentukan variabel kapasitas banjir rob dengan keterbatasan sumber data yang ada. Kemudian atas dasar tersebut, didapat lima variabel kapasitas pada bencana banjir rob sebagai berikut :

1. Jumlah tenaga kesehatan

Kapasitas ini didasarkan atas komponen aturan dan kelembagaan penanggulangan bencana dan pengurangan faktor risiko. Asumsi tersebut dapat

dijelaskan bahwa penempatan tenaga kesehatan haruslah disesuaikan kondisi demografi dan sosial penduduk suatu wilayah yang ditetapkan oleh suatu aturan dalam sebuah kelembagaan. Jadi variabel ini dipilih untuk menjadi penilaian dalam indikator kapasitas banjir rob. Data variabel ini diambil dari BPS kota Semarang dalam Semarang dalam Angka 2010.

2. Jumlah sarana kesehatan

Seperti halnya pada variabel jumlah tenaga kesehatan, jumlah sarana kesehatan dipilih atas dasar komponen kapasitas yang sama yaitu komponen aturan dan kelembagaan penanggulangan bencana dan pengurangan faktor risiko. Sumber data juga diperoleh sama dengan variabel diatas yaitu Semarang dalam Angka 2010.

3. Sosialisasi banjir rob

Variabel kapasitas ini dipilih sebagai pencerminan komponen pendidikan kebencanaan, peringatan dini, dan pengurangan faktor risiko. Data yang diambil berdasarkan hasil wawancara pada pegawai kelurahan di wilayah eksisting tergenang banjir rob.

4. Perolehan bantuan

Variabel kapasitas ini dipilih sebagai pencerminan komponen pengurangan faktor risiko, dan aturan dan kelembagaan penanggulangan bencana. Data yang diambil berdasarkan hasil wawancara pada pegawai kelurahan di wilayah eksisting tergenang banjir rob.

5. Adanya posko darurat

Variabel kapasitas ini dipilih sebagai pencerminan komponen pembangunan kesiapsiagaan atas bencana, dan pengurangan faktor risiko. Data yang diambil berdasarkan hasil wawancara pada pegawai kelurahan di wilayah eksisting tergenang banjir rob.

Kelima variabel diatas kemudian ditentukan klasifikasi dan rumusan total kapasitas banjir rob dengan hasil seperti pada tabel 5.

Tabel 5. Nilai, Bobot, dan Klasifikasi Komponen Kapasitas Banjir Rob

Komponen Kapasitas	Bobot (%)	Kelas Kapasitas					
		Tinggi	Nilai	Sedang	Nilai	Rendah	Nilai
Jumlah Tenaga Kesehatan	20	< 10 Orang	5	10 - 20 Orang	3	> 20 Orang	1
Jumlah Sarana Kesehatan	20	< 10 buah	5	11 - 20 Buah	3	> 20 Buah	1
Sosialisasi Bencana	20	Tidak Ada	3	-	-	Ada	1
Perolehan Bantuan	20	Tidak Ada	3	-	-	Ada	1
Posko Tanggap Darurat	20	Tidak Ada	3	-	-	Ada	1

$$\text{Total Kapasitas} = [\text{Tenaga Kesehatan}] + [\text{Sarana kesehatan}] + [\text{Sosialisasi}] + [\text{Bantuan}] + [\text{Posko}]$$

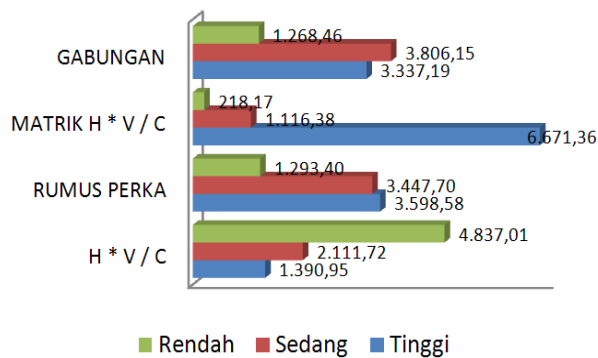
Ket. Klasifikasi Total Kapasitas :

- Rendah : < 1
Sedang : 1 - 3
Tinggi : > 3

Hasil pemetaan kapasitas banjir rob didapat kelurahan dengan kapasitas rendah terdapat di 27 kelurahan, kapasitas sedang 41 kelurahan, sedangkan kapasitas tinggi terdapat enam kelurahan.

III.5. Hasil dan Analisis Pemetaan Risiko Banjir Rob

Dari hasil dan analisis pemetaan ancaman, kerentanan, dan kapasitas dapat dihasilkan peta risiko banjir rob kota Semarang menggunakan empat metode yang telah disebutkan sebelumnya, dengan hasil pemetaan sebaran luas (dalam hektar) klasifikasinya sebagai berikut :



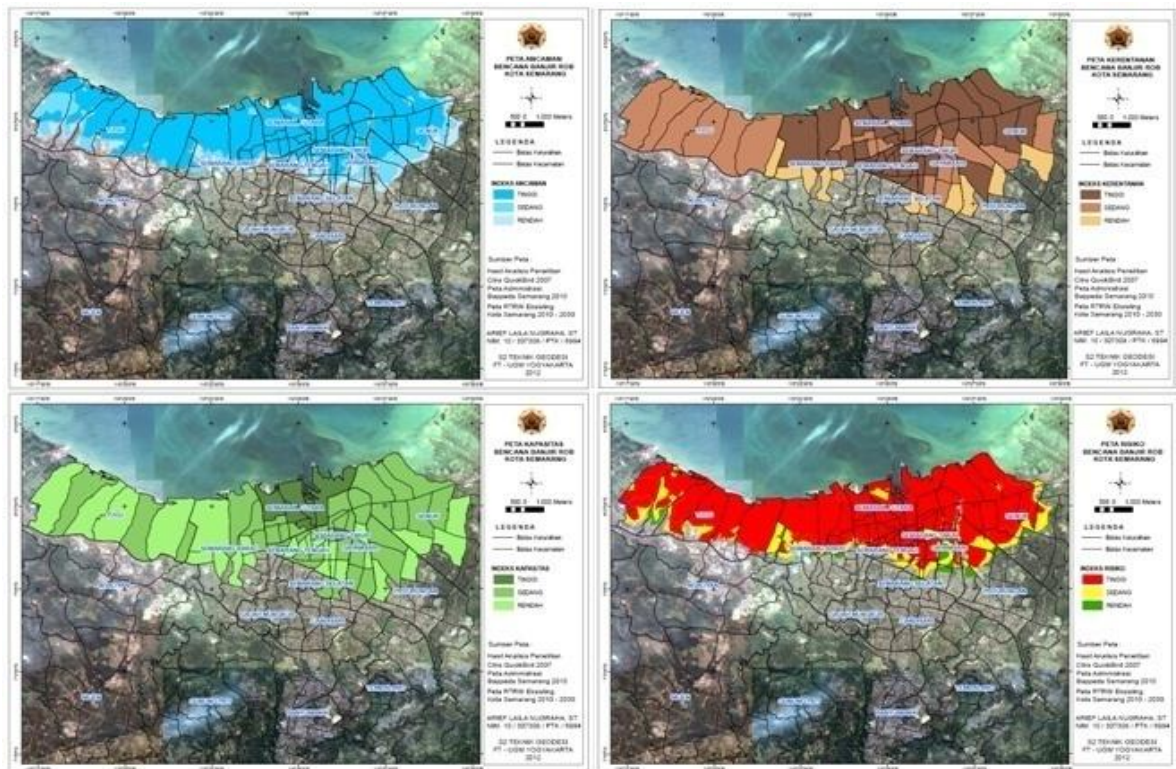
Gambar 3. Grafik Sebaran Luas Klasifikasi Pemetaan

terhadap para pejabat di kelurahan kota Semarang, dimana hasil klasifikasi lapangan diasumsikan sesuai dengan kondisi kenyataan yang ada. Dari hasil validasi dilapangan didapat 38 kelurahan yang terimbas genangan banjir rob dengan rincian klasifikasi 18 kelurahan dengan tingkat risiko tinggi, 14 kelurahan dengan tingkat risiko sedang, dan 6 kelurahan dengan tingkat risiko rendah. Hasil dari validasi pemetaan risiko banjir rob kota Semarang dapat disimpulkan sebagai berikut :

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Validasi Pemetaan Risiko Banjir Rob Kota Semarang

Metode Klasifikasi Risiko	Jumlah Kelurahan Berisiko			Validasi (%)
	Tinggi	Sedang	Rendah	
H * V / C	11	35	65	31,58
RUMUS PERKA	29	49	22	63,16
MATRIK H * V / C	61	48	15	68,42
GABUNGAN	29	59	44	57,89

Dari proses tersebut diatas, dapat dihasilkan bahwa penggunaan metode penilaian risiko menggunakan matriks penentuan kelas memiliki kesesuaian terhadap kondisi sebenarnya dilapangan dengan tingkat validasi sebesar 68,42 %. Dengan demikian penyusunan pemetaan risiko banjir rob kota



Gambar 4. Peta Ancaman, Kerentanan, Kapasitas, dan Risiko Banjir Rob Kota Semarang

Kemudian dari hasil diatas diperlukan pengujian dengan melakukan validasi. Validasi ini dilakukan dengan cara melakukan perbandingan dari hasil klasifikasi pemetaan diatas dengan klasifikasi lapangan yang dilakukan lewat proses wawancara

Semarang dapat menggunakan metode penilaian risiko menggunakan matriks penentuan kelas sesuai dengan rumusan VCA dimana klasifikasi risiko rendah seluas 218,17 hektar di 15 kelurahan, risiko sedang seluas 1.116,38 hektar di 48 kelurahan, dan

risiko tinggi seluas 6.671,36 hektar di 61 kelurahan.

IV. Kesimpulan

Dari keseluruhan proses penelitian diatas dapat disimpulkan, yaitu sebagai berikut :

1. Peta prediksi ancaman banjir rob kota Semarang pada tahun 2015 tersebar pada 9 kecamatan dan 73 kelurahan dengan luas genangan sebesar 8.339,31 hektar, atau 22,32 % dari total wilayah kota Semarang yang luasnya 37.360,947 hektar berdasarkan dokumen RTRW kota Semarang 2010-1030.
2. Penentuan dan penilaian komponen kerentanan banjir rob dari hasil telaah dokumen menggunakan metode *fuzzy logic* tipe mamdani dengan fungsi keanggotaan gauss menghasilkan kerentanan banjir rob tersebar di 11 kelurahan dengan kerentanan rendah, 21 kelurahan dengan kerentanan sedang, sedangkan kerentanan tinggi terdapat 41 kelurahan. Pemilihan fungsi keanggotaan gauss pada metode *fuzzy logic* tipe mamdani didasarkan atas uji performa terbaik dari fungsi keanggotaan segitiga maupun trapezium dengan nilai RMSE sebesar 0,385 dan VAF sebesar 58,046%.
3. Penentuan dan penilaian komponen kapasitas dengan dasar PERKA BNPB No. 2 Tahun 2012 dihasilkan kelurahan dengan kapasitas rendah terdapat di 27 kelurahan, kapasitas sedang 41 kelurahan, sedangkan kapasitas tinggi terdapat enam kelurahan.
4. Sedang untuk peta risiko banjir rob kota Semarang, dengan mengakomodasi penilaian risiko menggunakan metode penilaian risiko menggunakan matriks penentuan kelas sesuai dengan rumusan VCA, menghasilkan klasifikasi risiko rendah seluas 218,17 hektar di 15 kelurahan, risiko sedang seluas 1.116,38 hektar di 48 kelurahan, dan risiko tinggi seluas 6.671,36 hektar di 61 kelurahan. Kemudian, pemilihan metode penilaian risiko menggunakan matriks penentuan kelas sesuai dengan rumusan VCA dipilih lewat uji validasi dengan nilai sebesar 68,42% terhadap klasifikasi risiko sesuai kondisi dilapangan.
5. Berdasarkan proses penelitian ini pemodelan kerentanan dapat didekatkan dengan menggunakan metode *fuzzy logic* dimana memberikan hasil yang baik dalam proses penilaian risiko banjir rob kota Semarang.

Daftar Pustaka

- Aditya, T., 2010, Visualisasi Resiko Bencana di Atas Peta, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Bakti, L.M., 2010. Kajian Sebaran Potensi Rob Kota

Semarang dan Usulan Penanganannya. *Tesis*. Program Studi Magister Teknik Sipil. Pascasarjana UNDIP. Semarang

- BAPPEDA Semarang. 2010. Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Semarang 2010-2030. Semarang
- BAPPEDA Semarang. 2000. Profil Wilayah Pantai dan Laut Kota Semarang. BAPPEDA. Semarang
- BNPB, 2008, Pedoman Penyusunan Rencana Penanggulangan Bencana. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 4 Tahun 2008*
- BNPB, 2012, Pedoman Umum Pengkajian Risiko Bencana. *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana No. 2 Tahun 2012*
- Chakkar, S. & Mousseau, V. 2007. Spatial Multi Criteria Decision Making. LAMSADE. University of Paris Dauphine. France
- Departemen Dalam Negeri RI. 2007. Penanggulangan Bencana. *UU No. 24 Tahun 2007*
- Diposaptono, S., Budiman, & Agung, F. 2009. Menyasati Perubahan Iklim di Wilayah Pesisir dan Pulau-Pulau Kecil. Penerbit Buku Ilmiah Populer. Bogor
- Fanggi, L.M. 2011, Pemetaan Tingkat Risiko Tanah Longsor di Kecamatan Cibal. *Tesis*, Pascasarjana S2 Teknik Geomatika Jurusan Teknik Geodesi. Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Frits. I. 2010. Analisis Perilaku Pasang Surut Air Laut untuk Prediksi Rob Daerah Semarang. *Skripsi*. Program Studi Teknik Geodesi. UNDIP. Semarang
- Gumilar, I., Abidin H.Z., Andres, H., Mahendra, A.D., Sidiq, T.P., & Gamal, M. 2009. Studi Potensi Kerugian Ekonomi (*Economic Losses*) Akibat Penurunan Muka Tanah. *Prosiding Seminar Nasional FIT ISI 2009*. Teknik Geodesi UNDIP. Semarang
- Kurnianti, R. 2011. Pembuatan Peta Risiko Multi Bencana (Studi Kasus : Kali Code Pasca Erupsi Merapi). *Skripsi*. Jurusan Teknik Geodesi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta
- Kusuma, S., Hartati, S., Harjoko, A. & Wardoyo, R. 2006. *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making*. Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta
- Marfai, M. A. 2003. GIS Modelling of River and Tidal Flood Hazards in a Waterfront City Case study : Semarang City, Central Java, Indonesia. *Tesis*. Master Science in Geo-Information Science and Earth Observation, Natural Hazard Studies specialization.
- Miladan, N. 2009. Kajian Kerentanan Wilayah Pesisir Kota Semarang Terhadap Perubahan Iklim. *Tesis*. Program Studi Magister Teknik Pembangunan Wilayah dan Kota. Pascasarjana UNDIP. Semarang
- Setiyono, H., Sukmaningrum, S., Haryo, D. & Tri. 1994. Isu Kenaikan Muka Air Laut Global pada

- Pesisir Pulau Jawa. *Laporan Penelitian*. Pusat Studi Lingkungan Hidup. Lembaga Penelitian. UNDIP. Semarang
- Sutanta, H., Rahman, A., Sumaryo, & Diyono. 2005. Predicting Land Use Affected by Land Subsidence in Semarang Based on Topographic Map of Scale 1:5.000 and Leveling Data. *GIS Development*. Diakses 13 Maret 2012 pada http://www.gisdevelopment.net/application/natural_hazards/overview/ma05118.htm
- Winardo, A.B. 2009. *Investigasi Daerah Rawan Banjir di Kota Surabaya dengan Menggunakan Metode Fuzzy*. *Skripsi*. Jurusan Teknik Informatika Politeknik Elektronika Negeri Surabaya. ITS. Surabaya
- Wirasatriya, A. 2005. *Kajian Kenaikan Muka Laut Sebagai Landasan Penanggulangan Rob di Pesisir Kota Semarang*. *Tesis*. Program Studi Magister Manajemen Sumber Daya Air. Pascasarjana UNDIP. Semarang

Penanganan dan Aplikasi Data Pasang Surut IOC untuk Menunjang Perencanaan Spasial Wilayah Pesisir Daerah

Abdul Basith^a, Anggun Wara Pangesti^b

^aLaboratorium Hidrografi Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: abd_basith@ugm.ac.id

^bAlumni Teknik Geodesi FT-UGM

Abstract

IOC (Intergovernmental Oceanographic Commission) provide global continuous sea level monitoring data. This service involves about 560 tidal stations. This number tends to increase indicated by new tidal stations recently added to this service. A number of 20 tidal station are located in Indonesia and is available online under IOC sea level monitoring website.. Since the tidal data can be accessed at no cost, local government body such as local Public Work Department and Marine and Fisheries Department can utilize this data for supporting coastal zone spatial planning at district level where tidal station available. Works related to hydrographic survey, coastal zone management require information of tidal information such as mean sea level, chart datum, tidal harmonic constituents, vertical refence etc. However, IOC tidal data should pass preliminary treatment before use due to existence of errors such as spike, outlier and shifting and data interval. This paper describes IOC tidal data, preliminary treatment and resampling data.

Keywords: data pasang surut IOC, chart datum, kontrol kualitas data pasut

Pendahuluan

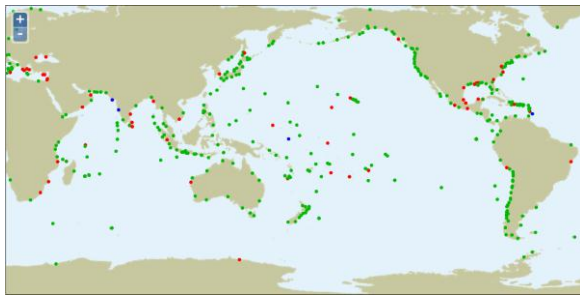
Undang-undang (UU) No. 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial sarat dengan terminologi yang terkait dengan kelautan seperti Peta Lingkungan Pantai Indonesia, Peta Lingkungan Laut Nasional Laut, garis pantai dan pasang surut. Salah satu tujuan diterbitkannya UU ini adalah menjamin ketersediaan informasi geospasial. Abidin (2011) dalam Semiloka Revitalisasi Tata Kelola Informasi Geospasial UU No. 4 2011 menggarisbawahi pentingnya mengumpulkan, mengatur, dan mengoptimalkan pemanfaatan informasi geospasial wilayah perairan Indonesia yang sangat luas untuk program pengembangan Indonesia.

Informasi pasang surut (pasut) sangat penting diperoleh untuk berbagai kepentingan. Sebagaimana disebutkan dalam pasal 13 UU No. 4 2011, informasi pasut sangat diperlukan untuk pendefinisian beberapa garis pantai maupun pengukuran JKV (Jaring Kontrol Vertikal Nasiona). Informasi pasut Indonesia diselenggarakan utamanya oleh instansi pemerintah seperti BIG (Badan Informasi Geospasial) dan Dishidros (Dinas Hidrografi Oseanografi) TNI-AL. Pada era awal, informasi data pasut ini tidak dipublikasikan secara *on line* ataupun *near real time*.

Setelah terdaftar pada IOC (*Intergovernmental Oceanographic Commission*) ke dalam jaring GLOSS (Global Sea Level Observing System), data pasut yang disediakan oleh BIG (Badan Informasi Geospasial) dapat diakses secara *on line* ataupun *near real time* serta dapat diunduh tanpa dikenakan biaya.

IOC adalah sebuah lembaga dalam UNESCO yang mengurus bidang ilmu kelautan, pengamatan kelautan, data kelautan, pertukaran data dan informasi kelautan, serta servis kelautan seperti sistem peringatan Tsunami. Lembaga ini mengoperasikan sekitar 560 lebih stasiun pasut global. Misi utama lembaga ini adalah untuk menggalang kerjasama internasional dan mengkoordinir program-program penelitian, pelayanan dan *capacity building* untuk mempelajari perilaku laut dan pantai beserta sumberdayanya. Tujuan dari misi pelayanan IOC adalah: 1) menyediakan informasi mengenai status operasional jaring global and regional stasiun pasut *real time*, 2) menyediakan layanan tampilan data pasut secara *near real time* untuk langkah-langkah inspeksi segera seperti peringatan dini bahaya Tsunami. Distribusi stasiun pasut dibawah koordinasi IOC ditunjukkan pada Gambar 1. Data pasut dalam jaring ini dapat diakses pada alamat web

<http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>.



Gambar 1. Jaringan stasiun pasut IOC

Halaman web layanan data pasut IOC tersebut pada awalnya difokuskan untuk pemantauan permukaan air laut di stasiun pasut Afrika. Web ini dikembangkan oleh kolaborasi antara Flanders Marine Institute dan proyek ODINAFRICA. Halaman web ini lalu dimekarkan menjadi layanan stasiun pemantauan permukaan laut global secara *real time* yang merupakan bagian dari program IOC yaitu: 1) jaringan inti sistem pengamatan permukaan laut global, dan 2) jaringan stasiun pasut untuk sistem regional peringatan Tsunami. Jaringan stasiun pasut IOC untuk kawasan Indonesia mencakup sekitar 20 stasiun pasut. Distribusinya ditunjukkan pada Gambar 2.

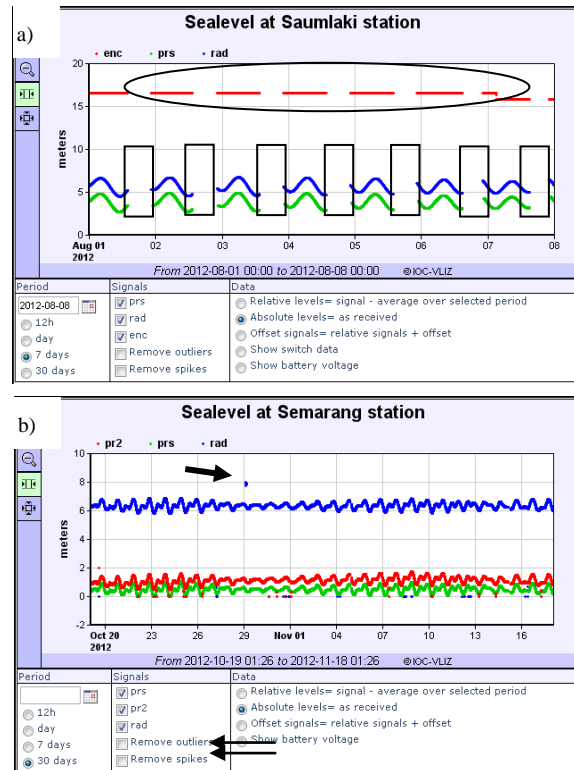


Gambar 2. Jaringan stasiun pasut IOC wilayah Indonesia

Data Pasut IOC

Data pasut IOC mencakup data-data yang diamat dari berbagai sensor seperti sensor tekanan (pressure tide gauge), sensor radar akustik (acoustic radar sensor), sensor encoder (encoder type sensor). Status jenis sensor yang digunakan ditunjukkan dengan singkatan sebagai berikut:

- Prs1 : sensor tekanan ke-1, bila lebih dari satu.
- Prs2 : sensor tekanan ke-2, bila lebih dari satu.
- Rad : sensor radar akustik ke-1
- Ra2 : sensor radar akustik ke-2
- Enc : sensor tipe encoder
- Enb : sensor tipe encoder
- Aqu : Aquatrak
- Bub : sensor gelembung (bubble)



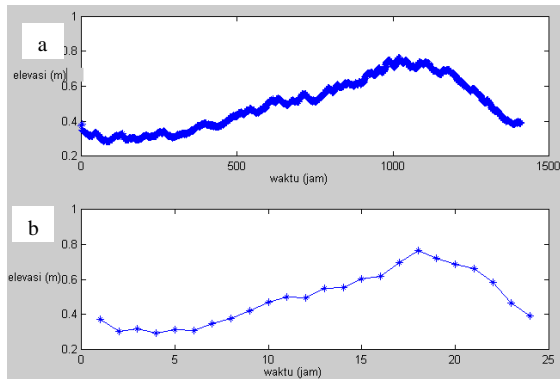
Gambar 3. Contoh data pasut dari sensor berbeda

Gambar 3a menunjukkan data pasut di stasiun pasut Saumlaki Ambon dari sensor tekanan, radar dan encoder. Sementara, Gambar 3b menunjukkan data pasut di stasiun pasut Semarang dari sensor tekanan dan radar saja. Dari gambar tersebut tampak bahwa kedudukan duduk tengah ataupun titik nol pembacaan data diatur pada kedudukan yang berbeda.

Data pasut yang dikelola IOC didesain untuk dapat mendeteksi tsunami secara dini. Oleh karenanya diperlukan pencatatan dengan interval yang rapat. Pada umumnya, data IOC dicatat tiap menit. Untuk menjamin ketersediaan data, IOC memberikan sensor tambahan dengan interval pencatatan 15 menit. Sebagai konsekuensinya, sinyal-sinyal frekuensi tinggi dan rendah juga tercampur dalam data pasut. Untuk analisis harmonik pasut diperlukan data pasut dengan interval pencuplikan (Δt) sebesar 1 jam. Berikut ini adalah kode program sederhana dalam bahasa pemrograman Matlab untuk pencuplikan data satu jam:

```
a=load('datapasut.txt');
n=length(a);
%operasi kalang
pst= [a(1)];
for i=1:n,
    if mod(i,60)==0,
        pst=[pst a(i)];
        fprintf('%7.4f\n',a(i));
    end
end
save tide_smg.txt pst
```

Urutan kerja program tersebut dimulai dengan membaca data dalam bentuk teks. Dengan asumsi tidak ada kesalahan pencatatan data menit, setiap kelipatan 60 (menit) dilakukan pencuplikan data dengan perintah `mod`. Sebuah matriks disiapkan untuk menampung data hasil cuplikan. Selanjutnya data disimpan ke dalam file tersendiri. Contoh hasil pencuplikan data dari interval menit-an (Gambar 4a) ke jam-an (Gambar 4b).



Gambar 4. Data pasut dengan interval menit dan jam

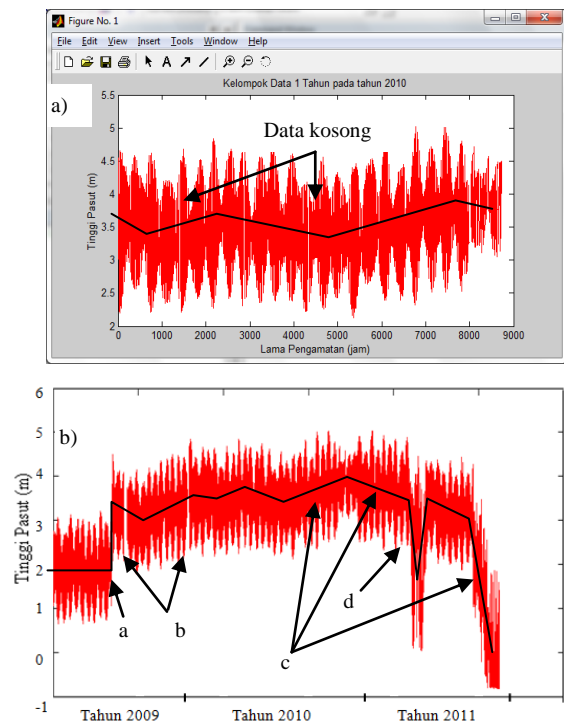
Satu hal yang perlu diketahui adalah bahwa data pasut IOC yang disajikan kepada publik belum melalui proses kontrol kualitas apapun karena memang misi utama IOC adalah untuk memberikan status terkini tinggi muka air laut. Untuk pemanfaatannya, kontrol kualitas data diserahkan sepenuhnya kepada pengguna data. Gambar 3 di atas sekilas menunjukkan adanya data kosong (ditunjukkan oleh bentuk kotak), lonjakan data /spike (ditunjukkan oleh panah), dan kerusakan sensor (ditunjukkan oleh bentuk oval) yang dinyatakan dengan garis lurus (tidak ada data harmonik pasut). Namun demikian, pihak IOC menyediakan fasilitas pembuangan data *outlier* (data yang secara numerik menyimpang jauh dari keumuman data lainnya) dan *spike* (lonjakan runcing). Fasilitas ini ditunjukkan oleh panah ganda. Selain itu, pengguna dapat mengunduh data pasut yang berupa *relative levels* dan *absolute levels*. Yang pertama adalah data pasut yang duduk tengahnya telah direduksi ke bidang nol. Data ini diperoleh dari hasil mengurangkan data asli dengan rata-ratanya untuk periode tertentu. Yang kedua adalah data asli seperti yang diterima dari sensor. Pembahasan kualitas data pasut IOC dan penanganannya didisusikan pada pokok bahasan berikutnya.

Contoh Data Pasut IOC: Stasiun Prigi

Stasiun pasut Prigi yang terletak di Kabupaten Trenggalek Jawa Timur termasuk dalam servis yang disediakan oleh IOC. Berikut ini disajikan data pasut stasiun Prigi dari tahun 2009, 2010, 2011 (Gambar 5). Gambar 5a mewakili penggal data pasut tahun 2010 yang memiliki kualitas baik, tanpa ada *spike* maupun

outlier. Namun demikian, data pasut ini masih mengandung kekosongan (*gap*). Selain itu, kecenderungan (*trend*) naik/turun tampak dalam data ini. Gambar 5b mewakili data pasut stasiun Prigi selama 3 tahun (2009-2011). Dari data ini dapat diuraikan beberapa masalah terkait dengan buruknya kualitas data pasut yang dipresentasikan dalam Gambar 5:

- Diskontinue*. Diskontinu data pasut tampak jelas pada Gambar 5a. Blok awal data tampak mempunyai duduk tengah yang lebih rendah dari duduk tengah blok data berikutnya.
- Gap/data kosong*. Sensor tidak melakukan perekaman data pasut. Tidak ada penjelasan terkait data kosong ini.
- Trend*. Data pasut tampak mempunyai kecenderungan naik maupun turun sebagaimana data dalam Gambar 5a. Tampak penurunan tajam pada blok data bagian akhir
- Outlier/spike*. Terdapat blok kecil data ditunjukkan oleh panah dengan notasi d yang dapat dianggap sebagai data *outlier* ataupun *spike*.



Gambar 5. Contoh data pasut dari sensor berbeda

Dari uraian diatas dapat dikatakan bahwa data pasut IOC tidak dapat digunakan secara langsung untuk kepentingan-kepentingan praktis seperti hitungan duduk tengah untuk periode panjang, misalnya tahunan, *tanggung (range)* pasut dan lain-lain. Sebagai ilustrasi, mengacu Gambar 5b, bila dilakukan hitungan *tanggung* pasut tanpa kontrol kualitas terlebih dahulu, maka akan menghasilkan nilai *tanggung* pasut sebesar lebih kurang 6 meter. Nilai ini tidak realistis untuk pelabuhan Prigi. *Tanggung* pasut

terbesar di Indonesia yakni sebesar sekitar 6 meter terjadi di Merauke, Papua. Supaya tidak terjadi hal demikian, maka perlu dilakukan kontrol kualitas ataupun pemrosesan awal seperti penapisan data sebelum penggunaan.

Aplikasi Data Pasut IOC untuk Pengembangan pelabuhan Perikanan Daerah

Stasiun pasut Prigi berlokasi di pelabuhan Prigi Kabupaten Trenggalek. Pelabuhan ini merupakan pelabuhan perikanan. Menurut Emma dkk (2009), pelabuhan perikanan Prigi direncanakan untuk diperluas. Informasi pasut seperti muka surutan peta (*chart datum*) mutlak diperlukan untuk proyek perluasan pelabuhan lebih-lebih bila melibatkan pembangunan infrastruktur pantai. Data pasut IOC wilayah ini dapat diperoleh secara cuma-cuma. Masalah yang tersisa adalah penanganan dan pemrosesannya. Beranjak dari kasus ini, pembahasan berikutnya mengemukakan penanganan data pasut IOC untuk pembangunan infrastruktur di daerah dengan penekanan pada penentuan muka surutan peta untuk kepentingan keselamatan pendaratan kapal ikan.

Rumusan *chart datum* yang mana?

Untuk kepentingan praktis perlu ditetapkan rumusan surutan peta (Z_0). Terdapat beberapa rumusan Z_0 yang spesifik untuk suatu negara tertentu sebagai berikut:

1. Indian Spring Low Water

$$Z_0 = A(K1)+A(O1)+A(M2)+A(S2)$$

Rumusan ini digunakan oleh Jepang and India

2. Rumus Z_0 ideal (*Mean Low Water Spring*)

$Z_0 =$ variasi musim +

$$1.1 (A(K1)+A(O1)+A(M2)+A(S2))$$

Rumusan ini digunakan oleh Inggris, Jerman, Itali, Brazil, dan Chili.

Untuk Indonesia, DISHIDROS (Dinas Hidro-Oseanografi) menetapkan batasan definisi surutan peta dengan perincian:

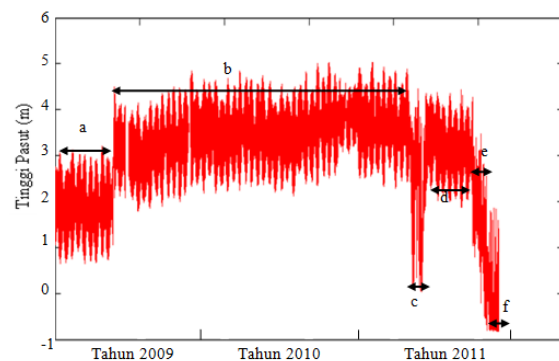
1. Mengikuti cara perhitungan sejak zaman Belanda, merujuk buku "Overzicht der Getijleer", mengacu "admiralty manual of tides" karya A.T. Doodson and H.D. Warburg
2. Surutan peta adalah rata-rata air rendah terendah (*mean lowest lower water*) atau dikenal dengan *lowest normal water*
3. Belanda menggunakan rata-rata setengah tahunan air rendah perbani (the mean half yearly low water springs) selama periode 18.6 tahun.
4. Menggunakan 7 konstituen gelombang pasut: M2, K2, O1, K1, S2, P1 dan N2.

5. Ditambah faktor keamanan, sehingga dalam kondisi meteorologis apapun permukaan air laut tidak pernah mencapai muka surutan peta atau dibawahnya.

Terkait dengan batas-batasan di atas, untuk penentuan surutan peta digunakan minimal sejumlah 7 konstituen pasut (butir 4). Dengan perkataan lain, untuk penentuan surutan peta di wilayah Indonesia tidak memerlukan seluruh/sejumlah besar konstituen pasut yang jumlahnya mencapai lebih dari 160 konstituen pasut.

Data yang mana?

Masalah berikutnya adalah pemilihan data pasut mana yang sesuai dengan tujuan praktis yaitu pengembangan pelabuhan perikanan kasus di pelabuhan Prigi. Kembali ke Gambar 5b, data seperti ini tidak dapat serta merta diproses. Terkait dengan kepentingan praktis di atas, data pasut Prigi selama 3 tahun dibagi menjadi blok-blok data sesuai pengelompokannya mengacu pada kondisi diskontinuitas data, data kosong, dan kecenderungan data yang dapat diinterpretasi secara visual (Gambar 6). Data ini dapat dibagi menjadi beberapa blok data. Kelompok data a, b (blok data terpanjang), dan d mewakili blok data yang relatif bagus kualitasnya sedangkan blok data c, e dan f mewakili kelompok data dengan kualitas yang relatif rendah. Eksperimen ini juga sekaligus mengevaluasi kekonsistenan konstituen pasut hasil analisis harmonik pasut terhadap blok data dengan panjang pengamatan yang berbeda-beda.



Gambar 6. Pengelompokan data

Penanganan data kosong

Data kosong hampir selalu ada pada catatan data pasut. Pertimbangan perlu tidaknya mengisi data kosong dengan suatu nilai hasil interpolasi tergantung pada metode/teknik analisis harmonik yang akan diterapkan.

Pemrosesan data pasut menggunakan metode Admiralty mengharuskan data dalam keadaan penuh yang tersusun sebagai matriks dengan nomor baris mewakili tanggal pengamatan sedangkan nomor

kolom mewakili jam pengamatan. Pengisian data kosong dapat dilakukan dengan interpolasi menggunakan persamaan polinomial. *Cubic spline* merupakan persamaan polinomial derajat 3 yang sering digunakan dalam pengisian data pasut. Interpolasi metode ini menghubungkan titik-titik data secara tepat dan tidak mengakibatkan kemiringan kurva secara drastis. Metode ini mempunyai keterbatasan bila *gap* data yang harus diisi cukup panjang seperti kasus data stasiun pasut Saumlaki (Gambar 3a). Satu hal yang perlu diingat bahwa pengisian data kosong dengan metode interpolasi semata-mata menganggap data pasut hanya sebatas data deret waktu, mengesampingkan faktor/fenomena fisis gaya pembangkit pasut yang sifatnya periodik. Pengisian data pasut yang memperhitungkan faktor ini dapat dilakukan dengan prediksi pasut.

Pemrosesan data pasut menggunakan metode kuadrat terkecil tidak memerlukan pengisian data kosong. Hal ini disebabkan parameter yang akan ditentukan (amplitudo dan fase beberapa konstituen pasut) jumlahnya jauh lebih sedikit dibandingkan dengan jumlah data. Sebagai ilustrasi, pengamatan pasut selama 15 hari memberikan data sebanyak 360 data. Bila hanya 7 konstituen pasut yang akan dipecahkan, maka akan ada 14 parameter pasut + 1 duduk tengah. Dari sini tampak bahwa jumlah data jauh lebih banyak dibandingkan parameter yang dipecahkan. Dalam pemrograman dengan MATLAB, data kosong cukup diberi nilai NaN (Not a Number) sedangkan dalam pemrograman dengan FORTRAN digunakan nilai 9999.

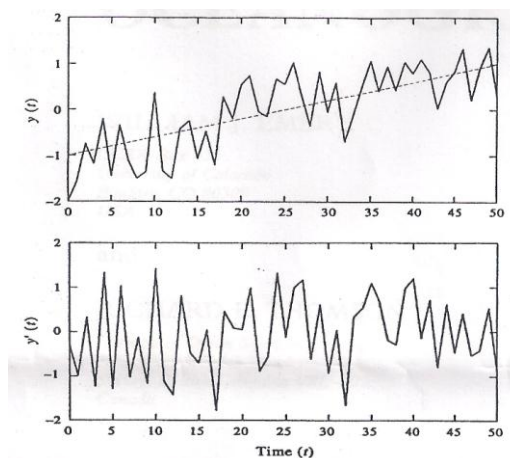
Penanganan data dengan trend

Data yang mengandung suatu trend, misalnya trend naik/turun linier, dapat ditangani dengan menghilangkan trend tersebut. Gradien trend dan konstanta penambah (bila ada) terlebih dahulu ditentukan dengan cara regresi linier. Persamaan yang didapat dari regresi digunakan untuk mengurangi trend dari data pasut. Ilustrasi penghilangan trend ditunjukkan pada Gambar 7.

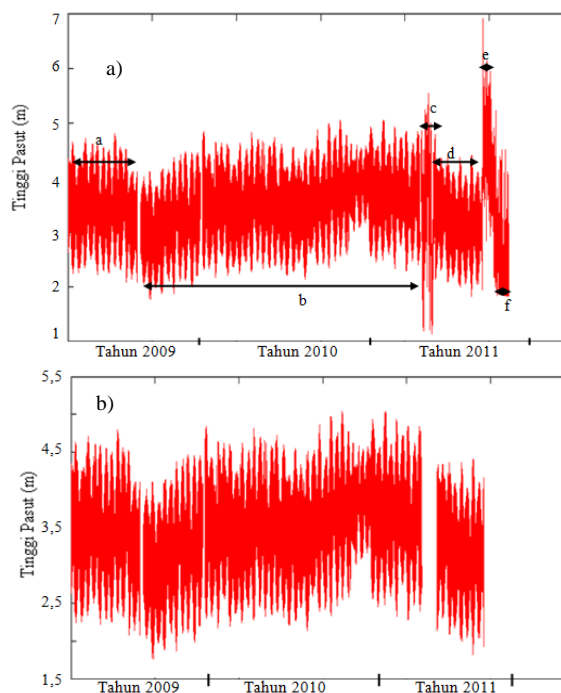
Penanganan data diskontinyu, outlier dan spike

Data diskontinyu yang tampak sebagai blok-blok data (Gambar 6) dengan duduk tengah yang berbeda diselesaikan dengan cara *shifting* mengacu pada blok data terpanjang dengan kualitas yang baik (blok b). Tiap blok-blok data dihitung nilai rata-ratanya. Nilai *shifting* per-blok data diperoleh dengan cara mengurangi nilai rata-rata blok data besar b dengan blok-blok data kecil seperti a, c, d, e, dan f. Data pasut yang telah disamakan referensinya tampak mempunyai nilai duduk tengah yang sama (Gambar 8a). Namun demikian, data *outliers* dan *spike* masih muncul. Untuk kepentingan praktis, data yang berupa *outliers* dan *spike* dapat dibuang dengan menerapkan kriteria penapisan dan identifikasi data tersebut

dengan perintah pencarian *find* dalam MATLAB. Selanjutnya, data dengan kondisi tersebut diubah nilainya dengan NaN.



Gambar 7. Data dengan trend linier (atas) dan data yang telah bersih dari trend (Emery, et.al., 1985).



Gambar 8. Data yang telah disamakan referensinya (atas) dan telah dihilangkan nilai *outliers* dan *spike*

Analisis Harmonik Pasut dengan Metode Kuadrat Terkecil

Tinggi muka air laut $x(t)$ di suatu tempat pada suatu waktu t dapat ditulis sebagai [Ali, dkk., 1994] :

$$x(t_n) = \bar{x} + \sum_{q=1}^M f_q H_q \cos[2\pi f_q t_n + V_q + u_q - g_q]$$

dengan,

$(V+u)$ = argumen astronomi, nilai argumen

setimbang komponen saat $t = 0$,
 V = bagian dari fase komponen di Greenwich yang berubah secara seragam,
 u = faktor koreksi fase dari variasi nodal bulan
 f = faktor koreksi nodal untuk amplitudo
 g = kelambatan fase antara gelombang harmonik terhadap kondisi setimbang di Greenwich
 t_n = waktu ke- n , dengan $n = 1, 2, \dots$
 q = $1, \dots, M$ (jumlah komponen)
 $g_q = \phi_q + (V_q + u_q)$ $H_q = C_q/f_q$

Solusi kuadrat terkecil persamaan harmonik pasut dipenuhi bila jumlah kuadrat residu/selisih antara pengamatan dan model pasut adalah minimum. Agar minimum, maka turunan persamaan residu terhadap parameter-parameter pasut harus = 0.

$$\sum_{n=1}^N v^2 = \sum_{n=1}^N (\hat{x}(t) - x(t))^2 = V^T V \Rightarrow \text{minimum}$$

Data pasut yang diproses dikelompokkan lagi sesuai panjang data dimulai dari kelompok panjang data 15 hari, 29 hari, 6 bulan, 1 tahun, blok a, b dan c seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Panjang data Vs. Jumlah Konstituen

Panjang data	Jumlah komponen	Signifikan	Non-signifikan
15 hari	20	11	9
29 hari	32	24	8
6 bulan	38	21	17
1 tahun	60	39	21
blok a≈5 bulan	38	20	18
blok b≈2 tahun	69	55	14
blok d≈4 bulan	38	22	16
3 tahun	69	46	23

Tabel 1 menunjukkan jumlah panjang data pasut beserta jumlah konstituen pasut yang dihasilkan. Data 1, 2 dan 3 tahun menghasilkan jumlah konstituen yang tidak jauh berbeda sekitar 60-an konstituen. Data 1 bulan (29 hari), 4 bulan maupun 6 bulan menghasilkan sekitar 30-an konstituen. Sementara data 15 hari menghasilkan 20 konstituen. Dari hasil ini tampak bahwa pengukuran 15-29 hari sudah cukup menghasilkan jumlah konstituen pasut sesuai persyaratan Dishidros (7 konstituen). Sembilan konstituen hasil pengolahan data pasut IOC stasiun Prigi dievaluasi nilai amplitudonya terhadap data pasut Dishidros (Tabel 2).

Tabel 2 menunjukkan bahwa nilai-nilai amplitudo kelompok data dengan panjang berbeda cukup konsisten. Sebagai contoh, nilai amplitudo M2 blok-blok data berkisar pada harga 55-58 cm. Nilai ini cukup konsisten dengan amplitudo data Dishidros untuk konstituen M2 yakni sebesar 58 cm. Nilai-nilai amplitudo konstituen lain, S2, K2, N2, O1, K1, dan P1 pun menunjukkan kekonsistenan dengan data

amplitudo data pasut Dishidros. Dari sini dapat disimpulkan bahwa untuk kepentingan praktis seperti pengembangan pelabuhan perikanan di Prigi, cukup diperlukan data pengamatan pasut IOC selama 15-29 hari. Data sepanjang periode ini cukup mudah dipilih dari rangkaian panjang data IOC dengan berbagai kondisi. Merujuk pada Gambar 8, data sepanjang periode ini dapat dipilih dari blok a, b maupun d.

Tabel 2. Perbandingan data pasut Dishidros Vs. IOC di stasiun pasut Prigi

Konstituen pasut	Dishidros	15 hari	29 hari	6 bulan	1 tahun	5 bulan	2 tahun	4 bulan
M2 (m)	0.58	0.55	0.57	0.58	0.58	0.58	0.58	0.58
S2 (m)	0.31	0.34	0.34	0.31	0.31	0.32	0.31	0.32
N2 (m)	0.10	-	0.12	0.11	0.11	0.1	0.11	0.11
K2 (m)	0.08	0.09	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.09
K1 (m)	0.20	0.21	0.23	0.22	0.22	0.24	0.22	0.20
O1 (m)	0.12	0.14	0.12	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
P1 (m)	0.07	0.07	0.08	0.07	0.08	0.08	0.07	0.07

Hitungan Chart Datum (CD)

Hasil hitungan nilai surutan peta (Z_0) beserta duduk tengah (DT) ditampilkan pada Tabel 3. Nilai Z_0 untuk data terpendek (15 hari) menghasilkan nilai terendah yakni 1.40 meter. Hal ini dikarenakan nilai N2 tidak berhasil dikeluarkan dari data 15 hari. Pembahasan detil mengenai hal ini dapat dijumpai pada literatur-literatur tentang pengolahan data pasut yang membahas tentang periode sinodik. Sementara itu, kelompok-kelompok data lainnya memberikan nilai Z_0 yang lebih besar dari data 15 hari yakni berkisar dari 1.50-1.55 meter.

Tabel 3. Hasil hitungan nilai Chart Datum

No.	Panjang Data	Nilai Z_0 (m)	DT (m)	CD (m)
1	15 hari	1.40	3.38	1.98
2	29 hari	1.55	3.48	1.93
3	6 bulan	1.50	3.49	1.99
4	1 tahun	1.52	3.49	1.97
5	5 bulan	1.54	3.43	1.89
6	2 tahun	1.51	3.43	1.92
7	4 bulan	1.50	3.15	1.65

Nilai chart datum (DT- Z_0) yang dihasilkan dari data 15 dan 29 hari, yaitu 1.98 dan 1.93, relatif sama dengan data panjang (1 dan 2 tahun) yaitu 1.97 dan 1.92 meter. Dua nilai chart datum pertama ditambah dengan angka (konstanta) keselamatan sudah cukup untuk menjadi referensi keselamatan pelabuhan.

Aspek terkait Sumber Daya Manusia di Daerah

Dari uraian di atas, beberapa hal dapat digarisbawahi yaitu:

1. tersedia data pasut IOC yang dapat diunduh secara gratis,
2. cukup diperlukan data pasut pendek yang mudah dipilih dari rangkaian panjang data pasut IOC

Dua aspek di atas dapat dilakukan oleh aparat di daerah misalnya pada dinas Kelautan dan Perikanan Daerah. Aspek lain yang menjadi tantangan adalah pengolahan data pasut dan interpretasinya. Untuk hal ini diperlukan sumber daya manusia (SDM) dengan ketrampilan khusus. Perangkat lunak pengolahan pasut banyak tersedia di dunia maya. Pemahaman akan teori pasut dan pengolahan datanya perlu dibekalkan untuk mengoptimalkan manfaat data pasut gratis IOC.

Kesimpulan dan Saran

Dari uraian di atas dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Data pasut IOC perlu dilakukan pemrosesan awal untuk kontrol kualitas. Hal ini disebabkan adanya kekosongan data, *trend*, *spike*, *outlier*, dan diskontinuitas pada data pasut. Pemrosesan awal dimaksudkan untuk menghilangkan pengaruh-pengaruh tersebut.
2. Untuk kepentingan praktis seperti pengembangan wilayah pelabuhan, data pasut IOC dengan durasi pendek, 15-29 hari, sudah cukup menghasilkan sejumlah konstituen pasut yang dipersyaratkan oleh pihak dishidros untuk penentuan muka surutan peta.

Satu hal yang perlu disarankan adalah perlunya diimbangi antara ketersediaan data kelautan, yakni data pasut IOC, yang mencakup skup daerah dengan kemampuan aparat daerah untuk dapat mengekstrak informasi pasut guna kepentingan daerah seperti pengembangan wilayah pelabuhan.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih ditujukan kepada IOC yang telah menyediakan data pasut serta Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada yang telah menyediakan fasilitas Laboratorium Hidrografi untuk memproses data.

Daftar Pustaka

Ali, M., Mihadja, D. K., Hadi, S., 1994, "Pasang Surut Laut", Institut Teknologi Bandung

Emery, J. E. and Thomson, R. E. (1997). *Data Analysis Methods in Physical Oceanography*. United Kingdom, Pergamon Press.

Emma, I. R., Budi, S. W. and Suharyanto, A. (2009). "Evaluasi Perencanaan Pengembangan Pelabuhan Perikanan Prigi Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Wilayah Kabupaten Trenggalek." *Jurnal Tata Kota & Daerah* 1(1): 71-77.

<http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>.

Kontrol Kualitas Data Pasang Surut Jaring *Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL)* di Pulau Jawa

Leni S. Heliani^a, Danardono^b, Irwan Endaryanto^b, Anggun Pangesti^c, Ari D. Hartanto^d

^a Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: lheliani@ugm.ac.id

^b Staf Pengajar FMIPA-UGM

^c Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

^d Mahasiswa S2 matematika, FMIPA, UGM

Abstract

There are three major problems that limit the quality of the tidal data, those are: inconsistency of reference field, data gaps and outliers. This paper discusses the process and results of automatic method to detect and correct those problems. Inconsistency in the reference field has been solved by adding or subtracting the value of the deviation average of the data blocks from the reference block. While the outlier detection has been performed by determine the residual of the observation data from the prediction data/curva not more than 3 sigma. The methods have been applied for quality control of tidal data of 3 tide gauges PSMSL network stations at Java island. The results show that the highest percentage of good quality data is Prigi station by 91% and the lowest is Sadeng station by 72%. The data gaps become the main problem of the data with a percentage of about 17 to 40%, then the constant data with the percentage of about 1 to 41% and outlier data of about 1.5 to 5.4%.

Keywords: data pasang surut, jaring PSMSL, outlier, gap data.

1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dengan luas wilayah terdiri dari 1,9 juta km² di darat dan 3,2 juta km² di laut dengan panjang garis pantai ±108.000 km (Anonim, 2012a). Indonesia dengan konsep Wawasan Nusantara, sebagaimana diakui dunia internasional sesuai dengan hukum laut internasional (UNCLOS 82), memberikan konsekuensi kepada negara dan rakyat Indonesia untuk mampu mengelola dan memanfaatkannya secara optimal dengan tetap memperhatikan hak-hak tradisional dan internasional. Optimalisasi potensi laut memerlukan studi-studi kelautan yang menghasilkan informasi kelautan sebagai dasar pemanfaatan laut.

Data pasang surut adalah salah satu data kelautan yang berperan sangat penting sebagai dasar optimalisasi pemanfaatan laut. Aplikasi data pasang surut untuk keperluan praktis diantaranya adalah data dasar/acuan navigasi, pembangunan pelabuhan, pengembangan pariwisata laut, eksplorasi serta eksploitasi minyak, gas dan mineral. Sedangkan untuk keperluan ilmiah diantaranya adalah deteksi/pemodelan tsunami, penentuan muka laut rerata dan muka surutan peta sebagai bidang referensi

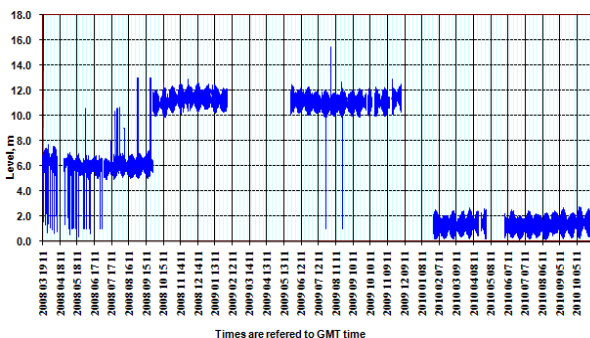
pemetaan darat dan laut, koreksi pemodelan dinamika laut seperti gelombang, arus dan kenaikan muka air laut, serta koreksi pengukuran satelit altimetri.

Mengingat arti penting data pasang surut, saat ini berkembang stasiun-stasiun pengamatan pasang surut di Indonesia, diantaranya 113 stasiun yang dikelola oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) (Khafid, 2011). Sebanyak 17 stasiun BIG tersebut merupakan bagian dari jaring stasiun pasang surut global Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL). Jaring PSMSL di Indonesia tersebut terletak di sepanjang pantai selatan Sumatra, Jawa, Bali, Nusa Tenggara dan barat Maluku serta timur Sulawesi (PSMSL, 2012).

Aplikasi data pasang surut sebagaimana disampaikan di atas yang sangat bervariasi, memerlukan ketersediaan dan kualitas data pasang surut yang beragam pula. Untuk keperluan ilmiah dan rekayasa diperlukan data dengan kualitas dan ketelitian yang tinggi. Kesalahan pada data pasang surut bisa diklasifikasikan pada kesalahan acak dan sistematik. Contoh kesalahan acak disebabkan karena derau elektronik, masalah sensor komunikasi dan kalibrasi sensor. Sedangkan kesalahan sistematik diantaranya in-homogenitas data karena perubahan

prosedur, alat, dan perubahan lingkungan stasiun pasang surut (Garcia et al., 2007). Pada dasarnya kualitas data pasang surut terutama dipengaruhi oleh 3 permasalahan yaitu kekosongan data, blunder data dan perubahan bidang referensi data (Rickard and Kilonsky, 1997). Beberapa studi telah dilakukan dalam rangka menyelesaikan permasalahan tersebut, diantaranya Garcia et al. Tahun 2007, mengembangkan European Sea Level Services (ESEAS) on Quality Control berdasarkan standar-standar yang sudah ada diantaranya IOC manual (UNESCO, 2002) Standar kualitas diklasifikasikan dalam dua tingkat data berdasarkan waktu pengiriman data yaitu (1) level 1 untuk kontrol kualitas data letensi rendah untuk penggunaan operasional peringatan tsunami dan badai, sehingga memerlukan prosedur otomatis, sampel interval pendek dan transmisi cepat, (2) level 2 untuk kontrol kualitas penuh bagi data delay untuk penggunaan data periode panjang. Standar kontrol kualitas ini selanjutnya diaplikasikan pada jaring ESEAS yang terdiri dari 200 stasiun pasang surut di seluruh Eropa.

Berdasarkan permasalahan tersebut dalam penelitian ini telah dikembangkan metoda otomatis/software untuk (1) mendeteksi dan mengoreksi perubahan bidang referensi data, (2) mendeteksi dan menghilangkan kesalahan blunder/outlier dan (3) mendeteksi serta menginterpolasi kekosongan data. Contoh gambaran kondisi data pasang surut wilayah penelitian ditunjukkan pada Gambar 1. Mengingat ketersediaan data dan kemudahan mendapatkan data, metoda-metoda/software tersebut digunakan untuk menentukan kualitas data pasang surut di 3 stasiun di



pantai selatan pulau Jawa yang termasuk dalam jaring global PSMSL.

Gambar 1. Kondisi data pasang surut stasin Sadeng

2. Metodologi

Data yang digunakan dalam penelitian ini ada data pengukuran pasang surut menggunakan alat *pressure gauge* pada stasiun Tanjung Lesung, Cilacap dan

Sadeng dari tahun 2008 – 2011. Data diunduh dari website: www.ioc-sealevelmonitoring.org.

Tahapan pelaksanaan pre-processing data pasang surut untuk menentukan kualitas adalah:

2.a. Deteksi perubahan bidang referensi

Perubahan referensi biasanya terjadi setelah ada kekosongan data misalnya karena terputusnya sumber energi sehingga alat *gauge* memulai pengukuran dengan bidang referensi yang berbeda. Deteksi dilakukan melalui perbandingan nilai rerata muka laut blok data sebelum dengan sesudah terjadi kekosongan data. Koreksi bidang referensi secara sederhana dilakukan dengan mengurangi atau menambahkan nilai bias antar nilai rerata terhadap nilai rerata blok data yang paling dominan/acuan. Dalam hal ini, besarnya koreksi tinggi muka laut untuk blok_x:

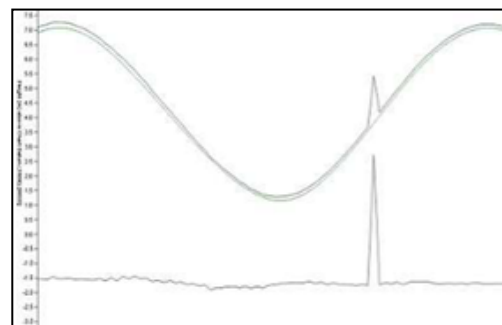
$$\Delta h_{\text{blok}_x} = \bar{h}_{\text{blok_awal}} - \bar{h}_{\text{blok}_x} \dots\dots\dots(1)$$

Nilai tinggi muka laut terkoreksi:

$$h_{\text{blok}_x(\text{corrected})} = h_{\text{blok}_x} - \Delta h_{\text{blok}_x} \dots\dots\dots(2)$$

2.b. Deteksi kesalahan kasar/outlier

Kesalahan kasar/outlier pada data pasang surut merupakan permasalahan yang sering terjadi. Beberapa kemungkinan penyebab terjadinya kesalahan kasar/outlier adalah kesalahan pada alat ukur dan pada saat transmisi. Proses deteksi kesalahan kasar/outlier pada data pasang surut memerlukan ketelitian tinggi dan pengetahuan tentang pola-pola kesalahan dan outlier pada data pasang surut. Hal ini untuk menghindari kesalahan deteksi perubahan data sesaat yang sebenarnya merupakan signal fenomena tertentu seperti tsunami atau badai yang dianggap sebagai outlier. Beberapa kemungkinan pola kesalahan kasar/outlier adalah: perubahan nilai data sesaat/tunggal (Gambar 2), dan



nilai data konstan dalam periode waktu tertentu.

Gambar 2. Outlier pada data pasang surut (Anonim, 2012b)

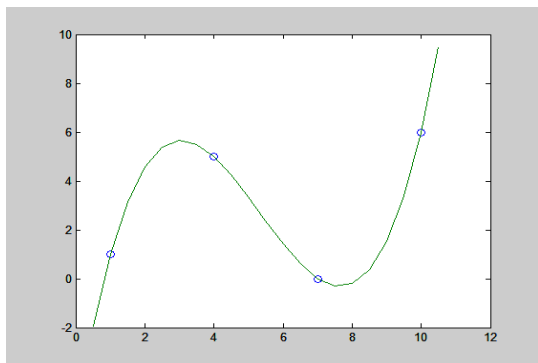
Deteksi outlier secara otomatis dilakukan berdasarkan nilai residual tinggi muka laut terhadap trend muka laut yang diperoleh berdasarkan hasil prediksi nilai muka laut menggunakan nilai-nilai komponen pasang surut hasil analisis. Oleh karena itu tahapan deteksi outlier adalah:

- Melakukan analisis pasang surut untuk mendapatkan nilai komponen pasut.
- Melakukan prediksi pasut (p_i) berdasarkan nilai komponen pasut.
- Melakukan fitting data pengukuran (h_i) dan prediksi (p_i) pasang surut.
- Menghitung nilai residual pasang surut berdasarkan:

$$v_i = h_i - p_i \quad \dots\dots\dots(3)$$

- Deteksi outlier jika:

$v_i \geq 3\sigma$, data dihilangkan selanjutnya jika memungkinkan diinterpolasi



Gambar 3. 4 titik acuan pada interpolasi *cubic spline*

2.c. Interpolasi data kosong.

Interpolasi dilakukan dengan menggunakan metoda *cubic spline*, dengan pertimbangan pola/bentuk gelombang pasang surut yang sinusoid. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan minimal 3 titik acuan yang kira-kira mempunyai interval yang sama seperti ditunjukkan pada gambar 3.

Jika dipunyai n titik data $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, *cubic spline* adalah fungsi yang didefinisikan sepotong-sepotong (piecewise) sebagai berikut (Ruppert, 2003):

$$S_{1(x)} = y_2 + b_1(x-x_1) + c_1(x-x_1)^2 + d_1(x-x_1)^3 \quad x_1 \leq x \leq x_2$$

$$S_{2(x)} = y_2 + b_2(x-x_2) + c_2(x-x_2)^2 + d_2(x-x_2)^3 \quad x_2 \leq x \leq x_3$$

$$\vdots$$

$$S_{n-1(x)} = y_{n-1} + b_{n-1}(x-x_{n-1}) + c_{n-1}(x-x_{n-1})^2 + d_{n-1}(x-x_{n-1})^3 \quad x_{n-1} \leq x \leq x_n$$

\dots\dots\dots(4)

dengan kendala (constraint):

- kondisi interpolasi $S_i(x_i) = y_i$, untuk $i = 1, \dots, n-1$,

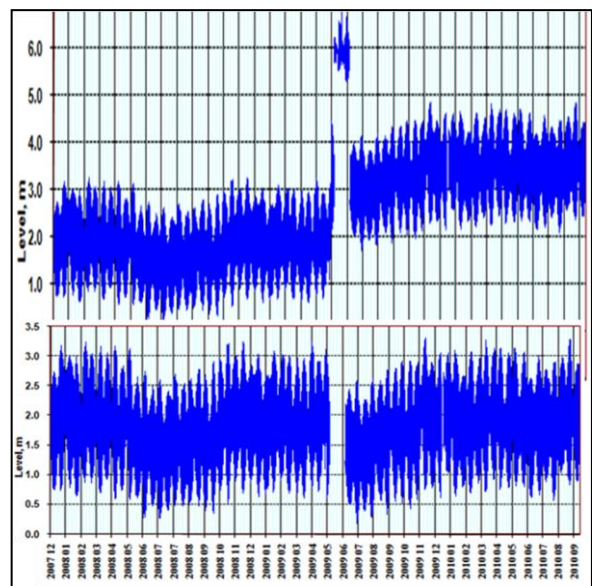
- dan $S_i(x_{i+1}) = S_{i+1}(x_{i+1}) = y_{i+1}$, untuk $i = 1, \dots, n-2$;
- kondisi smothness $S_{n-1}(x_n) = y_n$; $S'_i(x_{i+1}) = S'_{i+1}(x_{i+1})$ dan $S''_i(x_{i+1}) = S''_{i+1}(x_{i+1})$;
- “Not-A-Knot” constraint, yaitu $d_1 = d_2$ dan $d_{n-2} = d_{n-1}$, atau $S'''_1(x_2) = S'''_2(x_2)$ dan $S'''_{n-2}(x_{n-2}) = S'''_{n-1}(x_{n-2})$. Kendala ketiga ini merupakan default dari program Matlab yang digunakan pada artikel ini.

Simulasi beberapa kemungkinan perioda/lama data kosong dilakukan untuk mengetahui perioda data kosong yang dapat dan tidak dapat diinterpolasi. Kontrol hasil simulasi dibandingkan dengan data/kurva pengukuran.

3. Hasil dan Pembahasan

3.a. Unifikasi bidang referensi

Tahapan awal proses kontrol kualitas data pasang surut adalah unifikasi bidang referensi data. Hal ini dilakukan karena perubahan bidang berpengaruh pada tahapan deteksi outlier.



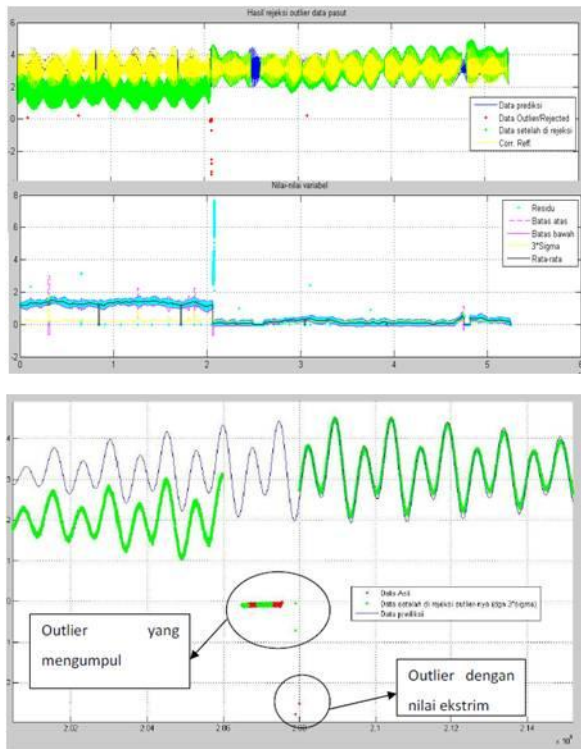
Gambar 4 menunjukkan perubahan bidang referensi

Gambar 4 atas menunjukkan perubahan bidang referensi sebesar ± 1 m setelah terjadi kekosongan data di stasiun Prigi periode Mei – Juni 2009. Selanjutnya nilai rerata blok data sebelum Mei 2009 digunakan sebagai bidang acuan, sehingga semua data sesudah Mei 2009 dikurangi 1 m dan dihasilkan data pasang surut yang konsisten selama periode 2008-2011.

3.b. Data outlier

Data outlier yang terjadi sebagian besar merupakan perubahan nilai tinggi muka laut sesaat yang sangat besar, disebabkan oleh kesalahan random pada alat dan transmisi data. Sedangkan sebagian kecil disebabkan karena kerusakan pada alat sehingga

dihasilkan nilai pengukuran sama/tidak berubah nilainya secara terus menerus .

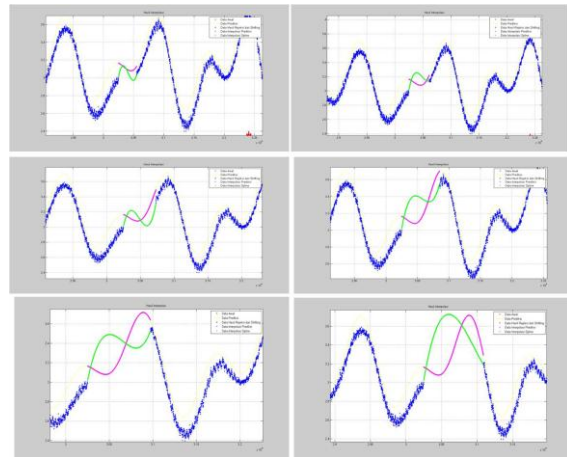


Gambar 5. Deteksi dan rejeksi data outlier

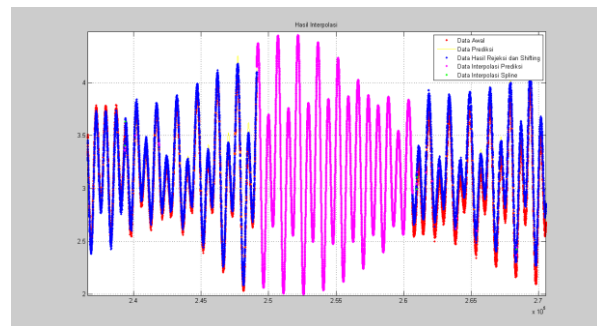
Gambar 5 atas menunjukkan proses dan dasar dari deteksi dan rejeksi data outlier, dimana plot nilai pengukuran sebelum koreksi referensi (hijau) menjadi konsisten setelah dikoreksi (kuning) dan selanjutnya diperbandingkan dengan nilai prediksi (biru tua) menghasilkan nilai residu (biru muda) yang diuji: jika $v \geq 3\sigma$ maka dinyatakan sebagai outlier sehingga harus dihilangkan. Detail contoh kondisi/posisi data outlier (Gambar 5 bawah) dimana terdapat data outlier yang mengumpul dan sama nilainya atau perubahan nilai sesaat yang sangat signifikan.

3.c. Interpolasi data

Data pasang surut yang mengandung kekosongan data disebabkan karena alat yang tidak bekerja, transmisi data yang tidak sukses atau rejeksi outlier maka perlu diinterpolasi untuk melihat konsistensi/trend data. Pola/periode kekosongan data sangat bervariasi mulai dari kekosongan data periode pendek dalam satuan menit dan jam serta hari, sampai dengan periode minggu sampai bulan. Oleh karena itu perlu dilakukan pengkajian untuk mengetahui periode kekosongan data yang masih memungkinkan data bisa diinterpolasi secara benar.



Gambar 6. Simulasi periode kekosongan data dan hasil interpolasi data.



Gambar 7. Hasil interpolasi data pasang surut menggunakan hasil prediksi

Gambar 6 a sampai f berturut-turut dari atas ke bawah dan kiri ke kanan adalah simulasi periode kekosongan data selama 5, 6, 8, 10, 12 dan 14 jam, dan hasil interpolasi data menggunakan metoda *cubic spline*. Untuk kekosongan data 5 – 8 jam terlihat bahwa pola hasil interpolasi masih konsisten dengan pola data hasil pengukuran. Sedangkan kekosongan data 10 – 12 pola grafik mulai tidak konsisten, bahkan untuk kekosongan data 14 jam hasil sudah sangat tidak konsisten dengan pola data pengukuran bahkan merubah tipe pasutnya dari tipe pasut campuran cenderung harian tunggal menjadi tipe pasut harian tunggal/gelombang pasut disimplifikasi. Oleh karena itu, jika terjadi kekosongan data periode panjang maka bisa digunakan interpolasi hasil prediksi (Gambar 7).

Tabel 1. Rekapitulasi hasil kontrol kualitas data 3 stasiun pasang surut

Stasiun	Tahun	Jumlah Data	Data diterima	Data Kosong	Data Rejected	Data Konstan	MSL (m)
					(outlier)	as data error	
Prigi	2008	527040	508535	3155	144	12564	1.72
	2009	525600	482336	25845	1193	16226	2.65
	2010	525600	472772	37976	323	14493	3.51
	2011	525600	456767	25180	27063	16590	2.83
	Total	2103840	1920410	92156	28723	59873	2.68
Sadeng	2008	440640	296283	120461	888	23108	7.17
	2009	440640	235144	49634	7810	148052	4.19
	2010	440640	421011	9511	40	10078	1.29
	Total	1321920	952438	179606	8738	181238	4.21
Tanjung	2008	440640	364025	67355	3367	5893	-7.30
	2009	440640	411244	21089	1685	6622	0.85
	2010	440640	385353	48516	1564	5207	0.81
Lesung	Total	1321920	1160622	136960	6616	17722	-1.88

3.d. Rekapitulasi kualitas data

Hasil pengolahan kontrol kualitas 3 stasiun pasang surut untuk perioda data 2008 – 2011 untuk stasiun Prigi dan 2008-2010 untuk stasiun Sadeng dan Tanjung Lesung ditunjukkan pada Tabel 1.

Dari tabel terlihat bahwa jumlah data tahunan paling baik adalah stasiun Prigi, sedangkan jumlah data di Sadeng dan Tanjung Lesung relatif sama. Prosentase data yang diterima/benar berkisar antara 53-96 %, dengan rerata sebesar 84.5%. Prosentase tertinggi pada tahun 2008 di Prigi dan terendah di Sadeng pada tahun 2009. Kekosongan data berkisar antara 0.5 – 27 % , terendah pada tahun 2008 di Prigi dan tertinggi tahun 2008 di sadeng. Sedangkan data outlier berkisar antara 0.02 – 5.1%, untuk tahun 2008 dan 2011 di stasiun Prigi. Selanjutnya kerusakan alat yang menyebabkan nilai pengukuran konstan berkisar antara 1.2% pada tahun 2010 di Tanjung Lesung, sampai dengan 33.6% pada tahun 2009 di stasiun Sadeng.

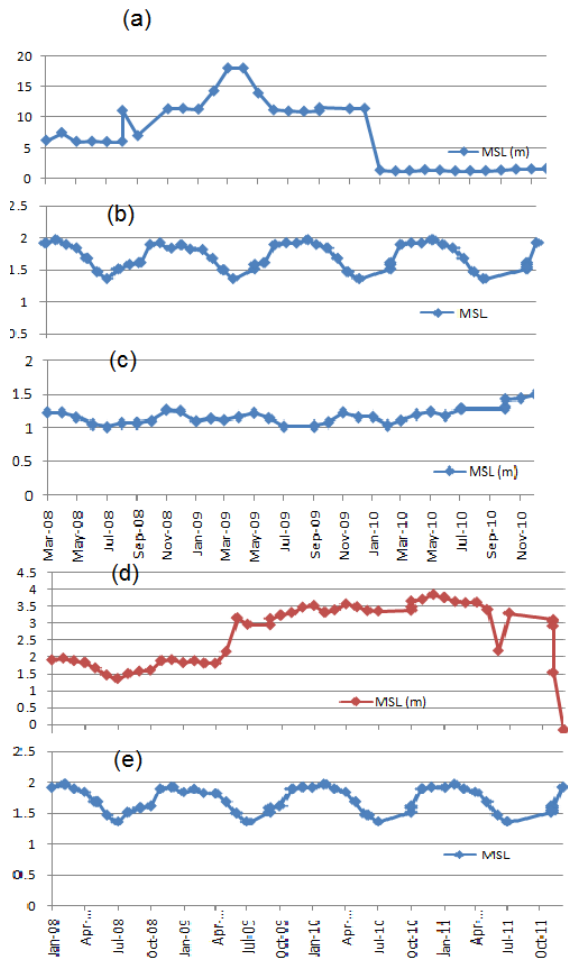
Secara umum maka dapat disimpulkan bahwa stasiun Sadeng mempunyai kualitas data yang terendah dibandingkan Prigi dan Tanjung Lesung. Selain itu juga terlihat adanya perubahan bidang referensi yang sangat signifikan di

3.e. Muka laut rerata

Data pasang surut sebelum dan sesudah dilakukan kontrol kualitas dihitung nilai muka laut reratanya (MSL). Terlihat bahwa perubahan bidang referensi sangat berpengaruh terhadap nilai MSL yang ditunjukkan secara jelas pada Gambar 8.

Terlihat perubahan referensi sampai dengan ± 15 m di stasiun Sadeng pada periode November 2009 – Januari 2010. Demikian juga di stasiun Prigi ± 3.5 m pada akhir 2011. Sedangkan untuk stasiun tanjung lesung relatif stabil hanya terjadi data outlier ditunjukkan dengan nilai tinggi muka laut negatif, yang selanjutnya dihilangkan.

Setelah perubahan bidang referensi dikoreksi terlihat pola variasi MSL bulanan secara periodik di 3 stasiun pasang surut. Meskipun terdapat pola yang tidak teratur, variasi MSL bulanan terendah di stasiun Sadeng terjadi periodik 2 kali dalam setahun, yaitu sekitar bulan Juli dan Januari. Demikian juga dengan variasi MSL bulanan di stasiun Tanjung Lesung, kecuali pada akhir tahun 2010 yang relatif terus meningkat. Sedangkan variasi MSL bulanan di stasiun Prigi terlihat sangat teratur dan periodik dengan MSL terendah pada bulan April – Juli dan tertinggi pada bulan November – Januari dengan 1 kali siklus dalam 1 tahun.



Gambar 8. Variasi muka laut rerata bulanan sebelum dan sesudah koreksi perubahan bidang referensi di stasiun Sadeng (a) dan (b), stasiun Tanjung Lesung (c) dan stasiun Prigi (d) dan (e)

4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

- Proses kontrol kualitas secara otomatis dapat dilakukan secara sederhana dan sangat membantu dalam hal efisiensi waktu pengolahan data.
- Terdapat beberapa perubahan bidang referensi yang sangat besar pada data pasang surut di stasiun Sadeng dan Prigi.
- Prosentase data berkualitas baik tertinggi adalah stasiun Prigi sebesar 91% dan terendah stasiun Sadeng sebesar 72%.
- Permasalahan data terbesar di 3 stasiun pasang surut adalah kekosongan data yang berkisar antara 17 – 40%, diikuti dengan data konstan sebesar 1-41% dan data outlier sebesar 1.5 – 5.4%.

Berdasarkan pelaksanaan dan hasil penelitian maka dapat disarankan:

- Pemakaian metoda lain untuk mendeteksi kemungkinan variasi dari perubahan bidang referensi.
- Pemakaian metoda yang lain untuk memastikan bahwa semua data outlier data terdeteksi terutama untuk kondisi data yang sangat banyak mengandung derau.
- Pengaplikasian metoda untuk data pasang surut dari stasiun lainnya.

Ucapan Terimakasih

Beberapa informasi terkait kondisi data dan stasiun diperoleh dari Bidang Gayaberat dan Pasang Surut, BIG. Penelitian ini didanai oleh hibah penelitian STRANAS DIKTI 2012.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2012a, Informasi Geospasial Mendukung Pelaksanaan Program MP3EI, <http://www.bakosurtanal.go.id/bakosurtanal/informasi-geospasial-mendukung-pelaksanaan-program-mp3ei> (akses tgl. 15 November 2012)
- Anonim, 2012b, Quality Control of Tide Data, <http://www.sonel.org/-Documentation,67-.html?lang=en> (akses tg 19 April 2012)
- García, M.j., B. P. Gómez, F. Raicich, L.Rickards, E. Bradshaw, H. Plag, X. Zhang, B.L. Bye, E. Isaksen European Sea Level Monitoring: Implementation of ESEAS Quality Control, *Dynamic Planet, International Association of Geodesy Symposia V. 130*, 2007, pp 67-70
- Khafid, 2011, draft Grand Design Geodesi Kelautan untuk peyusunan Grand Design Pusat Geodesi , Rakortek, 27-28 Desember 2011
- Rickards and Kilonsky, 1997, <http://www.bodc.ac.uk/projects/international/woce/documents/odspaper.pdf> (akses tgl 20 Agustus 2012)
- Ruppert, D., Wand, M. P. Dan Carroll, R. J., 2003, *Semiparametric Regression*. Cambridge University Press.
- UNESCO, 2002, Manual on Sea Level Measurement and Interpretation. Volume III. Reappraisals and recommendations as for year 2000. *IOC Manuals and Guides No. 14*, 55pp.

Perbandingan Segmen Batas Wilayah yang Berbatasan Antara Dua Daerah yang Berbeda Tahun Pembentukannya Studi Kasus Kabupaten Kepahiang dan Kabupaten Bengkulu Tengah Provinsi Bengkulu

Hary L. Prabowo

Staf Badan Pertanahan Nasional RI (✉)

Jln. Brigjend. Katamsa Yogyakarta, Email: bersihbersinar@yahoo.co.id

Abstract

The establishment of new region, both counties, cities and provinces confirmed by act of regional establishment. Act include the establishment of regional names, coverage areas, boundaries, capital, authorities held government affairs, the appointment of the acting head of the region, charging members of Parliament, the transfer of personnel, funding, equipment, and documents, as well as the region. This paper presents a comparison of two new district boundaries on adjacent segments and the map of the district administration were uploaded in the official website of each district.

Comparison of regional establishment statute attachment maps was conducted by overlaying the attachment maps and administrative map uploaded on the official website of the district

Results of testing indicate any inconsistency between the attachment map of the act with the maps that are downloaded from the district official website . There is a gap in the border region which should coincide on the map uploaded on the district official website. There is inconsistent boundaries between the new administrative region.

Keywords: batas wilayah, pembentukan daerah.

Pendahuluan

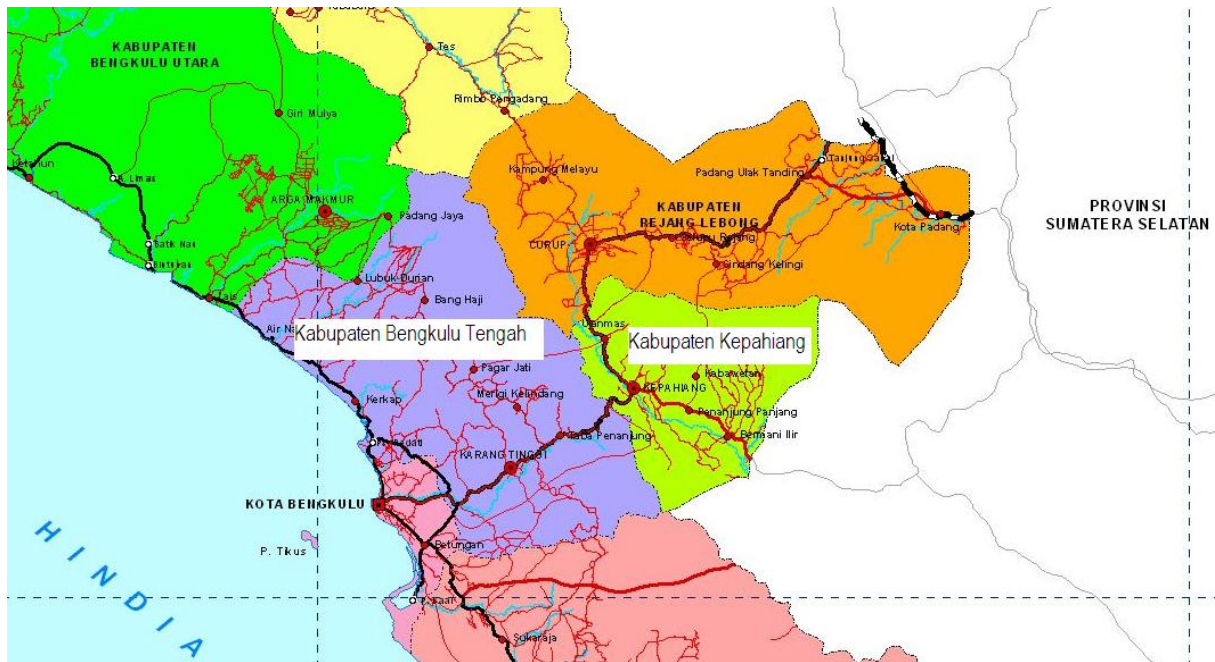
Pembentukan daerah baru, baik kabupaten, kota dan provinsi dikukuhkan dengan undang-undang pembentukan daerah. Undang-undang pembentukan daerah antara lain mencakup nama, cakupan wilayah, batas, ibukota, kewenangan menyelenggarakan urusan pemerintahan, penunjukan penjabat kepala daerah, pengisian keanggotaan DPRD, pengalihan kepegawaian, pendanaan, peralatan, dan dokumen, serta perangkat daerah. Cakupan dan batas wilayah digambarkan dalam peta wilayah yang tercantum dalam lampiran dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari undang-undang pembentukan wilayah.

Konsekuensi dari pembentukan wilayah baru adalah batas daerah/wilayah menjadi hal yang sangat penting. Batas daerah adalah pemisah wilayah penyelenggaraan kewenangan suatu daerah dengan daerah lain. Batas daerah di darat adalah pemisah wilayah administrasi pemerintahan antara daerah yang berbatasan berupa pilar batas di lapangan dan daftar koordinat di peta (Anonim, 2006).

Undang-undang pembentukan daerah selalu disertai lampiran berupa peta yang menggambarkan batas-batas wilayah daerah dimaksud.

Undang-undang pembentukan daerah mulai tahun 2007 disertai lampiran peta dengan skala dan nilai koordinat (Riadi, 2009). Sebelumnya, lampiran undang-undang pembentukan daerah berupa sketsa wilayah. Hal ini banyak menimbulkan perbedaan tafsir dalam menerjemahkan sketsa ke atas peta dasar (Riadi, 2009). Walaupun disebutkan dalam setiap undang-undang pembentukan daerah bahwa yang berhak menentukan batas wilayah yang sebenarnya adalah Menteri Dalam Negeri melalui Tim Penetapan dan Penegasan Batas Daerah (TPPBD).

Sebagai produk hukum tertinggi setelah Undang-undang Dasar 1945, Undang-undang pembentukan daerah termasuk lampiran peta yang menyertainya menjadi landasan bagi peraturan-peraturan di bawahnya. Pemerintah daerah menggunakan peta lampiran undang-undang tersebut dalam setiap program dan kegiatan yang memerlukan informasi keruangan. Informasi keruangan yang dihasilkan/dikeluarkan oleh pemerintah daerah setempat memiliki konsekuensi hukum seperti Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten/Kota, luas wilayah, batas wilayah, dan administrasi pertanahan.



Gambar 1. Wilayah kajian

Perbedaan karakter peta lampiran undang-undang pembentukan daerah dapat terjadi pada dua atau lebih daerah baru yang berbatasan langsung. Sebagaimana yang terjadi pada Kabupaten Kepahiang dan Kabupaten Bengkulu Tengah di Provinsi Bengkulu. Kedua kabupaten merupakan daerah baru hasil pemekaran kabupaten induk yang berbeda tetapi berbatasan langsung, sebagaimana disajikan dalam Gambar 1.

Tulisan ini menyajikan perbandingan batas wilayah dua kabupaten baru pada segmen yang berbatasan dan peta wilayah administrasi kabupaten yang diunggah dalam situs resmi masing-masing kabupaten. Salah satu kabupaten dibentuk sebelum tahun 2007 dan lainnya dibentuk sesudah tahun 2007.

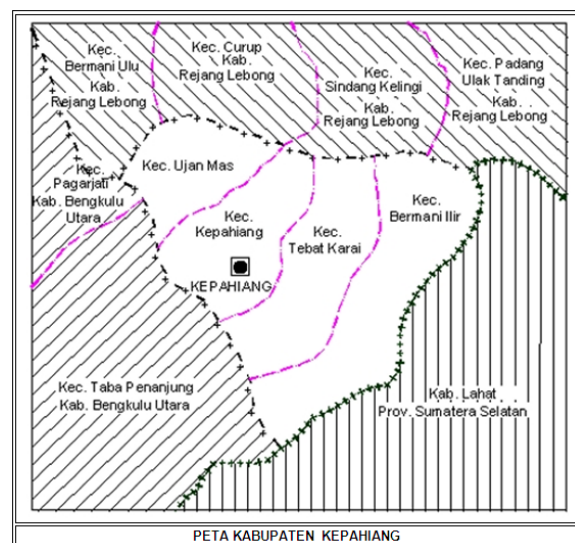
Metodologi

Perbandingan peta lampiran undang-undang pembentukan daerah dilakukan dengan operasi *overlay* peta-peta wilayah lampiran undang-undang dan peta wilayah administrasi kabupaten. Sebelumnya disampaikan pembahasan karakter peta lampiran undang-undang masing-masing kabupaten.

Perbedaan karakteristik peta lampiran undang-undang

Kabupaten Kepahiang dibentuk dengan Undang-undang Nomor 39 Tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lebong dan Kabupaten Kepahiang di Provinsi Bengkulu. Sementara itu, Kabupaten Bengkulu Tengah dibentuk dengan Undang-undang Nomor 24 Tahun 2008 tentang Pembentukan Kabupaten Bengkulu Tengah di Provinsi Bengkulu.

Undang-undang Nomor 39 Tahun 2003 disahkan pada tanggal 18 Desember 2003 disertai lampiran peta yang berupa sketsa, sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Peta Kabupaten Kepahiang lampiran Undang-undang Nomor 39 Tahun 2003

Sumber : Anonim (2003)

Undang-undang Nomor 24 Tahun 2008 disahkan pada tanggal 21 Juli 2008 disertai lampiran peta yang sudah memuat skala dan nilai koordinat, sebagaimana ditampilkan pada Gambar 3.

Berikut ini perbedaan antara peta lampiran undang-undang pembentukan Kabupaten Kepahiang dan Kabupaten Bengkulu Tengah. Peta lampiran undang-undang pembentukan Kabupaten Kepahiang

bersifat 'sederhana', yaitu berupa sketsa, tidak ada nilai koordinat, skala dan fitur-fitur penting. Batas-batas wilayah, yaitu kecamatan, kabupaten dan provinsi, dilakukan generalisasi sedemikian rupa sehingga tidak bisa digunakan untuk penetapan batas wilayah.



Gambar 3. Peta Kabupaten Bengkulu Tengah lampiran Undang-undang Nomor 24 Tahun 2008

Sumber : Anonim (2008)

Peta lampiran undang-undang pembentukan Kabupaten Bengkulu Tengah sudah memuat skala, nilai koordinat, legenda, penunjuk arah utara dan fitur-fitur penting. Alur-alur sungai dan jalan utama dimuat dalam peta tersebut. Secara umum, sudah mengikuti kaidah kartografi.

Kedua peta memuat nama-nama kecamatan yang termasuk dalam wilayah kabupaten. Peta wilayah Kabupaten Kepahiang hanya memuat nama kecamatan, sementara peta wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah sudah memuat posisi ibukota kecamatan.

Deskripsi wilayah menurut undang-undang

Berikut ini deskripsi tekstual wilayah masing-masing kabupaten menurut undang-undang.

Kabupaten Kepahiang

Kabupaten Kepahiang berasal dari sebagian wilayah Kabupaten Rejang Lebong yang terdiri atas (Anonim, 2003):

- a. Kecamatan Ujan Mas;
- b. Kecamatan Kepahiang;

- c. Kecamatan Tebat Karai; dan
- d. Kecamatan Bermani Ilir.

Kabupaten Kepahiang mempunyai batas wilayah:

- a. sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Curup, Kecamatan Sindang Kelingi, dan Kecamatan Padang Ulak Tanding Kabupaten Rejang Lebong;
- b. sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Lahat Provinsi Sumatera Selatan;
- c. sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Taba Penanjung Kabupaten Bengkulu Utara; dan
- d. sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Pagar Jati Kabupaten Bengkulu Utara dan Kecamatan Bermani Ulu Kabupaten Rejang Lebong.

Kabupaten Bengkulu Tengah

Pembentukan Kabupaten Bengkulu Tengah, yang merupakan pemekaran dari Kabupaten Bengkulu Utara, terdiri atas 6 (enam) kecamatan, yaitu Kecamatan Taba Penanjung, Kecamatan Pagar Jati, Kecamatan Karang Tinggi, Kecamatan Talang Empat, Kecamatan Pematang Tiga, dan Kecamatan Pondok Kelapa. Kabupaten Bengkulu Tengah memiliki luas wilayah keseluruhan $\pm 1.223,94$ km² dengan penduduk ± 93.557 jiwa pada tahun 2007 (Anonim, 2008).

Kabupaten Bengkulu Tengah berasal dari sebagian wilayah Kabupaten Bengkulu Utara yang terdiri atas cakupan wilayah:

- a. Kecamatan Karang Tinggi;
- b. Kecamatan Talang Empat;
- c. Kecamatan Pondok Kelapa;
- d. Kecamatan Pematang Tiga;
- e. Kecamatan Pagar Jati; dan
- f. Kecamatan Taba Penanjung.

Cakupan wilayah sebagaimana tersebut di atas digambarkan dalam peta wilayah yang tercantum dalam lampiran dan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari Undang-Undang pembentukan daerah (Anonim, 2008).

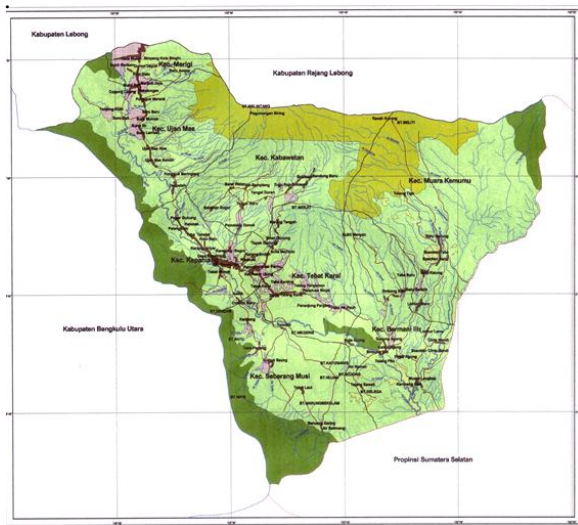
Kabupaten Bengkulu Tengah mempunyai batas-batas wilayah:

- a. sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Air Napal, Kecamatan Kerkap Kabupaten Bengkulu Utara dan Kecamatan Curup Kabupaten Rejang Lebong;
- b. sebelah timur berbatasan dengan Kecamatan

Ujanmas, Kecamatan Kepahiang, dan Kecamatan Seberang Musi Kabupaten Kepahiang;

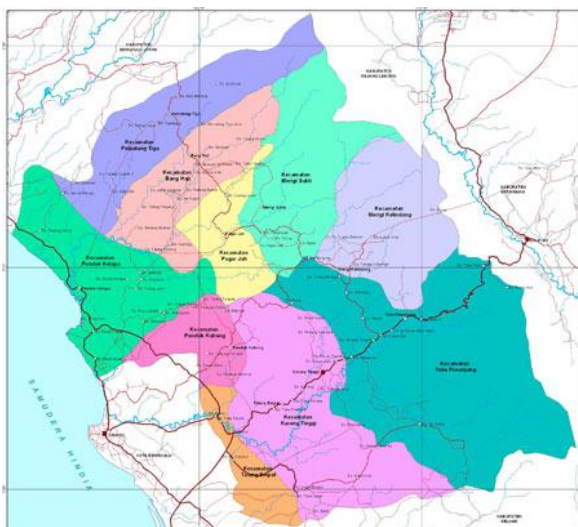
- c. sebelah selatan berbatasan dengan Kecamatan Sukaraja Kabupaten Seluma; dan
- d. sebelah barat berbatasan dengan Kecamatan Selebar, Kecamatan Sungai Serut, Kecamatan Muara Bangkahulu Kota Bengkulu dan Teluk Pering Samudera Hindia.

Peta administrasi menurut pemerintah kabupaten masing-masing



Gambar 4. Peta Administrasi Kabupaten Kepahiang

Sumber : Anonim (2012a)



Gambar 5. Peta Administrasi Kabupaten Bengkulu Tengah

Sumber : Anonim (2012b)

Peta wilayah administrasi berikut ini diunduh dari

situs resmi pemerintah kabupaten. Dari situs www.kepahiangkab.go.id diperoleh Peta Administrasi Kabupaten Kepahiang sebagaimana pada Gambar 4. Peta ‘resmi’ tersebut sudah memuat fitur-fitur penting seperti jalan utama dan nama-nama wilayah. Grid dan nilai koordinat sudah disertakan.

Peta Administrasi Kabupaten Bengkulu Tengah diunduh dari situs www.bengkulutengahkab.go.id sebagaimana pada Gambar 5. Peta tersebut memuat fitur-fitur seperti nama-nama wilayah, jalan utama, alur sungai, dan pembagian wilayah kecamatan. Sebagaimana lampiran undang-undang, grid dan nilai koordinat dimuat.

Hasil dan Pembahasan

Pengujian batas wilayah pada segmen yang berbatasan

Peta lampiran undang-undang

Peta lampiran undang-undang yang digunakan adalah peta Kabupaten Bengkulu Tengah yang sudah memiliki koordinat. Peta Kabupaten Kepahiang tidak digunakan karena masih berupa sketsa yang tidak memiliki koordinat. Peta Kabupaten Kepahiang digunakan dengan peta administrasi Kabupaten Kepahiang dari Bappeda Kepahiang. Pengujian dilakukan antara peta Kabupaten Bengkulu Tengah lampiran undang-undang dengan peta Kabupaten Kepahiang yang diunduh dari situs resmi. Operasi yang dilakukan adalah *overlay* kedua peta. Hasilnya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 6.

Segmen batas wilayah yang berbatasan berimpit kecuali pada segmen yang berada di kotak merah. Pada segmen tersebut terdapat *gap*. *Gap* tersebut menggambarkan adanya area yang tidak menjadi wilayah kedua kabupaten dan juga bukan wilayah kabupaten tetangga lainnya.

Peta-peta yang diunduh dari situs resmi

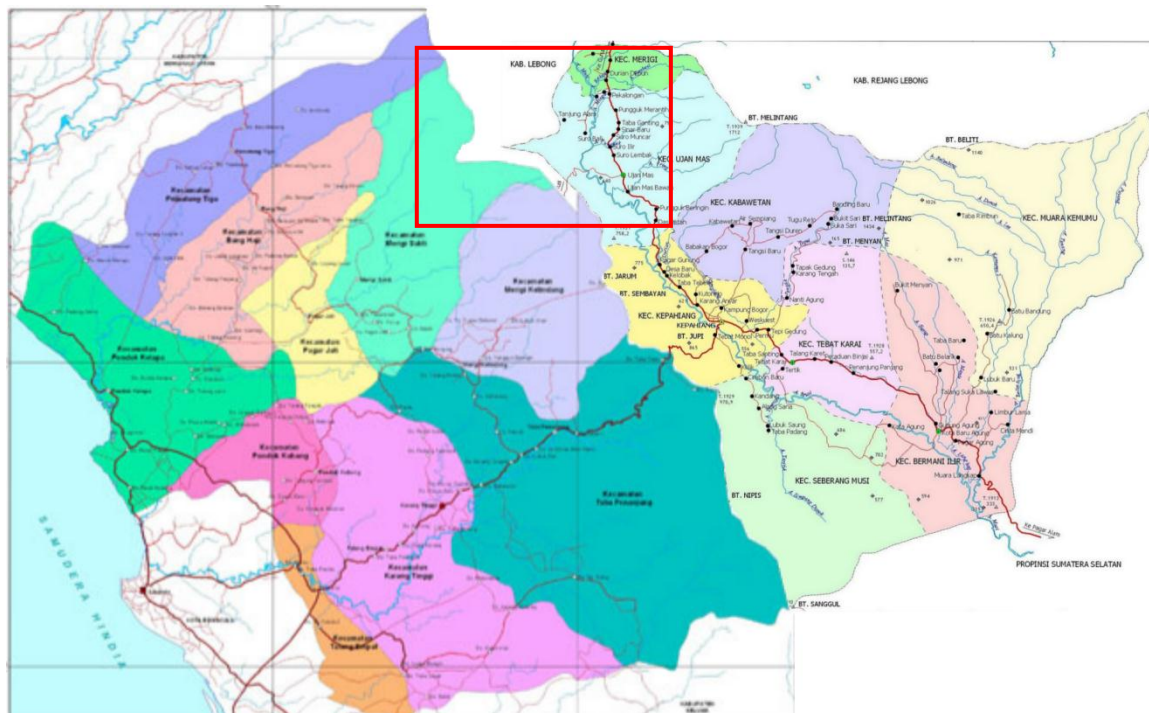
Berdasarkan peta yang diunduh dari situs tersebut dilakukan pengujian terhadap segmen batas wilayah yang berbatasan. Operasi yang dilakukan adalah *overlay* terhadap kedua peta. Hasilnya sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.

Sebagaimana hasil pengujian sebelumnya, segmen batas wilayah yang berbatasan berimpit, tidak menunjukkan perbedaan, kecuali pada segmen yang berada di kotak merah. Pada segmen tersebut terdapat *gap*, tetapi berbeda dengan *gap* pada hasil pengujian sebelumnya.

Hal ini mengindikasikan terdapat perbedaan antara peta lampiran undang-undang dengan peta yang diunduh dari situs resmi kabupaten



Gambar 6. Hasil overlay peta lampiran undang-undang wilayah Kabupaten Bengkulu Tengah dengan Peta Administrasi Kabupaten Kepahiang



Gambar 7. Hasil overlay Peta Administrasi Kabupaten Bengkulu Tengah dengan Peta Administrasi Kabupaten Kepahiang dari situs resmi

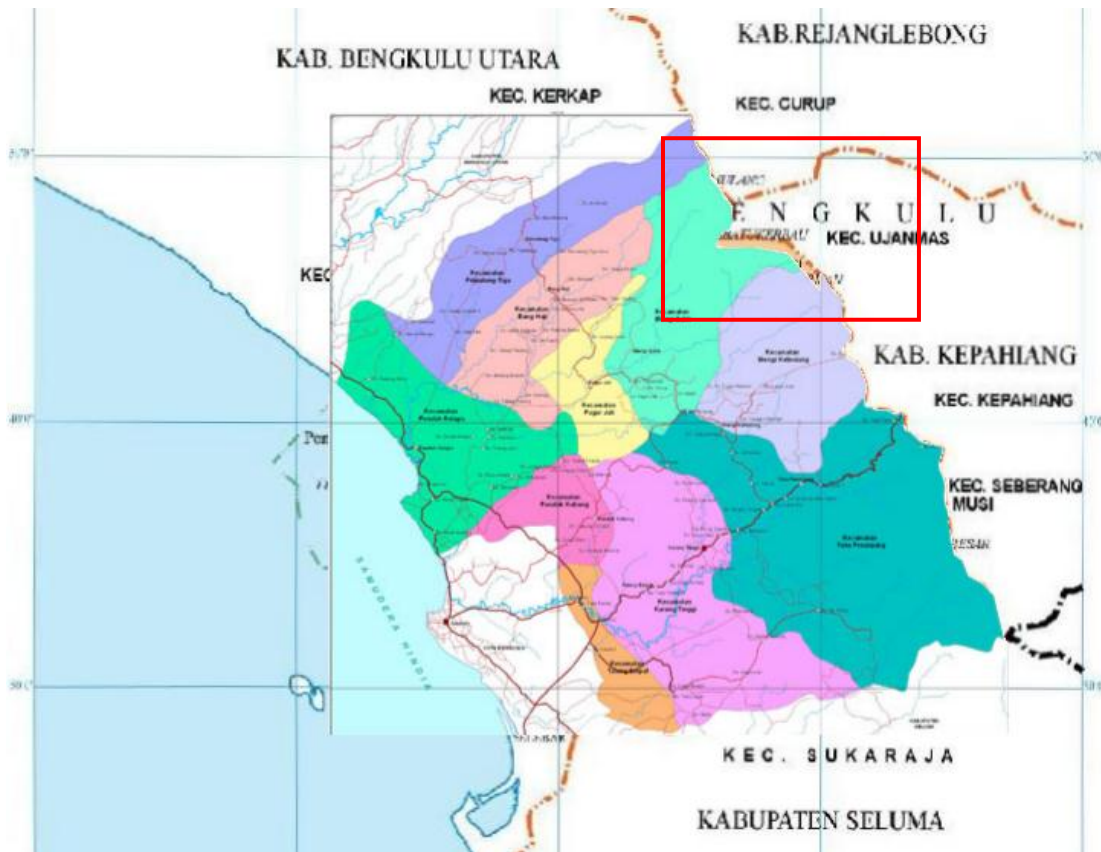
Peta lampiran undang-undang dengan peta yang diunduh dari situs resmi.

Pengujian hanya dilakukan terhadap peta wilayah

Kabupaten Bengkulu Tengah yang terdapat koordinat. Peta wilayah Kabupaten Kepahiang tidak bisa dilakukan pengujian karena peta lampiran undang-undang berupa sketsa. Hasil ditunjukkan pada

Gambar 8.

diunggah di situs resmi pemerintah kabupaten.



Gambar 8. Hasil overlay peta lampiran undang-undang dengan Peta Administrasi Kabupaten Bengkulu Tengah dari situs resmi

Hasil overlay menunjukkan terdapat perbedaan segmen batas pada segmen yang berada di kotak merah. Gambar 9 menampilkan ukuran lebih besar.



Gambar 9. Perbedaan segmen batas wilayah antara peta lampiran undang-undang dengan peta dari situs resmi

Kesimpulan dan Saran

Dari uraian di atas dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian mengindikasikan terdapat ketidaksesuaian antara peta lampiran undang-undang dengan peta yang diunduh dari situs resmi kabupaten

Terdapat *gap* pada batas wilayah yang seharusnya berimpit pada peta administrasi wilayah yang

Terdapat ketidak konsistenan batas wilayah, antara daerah baru dengan daerah yang dibentuk. sesudahnya.

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

Peta lampiran undang-undang yang merupakan bagian tak terpisahkan dari undang-undang sudah saatnya dibuat memenuhi kaidah kartografi. Diharapkan dapat mengurangi permasalahan dalam penetapan dan penegasan batas wilayah.

Peta lampiran undang-undang harus menjadi pedoman bagi peraturan-peraturan di bawahnya. Luas dan bentuk daerah pada peta-peta turunan harus mengacu dengan peta lampiran undang-undang. Walaupun batas sebenarnya di lapangan ditetapkan oleh Menteri Dalam Negeri.

Pemerintah daerah harus segera memperbaiki peta-peta yang tidak sesuai dengan lampiran undang-undang.

Otoritas pengelola data dasar diharapkan dapat meningkatkan kualitas peta dasar dan memasyarakatkan peta dasar yang menjadi rujukan dalam penetapan batas wilayah. Sebagaimana dalam Amhar (2001), diakui bahwa hampir semua sumber

data peta-peta batas yang ada adalah sedikit banyak hanya merupakan dugaan dari pemerintah daerah yang dibuat di atas peta rupabumi. Meski dugaan ini disahkan oleh pemerintah setempat, namun ketiadaan dokumen formal dan pilar-pilar batas di lapangan mengharuskan Badan Informasi Geospasial (dahulu Bakosurtanal), sebagai pembuat peta rupabumi itu, selalu menambahkan *disclaimer* bahwa .peta ini bukan referensi resmi mengenai batas administrasi. Namun ini sudah merupakan *best available source* dibanding misalnya peta-peta batas Badan Pusat Statistik (BPS) yang pada saat itu dibuat dengan sketsa, sekedar untuk membantu pekerjaan pencacahan dalam sensus penduduk (Amhar, et al., 2001).

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan staf dan pimpinan Kantor Wilayah Badan Pertanahan Nasional Provinsi Bengkulu, Kantor Pertanahan Kabupaten Kepahiang dan Kantor Pertanahan Kabupaten Bengkulu Tengah.

Daftar Pustaka

Anonim, 2003, *Undang-Undang Nomor 39 Tahun 2003 Tentang Pembentukan Kabupaten Lebong dan Kabupaten Kepahiang di Provinsi Bengkulu*,

Jakarta: DPR RI.

Anonim, 2006, *Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah*, Jakarta: Departemen Dalam Negeri RI.

Anonim, 2008, *Undang-Undang Nomor 24 Tahun 2008 Tentang Pembentukan Kabupaten Bengkulu Tengah di Provinsi Bengkulu*, Jakarta: DPR RI.

Anonim, 2012a, "Kondisi Geografis dan Administrasi Wilayah",
<http://www.kepahiangkab.go.id/index.php/profil-daerah/kondisi-geografis-dan-administrasi-wilayah> (diakses tanggal 6 Oktober 2012).

Anonim, 2012b, "Peta",
<http://www.bengkulutengahkab.go.id/index.php/wilayah/petawilayah> (diakses tanggal 6 Oktober 2012).

Amhar, F., Patmasari, T., Kencana, A., 2001, "Aspek-aspek Pemetaan Batas Wilayah Sebuah Tinjauan Komprehensif". *GEO-INFORMATIKA*, Vol. 8, No. 1, pp. 1-10

Riadi, B., 2009, "Undang-undang Pembentukan Wilayah dan Sosialisasi Penataan Batas Antar Wilayah". *Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia*, pp. B-22. Semarang: FT UNDIP-ISI.

[Refereed Paper]

Sebuah Alternatif Terhadap Pelaksanaan Permendagri

Nomor 1 Tahun 2006

(Studi Kasus Penetapan Batas Daerah Kabupaten Sorong Selatan)

Bambang Riadi, Fahmi Amhar

Peneliti Sistem Informasi Spasial - Badan Informasi Geospasial
Jalan Raya Jakarta Bogor Km.46 Cibinong, Telp. 021 87906041
Email: briadi_jasinfo@yahoo.com; famhar@yahoo.com

ABSTRAK

Batas wilayah menjadi sangat penting untuk keperluan pengelolaan dan pelayanan bagi masyarakat suatu daerah, pemerintah melalui Kementerian Dalam Negeri menerbitkan Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah. Peraturan ini disusun sebagai dasar dalam melakukan penataan batas wilayah kabupaten / kota dan provinsi. Namun dengan ketentuan ini pelaksanaan kegiatan penegasan batas wilayah akan memakan waktu lama dan biaya tinggi. Beberapa daerah kabupaten yang dibentuk berdasarkan undang- undang mengalami kesulitan menterjemahkan wilayahnya ke atas peta. Oleh karena itu dicoba metode alternatif dengan peta rupabumi skala 1:50.000 untuk menyusun peta wilayah kabupaten sebagai dasar klaim wilayahnya, serta untuk mendapatkan aspek legalitas batas wilayah dari setiap segmen batas yang berbatasan dengan kabupaten lainnya. Untuk itu perlu dilakukan kesepakatan batas dalam forum yang difasilitasi oleh gubernur.

Kata kunci: batas wilayah, alternatif, penegasan, Sorong Selatan

ABSTRACT

Territorial boundaries become extremely important for the purposes of the management of and service for the people of a region. The Government through the Ministry of the Home Affairs published a Permendagri Number 1 in 2006 about the Guidelines for the Boundary Settling. This regulation was drafted as the basis for boundaries management of regency / municipality and province. However, this regulation caused that the activities of boundaries settling will take a long time and high costs. Some regencies whose territory was formed under the laws had difficulties in translating their area into map. Therefore an alternative method with topomap of scale 1:50.000 should be tested to compose a map of regency area as the base of their territory claim, and also to get legality aspect of each boundary segment with its adjacent regencies. Therefore the governor should arrange a new convention which is facilitated by the governor.

Keywords: borders, boundaries, alternative, settling, Sorong Selatan (Souh Sorong)

Pendahuluan

Penentuan batas wilayah menjadi isu strategis sejalan dengan pelaksanaan otonomi daerah seperti amanat Undang Undang 32/2004. Berdasarkan batas wilayah yang telah ditentukan, berbagai aspek yang berkaitan dengan status hukum dapat diketahui. Aspek yang dimaksud antara lain kepemilikan, hak guna, batas peruntukan dalam tata ruang, tanggung jawab pemerintahan, perpajakan, termasuk penentuan luas area guna menghitung potensi sumber daya dan dana perimbangan daerah.

Kegiatan penentuan batas wilayah terdiri dari dua tahap yaitu tahap penetapan dan tahap penegasan. Penetapan batas daerah di darat adalah proses penetapan batas daerah secara kartometrik di atas suatu peta dasar yang sudah disepakati. Sedangkan penegasan batas daerah didarat adalah proses penegasan batas daerah secara langsung di lapangan dengan memasang pilar-pilar batas.

Kabupaten Sorong Selatan memiliki segmen batas yang berbatasan langsung dengan Kabupaten Sorong, Kabupaten Maybrat dan Kabupaten Telukbintuni.

Istilah "penentuan" dan "penegasan" pada Permendagri Nomor 1 Tahun 2006 tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah memiliki pengertian yang berbeda, istilah penentuan mengacu kepada penetapan batas di atas peta, sedangkan penegasan adalah penetapan titik-titik batas di lapangan.

Permendagri menyebutkan bahwa penegasan batas daerah dititikberatkan pada upaya mewujudkan batas daerah yang jelas dan pasti dari aspek yuridis maupun fisik di lapangan, berdasarkan hasil penetapan batas di peta sesuai dengan ketentuan Undang Undang Pembentukan Daerah (Pasal 3).

Perkembangan teknologi survei dan pemetaan, sangat membantu dalam penentuan batas suatu wilayah. Ketersediaan peta-peta untuk kepentingan umum dan citra penginderaan jauh, sangat mendukung proses pemetaan batas wilayah dengan waktu relatif singkat dan hasil yang akurat. Peta rupabumi merupakan salah satu peta yang termasuk kategori peta untuk kepentingan umum. Untuk wilayah Papua Barat sudah tersedia peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:50.000.

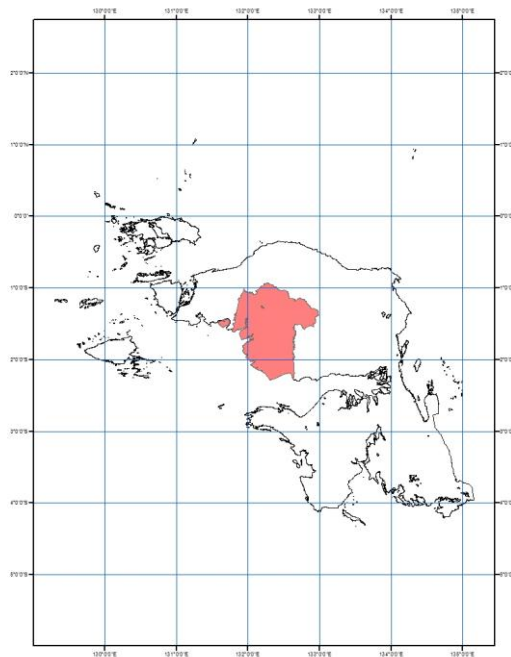
Produk undang-undang pemekaran wilayah yang diundangkan sebelum 2007 ada kelemahan pada informasi spasial yang menyertainya. Guna menterjemahkan hasil undang undang yang terbitan sebelum 2007, tulisan ini mencoba menyampaikan sebuah alternatif terhadap pelaksanaan Permendagri dengan mengambil contoh kasus Kabupaten Sorong Selatan yang tertuang pada UU no 26/2002 dengan luas 9.408,63 km².

Kemudian ada UU no 13/2009 tentang

Pembentukan Wilayah Kabupaten Maybrat yang dimekarkan dari Kabupaten Sorong Selatan memiliki luas wilayah 5.461,60 km². Dengan adanya pemekaran ini wilayah Kabupaten Sorong Selatan berdasarkan undang undang tinggal 3.947,03 km².

Dari dua UU ini, maka dalam penyusunan tataruang wilayah disusunlah peta wilayah administrasi menggunakan peta RBI skala 1:50.000 dan peta ini dijadikan dasar klaim wilayah mengacu pada undang-undang yang ada.

Lokasi Kabupaten Sorong Selatan berada di Provinsi Papua Barat, untuk jelasnya disampaikan pada Gambar.1.



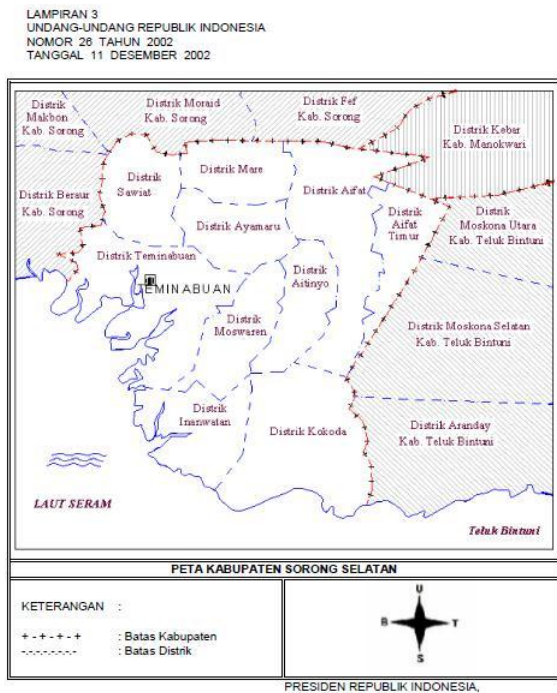
Gambar.1. Posisi Kabupaten Sorong Selatan

Metode & Data

Data untuk penelitian ini adalah peta RBI skala 1:50.000 seluruh wilayah penelitian. Data ini akan dijadikan dasar pemetaan wilayah sesuai undang undang pembentukan daerah. Di dalam peta RBI tersedia garis batas wilayah kecamatan/distrik dan informasi topografi lainnya.

Sumber dokumen penelitian ini adalah undang undang pembentukan daerah, yaitu UU 26/2002. tentang Pembentukan Kabupaten Sarmi, Kabupaten Keerom, Kabupaten Sorong Selatan, Kabupaten Raja Ampat, Kabupaten Pegunungan Bintang, Kabupaten Yahukimo, Kabupaten Tolikara, Kabupaten Waropen, Kabupaten Kaimana, Kabupaten Bovendigoel, Kabupaten Mappi, Kabupaten Asmat, Kabupaten Teluk Bintuni dan Kabupaten Teluk Wondama di Propvinsi Papua. Secara khusus tulisan ini akan mengkaji Kabupaten

Sorong Selatan, dan lampiran dari undang undang ini sebagai berikut:



Gambar.2. Lampiran UU No.26 of 2002

Lampiran 3 UU itu adalah sketsa lokasi kabupaten yang baru dibentuk. Disebut sketsa karena tidak memiliki nilai posisi koordinat lokasi yang dimaksud. Kondisi yang sama ditemui pada lampiran-lampiran lainnya yang menyertai sebagai lampiran undang undang ini.

Metode alternatif yang digunakan dalam pemetaan wilayah adalah dengan merekonstruksi Lampiran 3 UU Nomor 26 Tahun 2002 ke atas peta RBI 1:50.000. Wilayah distrik yang masuk Kabupaten Sorong Selatan (Pasal 5 UU no. 26 / 2002) yaitu Distrik Sawiat, Distrik Mare, Distrik Aifat, Distrik Aifat Timur, Distrik Kokoda, Distrik Inanwatan, Distrik Teminabuan, Distrik Ayamuru, Distrik Aitinyo dan Distrik Moswaren.

Untuk selanjutnya hasil rekonstruksi tahap pertama direkonstruksi pada tahap kedua dengan memasukan informasi UU no 13 / 2009 tentang Pembentukan Wilayah Kabupaten Maybrat yang dimekarkan dari Kabupaten Sorong Selatan. Hasil rekonstruksi tahap kedua inilah sebagai hasil akhir Peta Wilayah Kabupaten Sorong Selatan.

Optimalisasi penyelesaian batas dengan cara

kartografis dilakukan untuk menghemat pelacakan lapangan. Ini dapat dilakukan dengan dukungan data peta RBI minimal skala 1:50.000. Apabila daerah tidak memiliki sumber daya manusia dalam bidang pemetaan, pemerintah daerah dapat bekerjasama dengan instansi pemerintah yang memiliki tugas pokok dan fungsi dalam bidang pemetaan. Dalam kegiatan ini pemerintah kabupaten telah bekerjasama dengan Bakosurtanal (sekarang BIG) untuk membuat peta wilayahnya. Metode ini diharapkan meminimalisir kegiatan pelacakan batas di lapangan dan apabila diperlukan hanya pada titik-titik koordinat batas yang belum disepakati. Tanda batas berupa pilar dipasang jika dipandang perlu dan memungkinkan. Kegiatan pelacakan batas di lapangan dan pemasangan tanda batas (pilar) merupakan kegiatan lapangan yang banyak memerlukan energi dan biaya. Metode kartografis sangat disarankan untuk menghasilkan penetapan garis batas administrasi antar wilayah.

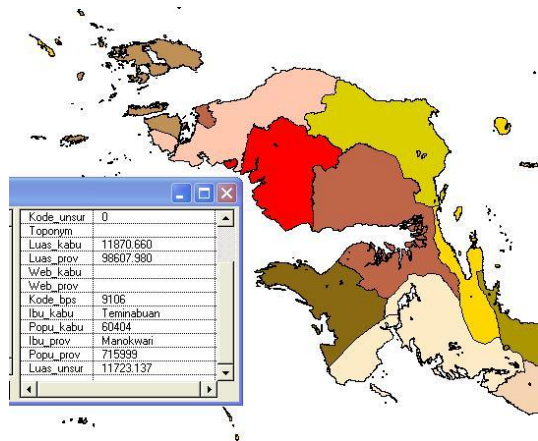
Guna memperoleh legalitas atas klaim wilayah perlu dilakukan koordinasi dan kesepakatan dari setiap segmen batas dengan wilayah yang berbatasan. Untuk wilayah kajian dilakukan rapat koordinasi yang difasilitasi oleh Gubernur Papua Barat yang mengundang Bupati yang memiliki batas langsung dengan Kabupaten Sorong Selatan.

Dana Alokasi Umum (DAU), diberikan berdasarkan luas daratan suatu daerah sehingga luas wilayah menjadi sangat penting artinya. Tanpa batas yang jelas, luas tidak mungkin dihitung, sehingga penentuan dan penetapan batas merupakan agenda penting dalam pelaksanaan otonomi daerah. Penelitian ini sebagai sebuah alternatif terhadap pelaksanaan Permendagri dapat dijadikan model buat daerah lainnya dalam menyelesaikan konflik batas antar daerah.

Hasil dan Pembahasan

Kegiatan pemetaan wilayah dilaksanakan dengan menggabungkan lembar demi lembar peta 1:50.000 menjadi satu hamparan peta. Batas wilayah administrasi kabupaten diambil dari layer batas pada peta RBI yang dikombinasi dengan Informasi Database Spasial Kabupaten Tahun 2006.

Dari Database Spasial PDRTR 2006, diperoleh luas daratan Kabupaten Sorong Selatan tahun 2006 sebesar 11.723 km² (Gambar 3.), sedang pada UU no 26 / 2002 luas yang tercantum 9.408 km².



Gambar.3. Database Spasial Provinsi Papua Barat

Pada tahun 2009 Kabupaten Sorong Selatan dimekarkan menjadi Kabupaten Maybrat berdasarkan UU no 13 / 2009 dengan luas 5.461 km². Sehingga berdasarkan Undang Undang Luas Kabupaten Sorong Selatan setelah dimekarkan tahun 2009 menjadi 2.315 km². Hasil kajian spasial dengan merekonstruksi Lampiran 3 ke atas peta RBI terlihat di Gambar 4 di akhir tulisan ini.

Selanjutnya dilakukan pembahasan antara Bupati Sorong Selatan dengan Bupati Teluk Bintuni disegment sebelah timur, lalu dengan Wakil Bupati Maybrat untuk segment sebelah utara dan Wakil Bupati Sorong untuk segment sebelah barat.

Rapat koordinasi ini juga dihadiri oleh Direktur Wilayah Administrasi dan Perbatasan Direktorat Jenderal Pemerintahan Umum dan Kepala Pusat Pemetaan Batas Wilayah Badan Informasi Geospasial pada tanggal 24 September 2012 di Manokwari.

Kesepahaman bahwa pertemuan dilaksanakan untuk lebih meningkatkan pelayanan dan kesejahteraan masyarakat menjadikan pertemuan yang dijadwalkan berlangsung dua hari dapat diselesaikan dalam satu hari hanya dengan sedikit perbaikan di Segment Maybrat.

Hasil rapat koordinasi ini ditutup dengan penandatanganan berita acara penetapan garis batas wilayah segmen Sorong Selatan dengan Telukbintuni, Segment Sorong Selatan dengan Maybrat dan Segment Sorong Selatan dengan Sorong yang disaksikan oleh Kemendagri dan Badan Informasi Geospasial.

Luas wilayah darat Kabupaten Sorong Selatan dengan penetapan ini menjadi 6.709 km².

Pembahasan

Untuk mencapai kesepahaman tentang pentingnya penetapan batas wilayah dimulai dengan diskusi panjang pada segment Sorong Selatan-Telukbintuni. Berbagai alasan disampaikan untuk memperkuat klaim wilayah masing-masing.

Argumen yang disampaikan pada forum adalah:

1. Perbedaan persepsi menterjemahkan klausul Undang Undang Pembentukan Daerah, karena klausul batas hanya disebutkan berbatasan dengan daerah tetangganya serta penyebutan distrik yang masuk. Hal ini cukup dipahami, karena bila memperhatikan gambar 2, sangat sulit merekonstruksi kembali ke dalam peta RBI. Hal yang sangat membantu adalah nama kampung yang berada di daerah perbatasan antar kabupaten selanjutnya garis batas ditarik sesuai ketentuan Permendagri. Banyaknya kampung baru yang muncul dan hanya terdiri dari lima rumah dalam diskusi tidak signifikan. Acuannya adalah nama kampung lama saat pemekaran wilayah.
2. Kesukuan/Kultur: pemahaman bahwa batas wilayah administrasi hanya mengatur soal administrasi perlu dikemukakan dalam forum. Anggapan bahwa garis batas administrasi sudah menjadi pemisah keberadaan suatu etnis muncul dari penilaian yang salah. Persoalan ini menjadi jernih setelah garis batas administrasi dipahami sebagai garis batas pelayanan pemerintahan ke masyarakatnya.
3. Sumber Daya Alam: kekhawatiran bahwa masalah sumber daya alam akan muncul dalam forum koordinasi ternyata tidak terjadi, sehingga masalah ini tidak berkontribusi dalam penetapan garis batas yang diteliti.
4. Pemekaran wilayah sebenarnya dimaksudkan untuk lebih mendekatkan pelayanan publik kepada warganya. Diharapkan warga yang ada dapat lebih dekat dengan pusat-pusat pelayanan, seperti pelayanan kesehatan, pendidikan, kartu tanda penduduk dan lain sebagainya. Harapan lainnya adalah semakin terasakannya kegiatan pembangunan karena semakin dekat rentang kendali pengambil keputusan dan pembuat perencanaan dengan masyarakatnya.

Jika arti batas administrasi telah dipahami secara baik, maka penyelesaian penetapan batas segment lainnya menjadi cepat dan lancar, sehingga penetapan tiga segment batas di Kabupaten Sorong Selatan terselesaikan. Dengan ditetapkannya garis batas wilayah, pemerintah kabupaten mendapatkan keuntungan akan :

1. Kejelasan cakupan wilayah administrasi penyelenggaraan pemerintahan
2. Kejelasan luas dan usulan Dana Alokasi Umum
3. Kejelasan pengelolaan sumber daya alam
4. Kejelasan penataan ruang
5. Kejelasan administrasi pertanahan, kependudukan dan lain sebagainya.

Dengan telah disepakatinya garis batas antar daerah dan selanjutnya akan ditetapkan oleh Menteri Dalam Negeri, ada kemungkinan dikemudian hari muncul sengketa di lapangan, dan untuk menterjemahkan hasil kesepakatan tersebut perlu dilakukan pengukuran di lapangan berupa kegiatan penegasan batas wilayah.

Langkah pertama tentunya perlu disusun daftar koordinat batas kesepakatan yang dapat diekstrak langsung dari peta dasar.

Pada era otonomi daerah, egoisme kedaerahan bisa berbenturan dengan asas-asas lingkungan dalam pemanfaatan ruang. Sebagai contoh, bila dua daerah berbatasan pada sebuah sungai, maka sungai itu menjadi milik bersama. Komplikasinya adalah bila salah satu daerah tidak begitu peduli terhadap pencemaran sungai, daerah sebelahnya mau tak mau ikut menanggung akibatnya. Hal yang sama juga terjadi bila sungai itu panjang dan melewati berbagai daerah. Daerah hulu dipaksa melestarikan hutan lindungnya, dan karena itu relatif tidak memanfaatkan sumber daya alamnya. Bila daerah hilir keberatan ikut menanggung biaya pelestarian lingkungan itu, maka bisa saja daerah hulu menebang hutan atau membangun industri dan daerah hilir yang menanggung pencemaran atau banjir.

Solusi yang sering ditawarkan untuk mengatasi hal ini adalah koordinasi baik secara bilateral antar daerah maupun dikoordinasikan oleh pemerintah propinsi atau pemerintah pusat. Namun ada ide lain yang cemerlang meskipun mungkin perlu waktu untuk realisasinya, yaitu untuk menggabungkan daerah-daerah yang ada dalam satu daerah aliran sungai (watershed). Karena batas watershed bisa ditentukan secara otomatis dengan DEM, maka batas administrasi daerah baru inipun bisa ditentukan otomatis. Dengan batas ini maka dapat dihindari kasus-kasus sengketa daerah hulu dengan hilir atau daerah yang berbatasan dengan sebuah sungai (Amhar & Patmasari, 2001).

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

1. Optimalisasi penyelesaian batas dengan cara kartografis dapat dijadikan alternatif dalam penetapan garis batas wilayah antar daerah.
2. Dengan telah disepakatinya garis batas antar daerah yang dituangkan dalam berita acara, untuk selanjutnya perlu disusun daftar koordinat batas kesepakatan yang dapat

diekstrak langsung dari peta dasar hasil kesepakatan.

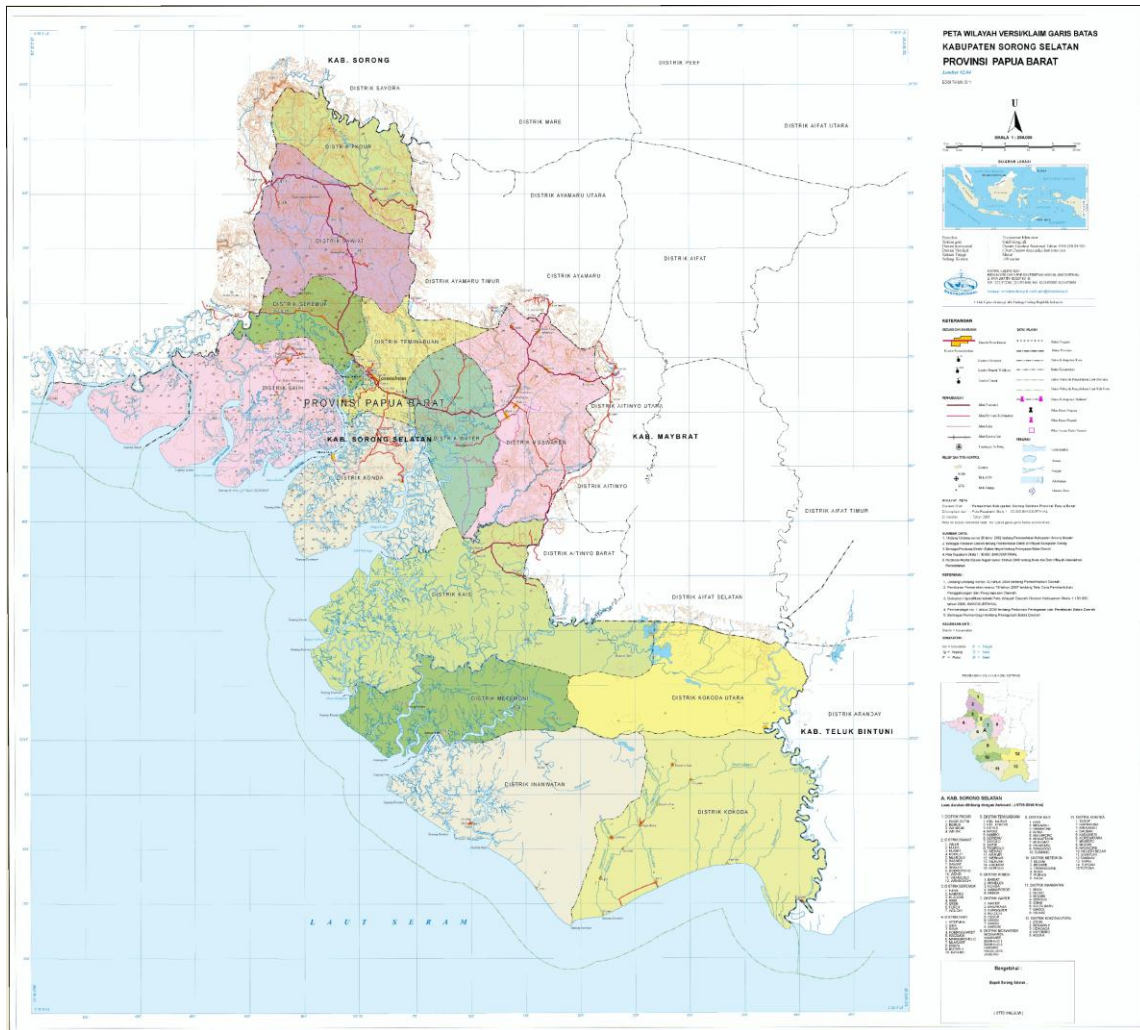
3. Dalam kajian ini ditemukan perbedaan luas yang signifikan, berdasarkan undang-undang luas Kabupaten Sorong Selatan adalah 3.947 km². Luas ini diperoleh dari Luas Kabupaten Induk Sorong Selatan dikurangi luas kabupaten baru (Maybrat). Namun dari hasil kajian spasial menggunakan peta topografi skala 1:50.000 dan dituangkan dalam berita acara kesepakatan garis batas administrasi, luas wilayah menjadi 6.709 km².

Saran

1. Kabupaten Sorong Selatan dapat secepatnya menyampaikan secara resmi hasil penetapan segment batas ini ke Menteri Dalam Negeri melalui Gubernur Papua Barat untuk dapat dikeluarkan Permendagri Kesepakatan garis batas ini.
2. Kabupaten Sorong Selatan perlu segera menyampaikan laporan ke Menteri Keuangan tentang luas wilayah hasil kajian yang diharapkan dapat merubah komposisi Dana Alokasi Umum pada APBN mendatang.
3. Karena menyangkut UU, selayaknya juga pemerintah menyampaikan temuan ini ke DPR untuk merevisi luasan di undang undang.

Referensi

1. DPR-RI (2002); Undang Undang No.26 Tahun 2002 Tentang Pembentukan Kabupaten Sarmi, Kabupaten Keerom, Kabupaten Sorong Selatan, Kabupaten Raja Ampat, Kabupaten Pegunungan Bintang, Kabupaten Yahukimo, Kabupaten Tolikara, Kabupaten Waropen, Kabupaten Kaimana, Kabupaten Bovendigoel, Kabupaten Mappi, Kabupaten Asmat, Kabupaten Teluk Bintuni dan Kabupaten Teluk Wondama di Propvinsi Papua. (Mendagri RI 2006);
2. Peraturan Menteri dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2006 Tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah.
3. Amhar,F., Patmasari,T., Kencana, A (2001); Aspek-aspek Pemetaan Batas Wilayah Sebuah Tinjauan Komprehensif; Geoinformatika Vol.8 No.1 Tahun 2001
4. Faturochman (1993); Perang Kecil Problem Yang Terus Berlangsung.
5. Bambang Riadi (2009); Undang Undang Pembentukan Wilayah dan Sosialisasi Penetapan Batas Antar Wilayah; Prosiding Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia.



Gambar.4. Peta kesepakatan batas wilayah Kabupaten Sorong Selatan

Aspek Geospasial dalam Kasus Sengketa Pulau Berhala

Summary

Staf pengajar Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik -UGM (✉)
Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: sumaryo@ugm.ac.id

Abstrak

*Sengketa Pulau Berhala antara Provinsi Jambi dengan Provinsi Kepulauan Riau mulai muncul secara nyata setelah pemekaran Provinsi Kepulauan Riau dari Provinsi Riau melalui UU No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau. Penyelesaian sengketa tersebut berlarut-larut yang akhirnya ditempuh melalui jalur hukum ke Mahkamah Agung dan Mahkamah Konstitusi. Sampai saat ini belum ada keputusan final dari Mahkamah Konstitusi. Di dalam Undang-undang Pembentukan Daerah (UUPD) antara lain dicantumkan pasal cakupan wilayah daerah yang dibentuk dan digambarkan dalam peta batas wilayah administrasi sebagai dokumen lampiran UUPD. Merujuk pada teori Boundary Making menurut Jones, penetapan batas wilayah pada UUPD merupakan tahapan Delimitasi. Delimitasi meliputi dua tahap yaitu **memilih** letak (site) garis batas dan **mendefinisikan** titik dan garis batas di suatu peta. Peta lampiran UUPD adalah peta yang digunakan sebagai infrastruktur untuk memilih letak dan mendefinisikan garis batas. Selain itu peta lampiran UUPD adalah bersifat legal, oleh sebab itu seharusnya memiliki kualitas seperti yang disyaratkan secara teknis untuk tahap delimitasi. Kualitas peta batas wilayah yang kurang baik berpotensi menimbulkan sengketa posisional garis batas wilayah.*

Sehubungan dengan kasus sengketa Pulau Berhala dilakukan penelitian aspek geospasial UUPD No.31 tahun 2003, UUPD No.25 tahun 2002 dan UUPD. No. 54 tahun 1999. Aspek geospasial yang diteliti meliputi kualitas peta dan pasal cakupan wilayah UUPD sebagai proses delimitasi. Analisis kualitas peta mengacu pada persaratan kualitas peta delimitasi menurut Adler, sedang analisis proses delimitasi menggunakan teori boundary making menurut Jones.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa Peta Lampiran pada UUPD.No.31 tahun 2003, UUPD.No.25 tahun 2002 dan UUPD. No. 54 tahun 1999 secara kartografis kualitasnya tidak memenuhi syarat untuk kegiatan delimitasi. Pasal yang mengatur cakupan wilayah dalam tiga UUPD tersebut merupakan tahap delimitasi dalam proses boundary making batas wilayah. Implikasi kualitas peta yang kurang memenuhi syarat pada tiga UUPD yang diteliti, menimbulkan perbedaan interpretasi terhadap posisi garis batas wilayah oleh para pihak yang berkepentingan dan selanjutnya menimbulkan sengketa posisional terhadap Pulau Berhala.

Kata kunci: *geospasial, boundary making, delimitasi, kualitas, sengketa.*

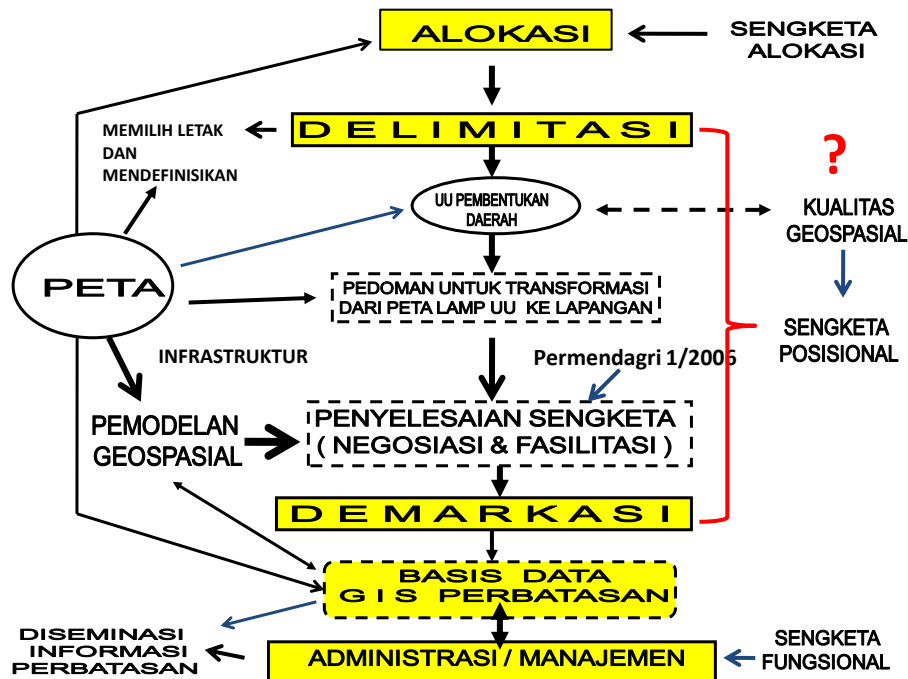
I.PENDAHULUAN

Sengketa kepemilikan Pulau Berhala antara Provinsi Jambi dengan Provinsi Kepulauan Riau mulai muncul secara nyata setelah pemekaran Provinsi Kepulauan Riau dari Provinsi Riau melalui UU No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau, karena di dalam penjelasan Pasal 3 UU No. 25 tahun 2002 tersebut dinyatakan secara eksplisit bahwa “Kabupaten Kepulauan Riau dalam undang-undang ini, **tidak termasuk Pulau Berhala**, karena Pulau Berhala termasuk dalam wilayah administratif Provinsi Jambi sesuai dengan undang-undang Nomor 54 Tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi”. Sengketa Pulau Berhala dicoba diselesaikan oleh Pemerintah dalam hal ini Menteri Dalam Negeri dengan diterbitkannya Peraturan Menteri Dalam Negeri No. 44 Tahun 2011 Tanggal 29 September 2011 tentang Wilayah Administrasi Pulau Berhala sebagai implementasi UU No. 54 tahun 1999. Dalam Permendagri ini disebutkan bahwa Pulau Berhala masuk ke wilayah administrasi Provinsi Jambi. Namun Permendagri No. 44 Tahun 2011 tersebut belum bisa menyelesaikan sengketa ini, sehingga akhirnya para pihak mencoba menyelesaikan melalui jalur hukum ke Mahkamah Agung dan Mahkamah Konstitusi yang sampai saat ini belum ada keputusan final dari Mahkamah Konstitusi terhadap status Pulau Berhala.

Bila dicermati, sengketa Pulau Berhala pada dasarnya adalah kasus sengketa posisional terhadap letak garis batas wilayah antara Provinsi Jambi dengan Provinsi Kepulauan Riau dan Kabupaten Lingga. Hal ini terkait dengan diterbitkannya tiga Undang-undang Pembentukan Daerah (UUPD) yaitu UUPD No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga di Provinsi Riau, UUPD.No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau serta UUPD. No. 54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, Kabupaten dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Dalam ketiga

UUPD tersebut terdapat pasal yang mengatur tentang cakupan wilayah dan lampiran peta administrasi wilayah yang menggambarkan batas wilayah daerah yang dibentuk.

Teori *Boundary Making* yang ditulis oleh Jones (1945) menyebutkan bahwa proses *boundary making* batas internasional terdiri atas empat tahapan utama yaitu: Alokasi, Delimitasi, Demarkasi dan Administrasi. Menurut Sutisna (2007), bila teorinya Jones tersebut diaplikasikan untuk batas wilayah daerah otonom di Indonesia, maka proses penetapan batas wilayah daerah otonom di Indonesia melalui UUPD adalah merupakan tahap delimitasi. Delimitasi merupakan proses dua tahap (*two-stage process*) yaitu **memilih letak** (site) garis batas dan **mendefinisikan** titik dan garis batas yang dilakukan di peta (Jones, 1945). Hasil akhir dari kegiatan delimitasi seharusnya adalah garis batas yang telah disepakati di peta dan daftar koordinat geografis titik-titik batas pada suatu datum geodetik yang disepakati. Peta dan daftar koordinat geografis titik-titik batas tersebut dilampirkan dalam dokumen UUPD sebagai lampiran yang tidak terpisahkan dari undang-undang tersebut. Makna tidak terpisahkan seharusnya mengandung pengertian bahwa antara garis batas yang tergambar di peta dengan teks dalam pasal-pasal undang-undang harus memiliki pengertian yang sama dan tidak boleh saling bertentangan. Peta pada tahap delimitasi digunakan sebagai infrastruktur dan sekaligus sebagai pedoman untuk tahap demarkasi selanjutnya (Blake, 1995). Mengadopsi kepada pendapat Adler (1995) tentang peran dan fungsi peta dalam proses *boundary making* dan Blake (1995) tentang peran dan fungsi peta dalam sengketa batas untuk batas internasional, maka peran dan fungsi peta dalam proses *boundary making* dan sengketa batas wilayah daerah otonom di Indonesia dapat diilustrasikan seperti Gambar 1.



Gambar 1: Peran dan Fungsi Peta pada *boundary making* dan sengketa batas wilayah daerah otonom di Indonesia.

Karena pentingnya peta, maka aspek kartografis yang perlu ada di dalam peta delimitasi adalah: skala peta, datum geodetik, sistem koordinat dan sistem proyeksi peta, orientasi arah utara, unsur-unsur rupa bumi seperti toponimi, kontur, sungai, danau, punggung bukit dan *watershed* (Adler, 1995). Disamping itu perlu juga dicantumkan sumber data, tahun pembuatan peta dan instansi pembuat peta. Untuk pendefinisian koordinat titik-titik batas tanpa menyertakan spesifikasi datum geodetik adalah sesuatu yang tidak bisa dimaafkan (Pratt, 2006). Permasalahan yang sering terjadi adalah tidak tersedianya peta yang memadai atau kurang perhatiannya dari para pihak tentang arti pentingnya peta. Pada tahap ini peta yang diperlukan sebaiknya disiapkan oleh komisi teknis perbatasan dari lembaga-lembaga resmi survey pemetaan seperti Badan Informasi Geospasial. Dalam hal kualitas peta, menurut Brownlie (1979) dan Akweenda, (1990) menyebutkan bahwa “*a map has a probative value proportionate to its technical qualities*” (“suatu peta memiliki nilai pembuktian proporsional dengan kualitas teknisnya”).

Dari Gambar 1, sengketa batas pada dasarnya dapat dikelompokkan dalam tiga jenis, yaitu: teritorial (alokasi), posisional dan fungsional (Prescott, 1987). **Sengketa teritorial** terjadi bila ada suatu wilayah belum dialokasi sehingga pada proses alokasi terjadi sengketa pada level politisi. Dalam konteks batas wilayah daerah di Indonesia sengketa ini tentunya tidak bermakna sebagai sengketa batas kedaulatan karena daerah otonom pada hakekatnya tidak memiliki kedaulatan, namun lebih bermakna sebagai sengketa alokasi batas wilayah otonom. **Sengketa posisional** terjadi karena memperlumahkan atau adanya ketidaksepahaman dalam masalah ketelitian dan ketepatan posisi garis batas. Oleh sebab itu pada tahapan delimitasi peran ketelitian geometris peta sudah sangat diperlukan. **Sengketa fungsional** terjadi pada tahap manajemen perbatasan yang sifatnya untuk pengelolaan wilayah perbatasan yaitu pengelolaan sumberdaya yang bernilai ekonomi yang ada di daerah perbatasan seperti minyak, gas, mineral, air, hutan, perkebunan, sarang burung dan batubara dan pengelolaan sumberdaya non ekonomi seperti penduduk. Dalam penyelesaian sengketa fungsional ini tersedianya

peta yang baik sangat penting. Peta yang baik berarti peta yang benar kandungan informasinya dan memiliki ketelitian geometris dalam hal skala maupun koordinat.

Menurut Blake, G. (1995) peta memiliki arti penting dalam sengketa batas dalam empat hal: **pertama** berkontribusi atau menjadi penyebab sengketa, **kedua** sebagai alat yang digunakan untuk mengusulkan posisi batas masing-masing pihak yang bersengketa, **ketiga** sebagai alat dalam penyelesaian sengketa dan **ke-empat** peta digunakan untuk mengilustrasikan pendapat dalam negosiasi atau mediasi sengketa batas.

Dari uraian peran aspek geospasial dalam proses *boundary making* dan sengketa batas wilayah seperti telah duraikan di atas dan dikaitkan dengan kasus sengketa Pulau Berhala, maka dirumuskan masalah penelitian sebagai berikut: 1) apakah aspek geospasial khususnya kualitas peta yang terdapat pada UUPD No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga, UUPD.No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau serta UUPD. No. 54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, Kabupaten dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur sudah memenuhi syarat sebagai peta delimitasi ? 2) apakah ada hubungan antara kualitas informasi geospasial (peta) lampiran UUPD terhadap kasus sengketa Pulau Berhala?

II. METODOLOGI

II.1. Bahan penelitian

Pada penelitian ini akan dilakukan analisis terhadap 3 peta lampiran UUPD dan analisis peta tersebut kaitannya dengan pasal tentang cakupan batas wilayah pada masing-masing UUPD, sehingga bahan penelitian adalah:

1. UUPD No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga di Provinsi Kepulauan Riau
2. UUPD No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau
3. UUPD No.54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro

Jambi, dan Kabupaten Tanjung jabung Timur.

Sedang variabel yang diteliti adalah pasal-pasal cakupan wilayah dan parameter kartografis peta lampiran pada ketiga UUPD tersebut meliputi: skala peta, datum geodetik, sistem proyeksi peta dan sistem koordinat, arah utara peta, sumber peta, tahun pembuatan, unsur rupa bumi serta pembuat peta.

II.2. Cara penelitian

Penelitian dilakukan dengan cara mengamati secara visual peta lampiran pada tiga UUPD yaitu UUPD No.31 tahun 2003, UUPD No.25 tahun 2002 dan UUPD No.54 tahun 1999 apakah dicantumkan parameter kartografis skala peta, datum geodetik, sistem proyeksi peta dan sistem koordinat, arah utara peta, sumber peta, tahun pembuatan, unsur rupa bumi serta pembuat peta. Kemudian dipelajari proses *boundary making* melalui pasal tentang cakupan wilayah dan kaitanya denga peta lampiran UUPD yang relevan. Analisis kualitas peta mengacu kepada persaratan kualitas peta delimitasi batas wilayah menurut Adler (1995), sedang analisis terhadap pasal cakupan wilayah sebagai proses *boundary making* digunakan teori *Boundary Making menurut Jones (1945)*.

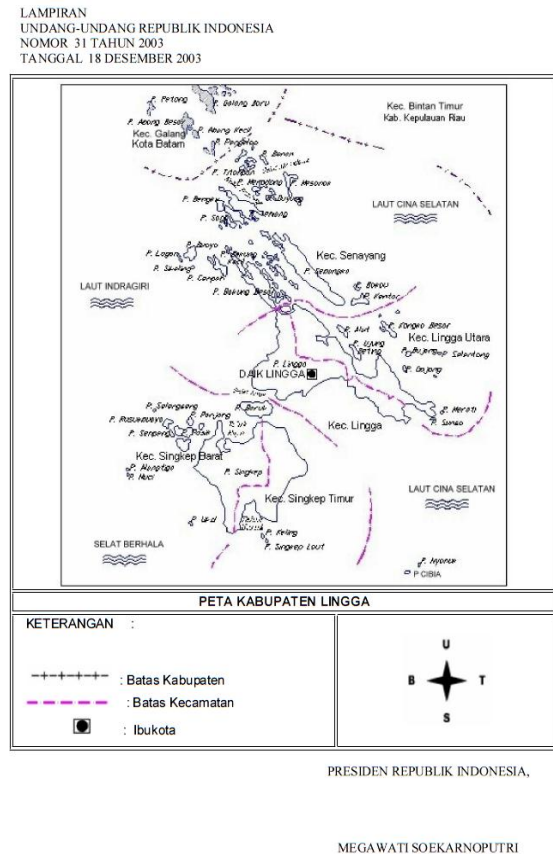
III. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

III.1.Peta lampiran dan Pasal 5 pada UU No.31 tahun 2003.

1.Aspek Kartografis

Peta lampiran UU No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga di Provinsi Kepulauan Riau disajikan pada Gambar 2. Hasil pengamatan aspek kartografis pada peta tersebut terlihat bahwa di dalam peta tidak dicantumkan unsur yang sangat penting yaitu skala peta. Skala peta memegang peranan yang sangat penting karena pada dasarnya peta merupakan model miniatur dari permukaan bumi sehingga harus jelas hubungan geometris antara unsur yang digambarkan dalam peta dengan unsur sebenarnya di lapangan. Tidak adanya

informasi skala dalam suatu peta berarti peta tersebut tidak dapat digunakan untuk melakukan analisis spasial melalui peta misalnya mengukur panjang segmen batas dan mengukur luas.



Gambar 2: Peta lampiran UU No. 31 tahun 2003 tentang Pembentukan Daerah kabupaten Lingga

Kelengkapan informasi peta lampiran UUPD No.31 tahun 2003 yang dicantumkan juga sangat terbatas, bahkan sumber data, tahun pembuatan peta dan instansi pembuat peta juga tidak disebutkan. Sehingga peta lampiran UUPD No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga kualitasnya tidak memenuhi syarat sebagai peta delimitasi.

2. Pasal 5 UUPD No.31 tahun 2003 sebagai proses *boundary making*.

Pasal 5 UUPD No.31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten menetapkan batas wilayah Kabupaten Lingga adalah:

- 1) Kabupaten Lingga mempunyai batas wilayah:
 - a. sebelah utara berbatasan dengan Kecamatan Galang Kota Batam dan Laut Cina Selatan;
 - b. sebelah timur berbatasan dengan Laut Cina Selatan;
 - c. sebelah selatan berbatasan dengan Laut Bangka dan Selat Berhala; dan
 - d. sebelah barat berbatasan dengan Laut Indragiri .
- 2) Batas wilayah sebagaimana dimaksud pada ayat (1), digambarkan dalam peta wilayah administrasi yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Undangundang ini.
- 3) Penentuan batas wilayah Kabupaten Lingga secara pasti di lapangan, sebagaimana dimaksud pada ayat (1) ditetapkan oleh Menteri Dalam Negeri.

Mengacu pada teori *boundary making* Jones, pasal 5 ayat 1 butir a, b, c dan d seperti dijelaskan di atas pada dasarnya merupakan tahapan **memilih** letak garis batas wilayah Kabupaten Lingga. Pada pasal tersebut dituliskan bahwa batas wilayah Kabupaten Lingga untuk disebelah utara dipilih berbatasan dengan Kecamatan Galang Kota Batam dan Laut Cina Selatan. Di sebelah timur berbatasan dengan Laut Cina Selatan. Di sebelah selatan berbatasan dengan Laut Bangka dan Selat Berhala; di sebelah barat berbatasan dengan Laut Indragiri. Lokasi pilihan-pilihan tersebut telah ditetapkan dan juga digambarkan di dalam peta lampiran. Dengan demikian Pasal 5 ayat 1 merupakan tahapan delimitasi yang sudah sesuai dengan teori *boundary making* Setelah menentukan pilihan letak batas wilayah tersebut, selanjutnya Pasal 5 ayat 2 menjelaskan bahwa batas wilayah tersebut digambarkan pada peta administrasi, sehingga Pasal 5 ayat 2 ini menurut teori *boundary making* Jones pada dasarnya merupakan tahap ke dua delimitasi yaitu **mendefinisikan** batas secara lebih tepat di peta lampiran UUPD. Hanya saja apa yang sudah dijelaskan pada Pasal 5 ayat 2 tidak diikuti dengan peta yang secara jelas mendefinisikan garis batas tersebut yaitu dengan melakukan deliniasi batas dan menentukan posisi titik-titik batas yang dinyatakan dengan koordinat titik batas pada sistem koordinat

yang disepakati.

Pemilihan letak garis batas pada suatu area kawasan Laut dan Selat akan menjadi krusial apabila tidak diikuti dengan pendefinisian garis batas dan pendefinisian kawasan Laut dan Selat secara tepat, karena kemudian bisa menimbulkan interpretasi yang berbeda oleh para pihak yang berkepentingan. Pada kasus Pasal 5 ayat 1 c tentang Selat Berhala sebagai area yang dipilih untuk meletakkan batas, tetapi karena tidak diikuti pendefinisian area selat yang dimaksud, maka Selat Berhala diinterpretasikan berbeda antara pihak Kabupaten Lingga dan Provinsi Jambi. Kabupaten Lingga menafsirkan Selat Berhala terletak diantara Pulau Berhala dengan Pulau Sumatera sehingga dengan demikian Pulau Berhala diklaim masuk wilayah Kabupaten Lingga. Sementara Provinsi Jambi menafsirkan bahwa Selat Berhala adalah terletak diantara Pulau Sumatera dengan Gugusan Pulau-pulau Lingga dan Singkep, kemudian ditambah dengan adanya penjelasan Pasal 3 UU. No. 25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau, maka Provinsi Jambi mengklaim bahwa Pulau Berhala masuk kedalam wilayah Provinsi Jambi.

Penelusuran pada publikasi *International Hydrographic Organization (IHO)* yang berjudul *Limits of Ocean and Sea, Special Publication S23-4 Ed. Chapter 6*, beberapa laut dan selat di perairan Indonesia seperti Laut Cina Selatan, Selat Makassar, Selat Malaka, Laut Natuna, Selat Sunda, dan Selat Sumba sudah didefinisikan dalam bentuk peta maupun definisi batas-batasnya, namun untuk Selat Berhala belum didefinisikan.

Berdasarkan pendefinisian selat yang telah dilakukan oleh IHO dan definisi Selat menurut *Hydrographic Dictionary- IHO, Part 1, Volume 1, English, Special Publication No. 32, Fifth Edition (1994)* bahwa selat adalah: *Geographically, a narrow passage between two landmasses or islands or groups of islands connecting two larger sea areas* (secara geografis, lintasan sempit di antara dua daratan atau pulau atau gugusan pulau yang menghubungkan dua kawasan perairan yang lebih luas), maka menurut pendapat penulis pengertian Selat Berhala adalah suatu kawasan perairan yang terletak diantara Pulau

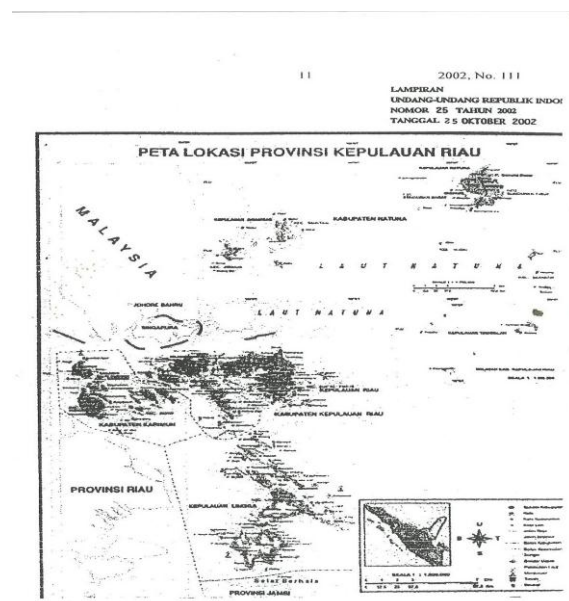
Sumatera dengan Gugusan Pulau-pulau Lingga, bukan kawasan perairan yang terletak diantara Pulau Sumatera dengan Pulau Berhala.

Laut Bangka dan Laut Indragiri yang disebutkan dalam Pasal 5 ayat 1 c dan d, juga belum didefinisikan secara pasti. Bahkan kalau mengacu kepada definisi IHO, Laut Bangka yang terletak di perairan di sekitar pulau Bangka dan Laut Indragiri adalah termasuk di dalam kawasan Laut Natuna.

III.2. Peta lampiran dan Pasal 5 pada UU No.25 tahun 2002.

1. Aspek Kartografis

Peta lampiran UU No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau disajikan pada Gambar 3. Peta lampiran UU. No. 25 tahun 2002 diberi judul Peta Lokasi Provinsi Kepulauan Riau. Dicantumkan skala baik secara grafis maupun numeris namun skalanya terlalu kecil (1: 800.000) untuk kegiatan delimitasi, sehingga peta ini lebih tepat disebut sebagai peta orientasi untuk mengetahui kedudukan relatif letak Provinsi Kepulauan Riau terhadap daerah disekitarnya (Provinsi Riau, Negara Malaysia, Negara Singapura dan laut Natuna). Kelengkapan informasi peta yang dicantumkan juga sangat terbatas, bahkan sumber data, tahun pembuatan peta dan instansi pembuat peta juga tidak disebutkan.



Gambar 3: Peta Lampiran UU No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau

Sehingga mengacu persyaratan peta untuk delimitasi pada kegiatan *boundary making*, peta lampiran UU. No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau kualitasnya tidak memenuhi syarat sebagai peta delimitasi.

2. Pasal 5 UUPD No.25 tahun 2002 sebagai proses *boundary making*.

Pasal 5 UUPD No.25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau menetapkan batas wilayah Provinsi Kepulauan Riau adalah:

1).Provinsi Kepulauan Riau mempunyai batas wilayah :

- a) sebelah utara dengan Laut Cina Selatan;
- b) sebelah timur dengan Negara Malaysia dan Provinsi Kalimantan Barat;
- c) sebelah selatan dengan Provinsi Sumatera Selatan dan Provinsi Jambi; dan
- d) sebelah barat dengan Negara Singapura, Malaysia, dan Provinsi Riau.

2). Batas wilayah sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dituangkan dalam peta yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari undang-undang ini.

3).Penentuan batas wilayah Provinsi Kepulauan Riau secara pasti di lapangan ditetapkan oleh Menteri Dalam Negeri.

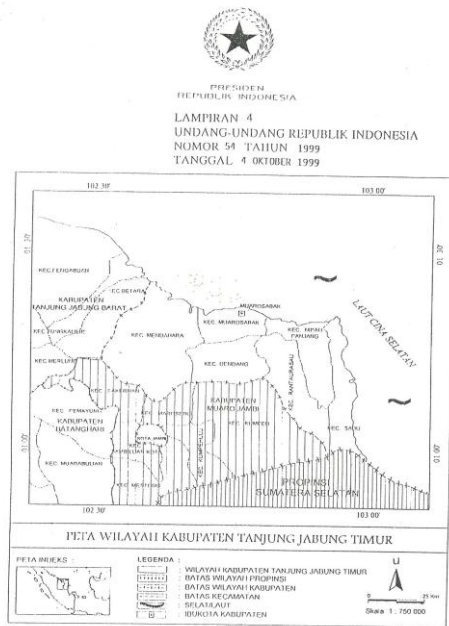
Mengacu pada teori *boundary making*, maka Pasal 5 ayat 1 butir a, b, c dan d pada UU. 25 tahun 2002 merupakan tahapan **memilih** letak garis batas Provinsi Kepulauan Riau. Lokasi pilihan-pilihan tersebut telah ditetapkan dan juga digambarkan di dalam peta lampiran. Tahapan ini (Pasal 5 ayat 1) sudah sesuai dengan teori *boundary making*. Selanjutnya Pasal 5 ayat 2 UU. 25 tahun 2002 menjelaskan bahwa batas wilayah tersebut pada ayat 1 dituangkan pada peta yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari undang-undang ini. Pasal 5 ayat 2 UU. 25 tahun 2002 ini menurut teori *boundary making* Jones (1945) adalah **mendefinisikan** batas secara lebih tepat di peta lampiran undang-undang. Di peta lampiran tersebut memang telah dilakukan deliniasi garis batas, **namun belum ditentukan posisi titik-titik batas yang dinyatakan dengan koordinat titik batas** pada sistem koordinat yang disepakati. Terkait kedudukan Pulau Berhala,

walaupun titik-titik dan garis batas belum ditentukan koordinatnya, namun secara relatif di dalam peta tersebut posisi Pulau Berhala telah didefinisikan dan digambarkan terletak di luar garis batas wilayah Provinsi Kepulauan Riau. Di dalam Penjelasan Pasal 3 UU. No. 25 tahun 2002 juga telah disebutkan bahwa: “Kabupaten Kepulauan Riau dalam Undang-undang ini tidak termasuk Pulau Berhala, karena Pulau Berhala termasuk di dalam wilayah administratif Provinsi Jambi sesuai Undang-undang No.54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi”. Dengan demikian dengan mengacu kepada Peta Lampiran dan Penjelasan Pasal 3 UU No. 25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau, kedudukan Pulau Berhala sebenarnya sudah didefinisikan cukup jelas baik di dalam penjelasan maupun di peta yaitu masuk di dalam wilayah Provinsi Jambi.

III.3.Peta Lampiran 4 dan Pasal 9 ayat 4 dan 5 pada UU No.54 tahun 1999.

1.Aspek Kartografis

Peta Lampiran UU No.54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, Dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur khususnya Lampiran 4 Peta Wilayah Kabupaten Tanjung Jabung Timur disajikan pada Gambar 4. Peta Lampiran 4 UU. No. 54 tahun 1999 mencantumkan skala baik secara grafis maupun numeris namun skalanya kecil (1: 750.000), sehingga skala peta ini terlalu kecil bila digunakan sebagai peta delimitasi. Kelengkapan informasi peta yang dicantumkan juga sangat terbatas, bahkan sumber data, tahun pembuatan peta dan instansi pembuat peta juga tidak disebutkan. Sehingga mengacu persyaratan peta untuk delimitasi pada kegiatan *boundary making*, maka peta Lampiran 4 UU. No.54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Tanjung Jabung Timur kualitasnya kurang memenuhi syarat sebagai peta delimitasi.



Gambar 4: Peta Lampiran 4 UU No.54 tahun 1999

2. Pasal 9 ayat 4 UUPD No.54 tahun 1999 sebagai proses *boundary making*.

Pasal 9 ayat 4 UU.No.54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, Dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur menetapkan batas wilayah kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi adalah:

(4) Kabupaten Tanjung Jabung Timur mempunyai batas wilayah:

- sebelah utara dengan Laut Cina Selatan;
- sebelah Timur dengan Laut Cina Selatan;
- sebelah selatan dengan Kecamatan Kumpeh, Kecamatan Maro Sebo Kabupaten Muaro Jambi dan Propinsi Sumatera Selatan; dan
- sebelah barat dengan Kecamatan Betara Kabupaten Tanjung Jabung Barat, dan Kecamatan Sakernan, Kabupaten Muaro Jambi.

(5) Batas wilayah sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), ayat (3), dan ayat (4) dituangkan dalam peta yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari Undang-undang ini.

(6) Penentuan batas wilayah Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur, secara pasti di lapangan sebagaimana dimaksud pada ayat (1), ayat (2), ayat (3), dan ayat (4), ditetapkan oleh Menteri

Dalam Negeri. Mengacu pada teori *boundary making*, maka Pasal 9 ayat 4 butir a, b, c dan d pada UU. 54 tahun 1999 merupakan tahapan **memilih** letak garis batas Kabupaten Tanjung Jabung Timur. Lokasi pilihan-pilihan tersebut telah ditetapkan dan juga digambarkan di dalam peta lampiran. Tahapan ini (Pasal 9 ayat 4) merupakan tahapan delimitasi di dalam teori *boundary making*. Selanjutnya Pasal 9 ayat 5 UU. 54 tahun 1999 menjelaskan bahwa batas wilayah tersebut pada pasal 9 ayat 4 dituangkan pada peta yang merupakan bagian tidak terpisahkan dari undang-undang ini. Pasal 9 ayat 5 UUPD 54 tahun 1999 ini menurut teori *boundary making* Jones (1945) adalah mendefinisikan batas secara lebih tepat di peta lampiran undang-undang. Di peta Lampiran 4 UUPD no. 54 tahun 1999 memang telah dilakukan deliniasi garis batas wilayah Kabupaten Tanjung Jabung Timur, namun belum ditentukan posisi titik-titik batas yang dinyatakan dengan koordinat titik batas pada sistem koordinat yang disepakati. Di peta Lampiran 4 dan di pasal 9 ayat 4 butir a dan b UUPD No. 54 tahun 1999 menyebutkan bahwa Kabupaten Tanjung Jabung Timur mempunyai batas wilayah:

- sebelah utara dengan Laut Cina Selatan;
- sebelah Timur dengan Laut Cina Selatan;

Bila mengacu pada definisi Laut Cina Selatan dan Laut Natuna menurut IHO pada publikasinya yang berjudul *Limits of Ocean and Sea, Special Publication S23-4 Ed. Chapter 6*, maka lebih tepat bila batas sebelah utara dan sebelah timur Kabupaten Tanjung Jabung Timur adalah Laut Natuna, bukan Laut China Selatan.

Peta lampiran UUPD sebenarnya adalah peta yang bersifat legal (hukum), artinya apa yang digambarkan pada peta tersebut memiliki kekuatan hukum yang bersifat mengikat, sehingga peta tersebut seharusnya memiliki kualitas seperti yang disyaratkan secara teknis dalam tahap delimitasi. Hal ini sesuai dengan pendapat Brownlie (1979) dan Akweenda, S.(1990) yang menyatakan bahwa: "a map has a probative value proportionate to its technical qualities". Dari penelitian aspek geospasial pada peta lampiran UUPD No. 31 tahun 2003, UUPD No. 25 tahun 2002 dan UUPD No. 54 tahun 1999 ditemukan bahwa ketiga peta tersebut tidak memenuhi syarat

sebagai peta delimitasi. Karena kulaitasnya yang tidak baik ini kemudian menimbulkan beda tafsir terhadap posisi garis batas oleh para pihak yang berkepentingan sehingga akhirnya terjadi sengketa status Pulau Berhala. Hal ini membuktikan kebenaran hipotesis yang dikemukakan oleh Blake (1995) bahwa kualitas peta lampiran dalam perjanjian suatu batas wilayah atau kalau di Indonesia adalah peta lampiran UUPD, berpengaruh terhadap terjadinya sengketa posisional garis batas wilayah. Selain itu, peta batas wilayah pada lampiran UUPD pada akhirnya secara teknis harus bisa digunakan dalam kegiatan demarkasi di lapangan. Untuk bisa digunakan sebagai dasar demarkasi di lapangan, maka peta batas wilayah pada lampiran UUPD harus memenuhi syarat-syarat secara teknis (survey pemetaan) untuk keperluan demarkasi di lapangan yaitu ada skala, datum dan sistem koordinat, arah utara peta, fitur-fitur topografi seperti jalan dan sungai. Selain aspek kualitasnya tidak memenuhi syarat sebagai peta delimitasi, dalam pilihan meletakkan batas di kawasan Selat dan Laut tidak disertai pendefinisian terhadap Selat dan Laut yang dimaksud. Akibatnya telah menimbulkan beda interpretasi terhadap pengertian Selat Berhala dan ketidakjelasan letak garis batas antara Provinsi Jambi dengan Provinsi Kepulauan Riau dan Kabupaten Lingga, sehingga akhirnya kedua belah pihak saling klaim terhadap Pulau Berhala.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian aspek geospasial di dalam UUPD No.31 tahun 2003, UUPD No. 25 tahun 2002 dan UUPD No.54 tahun 1999 disimpulkan dan disampaikan saran sebagai berikut:

1. Peta lampiran UUPD No. 31 tahun 2003, UUPD No. 25 tahun 2002 dan UUPD No. 54 tahun 1999 dari aspek kartografis tidak memenuhi syarat sebagai peta delimitasi batas wilayah.
2. Pasal serta ayat yang menyebutkan batas wilayah pada UUPD No. 31 tahun 2003, UUPD No. 25 tahun 2002 dan UUPD No. 54 tahun 1999, bila mengacu pada teori *Boundary Making* Jones (1945) adalah merupakan kegiatan delimitasi yaitu “**memilih**” dan “**mendefinisikan**” letak batas wilayah dari tiap daerah yang dibentuk. Hanya saja dalam mendefinisikan letak batas secara pasti belum dilakukan pada peta yang kualitasnya baik serta belum ditentukan juga koordinat titik-titik batasnya. Dalam hal memilih letak batas pada kawasan Selat dan Laut tidak diikuti dengan pendefinisian Selat dan Laut yang dimaksud. Akibatnya terjadi interpretasi yang berbeda diantara para pihak yang berkepentingan yang pada akhirnya menimbulkan sengketa saling klaim terhadap Pulau Berhala.
3. Hasil penelitian ini juga membuktikan kebenaran hipotesis yang dikemukakan oleh oleh Blake, (1995) bahwa kualitas peta lampiran dalam perjanjian suatu batas wilayah atau kalau di Indonesia adalah UUPD berpengaruh terhadap terjadinya sengketa posisional garis batas wilayah.
4. Sebagai suatu saran kepada Pemerintah dalam hal ini Badan Informasi Geospasial (Bakosurtanal) dan Dinas Hidrografi dan Oceanografi (Dishidros) TNI-AL perlu segera melakukan pendefinisian tentang Selat, Laut, dan Teluk di seluruh perairan wilayah kedaulatan NKRI baik dalam bentuk peta maupun batas-batasnya dengan koordinat sebagaimana dilakukan oleh IHO. Pendefinisian resmi ini penting untuk pedoman delimitasi yang akan datang bila akan dilakukan pemekaran daerah otonom baru khususnya yang batas-batasnya meliputi wilayah laut, sehingga tidak menimbulkan interpretasi yang berbeda-beda tentang pengertian Selat, Laut dan Teluk.

UCAPAN TERIMAKASIH

Hasil penelitian ini telah digunakan oleh penulis sebagai bahan keterangan saksi ahli pada sidang Mahkamah Konstitusi pada tanggal 28 Juni 2012. Pada kesempatan ini disampaikan penghargaan dan ucapan terimakasih kepada Mahkamah Konstitusi RI, Pemerintah Provinsi Jambi dan Advokat dan Asisten Advokat pada “Dr. Muhammad Asrun and Partners (MAP) Law Firm”, beralamat di Gedung PGRI, Jl.

Tanah Abang III No. 24, Jakarta Pusat, atas kepercayaan dan memberi kesempatan penulis sebagai saksi ahli. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada I Made Andi Arsana, ST., ME., yang telah merekomendasi penulis sebagai saksi ahli. Kepada bapak Kolonel Ir. Trismadi, M.Sc dari Dishidros TNI-AL juga diucapkan terimakasih atas pinjaman 2 lembar Peta Laut sekitar Pulau Berhala serta beberapa publikasi dari IHO.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, R., 1995, Positioning and Mapping International Land Boundaries, IBRU Boundary & Territory Briefing, Vol.2, No.1, ISBN 1-897643-19-5, Durham, UK.
- Akweenda, S. (1990) 'The Legal Significance of Maps in Boundary Questions', *British Year Book of International Law*, Oxford, Oxford University Press, 16: 205-255.
- Anonim, 2003, Undang-undang No. 31 tahun 2003 tentang Pembentukan Kabupaten Lingga di Provinsi Kepulauan Riau.
- Anonim, 2002, Undang-undang No. 25 tahun 2002 tentang Pembentukan Provinsi Kepulauan Riau.
- Anonim, 1999, Undang-undang No. 54 tahun 1999 tentang Pembentukan Kabupaten Sarolangun, Kabupaten Tebo, Kabupaten Muaro Jambi, Dan Kabupaten Tanjung Jabung Timur Provinsi Jambi.
- Blake, G., 1995, The Depiction of International Boundaries on Topographic Maps, *Articles Section, IBRU Boundary and Security Bulletin April 1995*, Durham, UK.
- Brownlie, I. (1979) *African Boundaries: A Legal and Diplomatic Encyclopaedia*, London: C. Hurst and Co.
- International Hydrographic Organization, 1994, Hydrographic Dictionary, Part I, Volume I, English, Special Publication No. 32, Fifth Edition, Monaco.
- International Hydrographic Organization, 1994, Limits of Oceans and Sea, Special Publication 23 Ed.4, Monaco.
- Jones, Stephen, B., 1945, Boundary Making, A Handbook for Statesmen, Treaty Editors and Boundary Commissioners, William S. Hein & Co., Inc, Buffalo, New York.
- Pratt, M., 2006, Boundary- Making Challenges and Opportunities, International Symposium on Land and River Boundaries Demarcation and Maintenance in Support of Borderland Development, Bangkok, Thailand, 6-11 November 2006, <http://www.dur.ac.uk/ibru/conferences/thailand2006>.
- Permendagri No.1 tahun 2006 Tentang Pedoman Penegasan Batas Daerah.
- Prescott, 1987, *Political Frontiers and Boundaries*, London: Allen and Unwin, 93-135.
- Sutisna, Sobar, 2007, Kajian Permasalahan Teknis Survey Pemetaan dalam Proses Penetapan dan Penegasan Batas Wilayah Daerah Otonom di Indonesia, Makalah disampaikan pada Pelatihan Penegasan dan Manajemen Batas Daerah, Juli 2007, Jurusan Teknik Geodesi FT UGM, Yogyakarta.

Delimitasi Batas Maritim antara Indonesia dan Malaysia di Perairan Tanjung Berakit

I Made Andi Arsana^a, Farid Yuniar^b

^{a, b} Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM (✉)

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: madeandi@ugm.ac.id

^bMahasiswa S2 Program Magister Teknik Geomatika, FT UGM

Abstract

Due to its geographical location, Indonesia is surrounded by at least ten neighbours, with which Indonesia needs to settle maritime boundaries. As of November 2012, Indonesia has yet to completely delimit maritime boundaries with several neighbours including Malaysia. With Malaysia, Indonesia has to delimit maritime boundaries in four different locations, which are the Malacca Strait, South China Sea, Celebes Sea, and the Singapore Strait (waters off Tanjung Berakit).

Pending maritime boundaries between Indonesia and its neighbours are evident to have caused problems. Tensions between Indonesia and Malaysia due to maritime boundary disputes have been continuously taking place from time to time. One of the most prominent incidents due to the absences of maritime boundaries between Indonesia and Malaysia took place in waters off Tanjung Berakit (Singapore Strait) in 2010. This paper discusses the issue starting from a discussion on the principles of maritime claims and delimitation by coastal States pursuant to the International Law of the sea. Options on how Indonesia and Malaysia may settle their maritime boundaries in the area in question by considering legal and geospatial aspects are then presented.

Keywords: Indonesia, Malaysia, batas maritim, delimitasi, kedaulatan, hak berdaulat, aspek teknis/geospasial hukum laut

Pendahuluan

Tokoh besar, Benjamin Franklin, mengatakan “*love your neighbors, yet do not pull down the fence*” yang jika diterjemahkan secara bebas berarti kita harus menjaga hubungan baik dengan tetangga tetapi tetap harus memastikan adanya pagar pembatas. Ungkapan ini mengingatkan bahwa menjaga hubungan baik dengan tetangga memerlukan adanya batas yang jelas antara dua keluarga. Hal ini juga berlaku pada hubungan antarnegara, setidaknya terlihat pada hubungan antara Indonesia dan Malaysia dalam beberapa tahun terakhir. Belum tuntasnya urusan batas maritim antara kedua negara telah menimbulkan berbagai persoalan dan ketegangan di kawasan perbatasan. Menariknya, sengketa ini bukanlah hal baru dan masih terus muncul meskipun usaha penyelesaian telah dan terus diupayakan.

Salah satu kasus sengketa perbatasan antara Indonesia dan Malaysia adalah Blok Ambalat yang mencuat pada tahun 2005 dan muncul kembali pada tahun 2009. Kasus Blok Ambalat ini sempat menyita perhatian publik dan membuat hubungan Indonesia dan Malaysia sempat terganggu (Arsana, 2010). Menyusul Ambalat, pada bulan Agustus 2010,

ketegangan antara Indonesia dan Malaysia terjadi lagi terkait insiden di perairan Tanjung Berakit yang melibatkan aparat Indonesia, nelayan Malaysia dan aparat Malaysia. Kejadian ini dimuat oleh berbagai media masa dan sempat menjadi isu yang sangat panas di Indonesia. Siaran pers resmi dari Kementerian Kelautan dan Perikanan (KKP) menyebutkan tiga petugas patroli KKP ditahan oleh Polis Laut Diraja Malaysia pada saat menjalankan tugas di perairan Indonesia di sekitar Tanjung Berakit. Petugas Patroli itu dinyatakan sedang menertibkan nelayan Malaysia yang disinalir sedang menangkap ikan di perairan Indonesia (KKP, 2010). Senada dengan itu, pernyataan dari Kementerian Luar Negeri Indonesia (Kemlu) juga menegaskan bahwa insiden itu memang terjadi di wilayah perairan Indonesia dan Indonesia dengan segera melakukan tindakan yang dipandang perlu. Saat makalah ini diselesaikan, (November 2012), isu ini sudah selesai dan kedua negara bersepakat untuk mengusahakan penyelesaian dengan mengintensifkan perundingan penetapan/delimitasi batas maritim antara kedua negara.

Tidak berhenti pada insiden Tanjung Berakit, sebuah insiden lain juga terjadi di Selat Malaka, melibatkan

kapal nelayan berbendera Malaysia, petugas patroli Indonesia dan pasukan helikopter Malaysia. Insiden yang menyita perhatian publik ini terjadi pada tanggal 7 April 2011 (Arsana, 2011). Berbagai kejadian ini menegaskan bahwa belum tuntasnya batas maritim antara Indonesia dan Malaysia dapat menimbulkan ketegangan dan bahkan akibat yang lebih parah.

Makalah ini secara khusus membahas Insiden Tanjung Berakit dari aspek teknis/geospasial dan hukum dalam konteks kedaulatan dan/atau hak berdaulat. Opsi penyelesaian sengketa melalui proses delimitasi batas maritim dari tinjauan ilmiah dan teknis juga akan disampaikan. Mengawali makalah ini, akan dijelaskan pula prinsip dasar penguasaan laut oleh negara-negara di dunia serta prinsip berbagi laut antarnegara tetangga yang disebut dengan proses delimitasi maritim. Tulisan ini menggunakan pendekatan kajian pustaka dan kajian teknis menggunakan data geospasial dalam menghasilkan opsi delimitasi batas maritim antara Indonesia dan Malaysia.

Klaim dan Delimitasi Maritim

Usaha negara untuk menguasai laut di masa modern sudah terjadi sejak abad ke-15 yang melibatkan Spanyol dan Portugis melalui *bull Inter Caterea* tertanggal 4 Mei 1493 oleh Pope Alexander VI (Davenport 1917: 75-78)¹ Perkembangan selanjutnya di abad ke-20 ditandai dengan adanya usaha secara sporadis oleh berbagai negara untuk mengklaim kawasan laut misalnya seperti yang dilakukan oleh Amerika Serikat melalui proklamasi Presiden Harry S. Truman tahun 1945 (Presidential Proclamation No. 2667, 1945). Hal ini diikuti oleh negara-negara Amerika Latin seperti Argentina, Chile, dan Peru (United Nations, 1982a). Di masa itu, banyak negara melakukan klaim maritim secara sepihak tanpa ada ketentuan internasional yang mengatur.

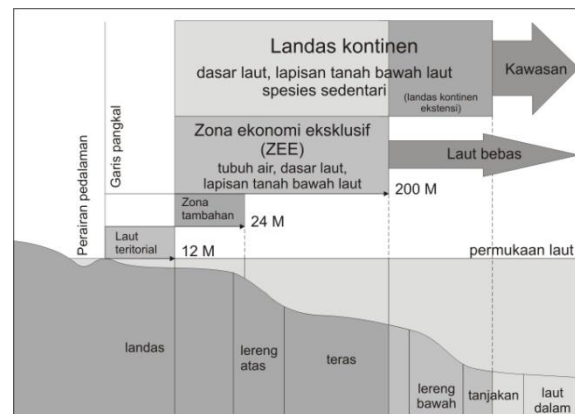
Dalam rangka mengatur klaim maritim oleh berbagai negara ini, PBB melakukan usaha kodifikasi hukum laut yang dimulai tahun 1958. Usaha terakhir dilakukan pada konferensi PBB tentang Hukum Laut III yang berakhir tahun 1982 di Montego Bay, Jamaica. Saat itulah ditetapkan United Nations Convention on the Law of the Sea 1982 (UNCLOS)²

¹ Untuk penjelasan historis *bull Inter Caterea*, lihat: Linden, H. V. (1916) Alexander VI and the Demarcation of the Maritime and Colonial Domains of Spain and Portugal, 1493-1494, *The American Historical Review*, vol. 22, no. 1, pp. 1-20

² Istilah UNCLOS juga digunakan untuk menyingkat nama konferensi yang menghasilkan Konvensi PBB tentang Hukum Laut yaitu United Nations Conference on the Law of the Sea. Meski demikian, istilah UNCLOS di Indonesia lebih umum digunakan untuk menamai konvensinya sendiri.

yang berlaku hingga kini (United Nations, 1982b). UNCLOS merupakan konvensi hukum laut yang paling komprehensif sehingga disebut “*A Constitution of the Ocean*” (Koh, 1982).

UNCLOS mengatur tentang kawasan maritim yang menjadi hak negara pantai. Kawasan maritim ini meliputi berbagai zona yang diukur dengan lebar tertentu dari garis pangkal (*baseline*). Garis pangkal adalah garis referensi atau acuan dalam mengukur lebar zona yurisdiksi maritim. Menurut UNCLOS, beberapa jenis garis pangkal yang umum digunakan adalah garis pangkal normal (UNCLOS, Pasal 5), lurus (UNCLOS, Pasal 7), penutup mulut sungai (UNCLOS, Pasal 9), penutup mulut teluk (UNCLOS, Pasal 10), pelabuhan (UNCLOS, Pasal 11), elevasi pasut atau *low tide elevation* (UNCLOS, Pasal 13), dan garis pangkal kepulauan (UNCLOS, Pasal 47). Zona-zona tersebut antara lain 12 mil laut (M)³ laut teritorial (UNCLOS, Bagian II), 24 M zona tambahan (UNCLOS, Bagian II), 200 M zona ekonomi eksklusif, ZEE (UNCLOS, Bagian V), dan landas kontinen yang lebarnya bisa mencapai 350 M atau lebih (UNCLOS, Pasal 76) seperti diilustrasikan pada Gambar 1. Selain terkait cakupan horizontal (ukuran lebar), masing-masing zona juga memiliki cakupan vertikal (lapisan) berbeda. Laut teritorial, misalnya, meliputi tiga lapisan vertikal yaitu dasar laut, tubuh air dan udara di atasnya, sedangkan landas kontinen hanya mencakup dasar laut. Sementara itu ZEE meliputi dasar laut dan tubuh air (Papanicolopulu, 2007). Selain zona maritim yang menjadi kewenangan negara pantai, di luar itu dikenal juga adanya Laut Bebas (UNCLOS, Bagian VII) dan Kawasan atau *The Area* (UNCLOS, Bagian XI).



Gambar 1 Zona maritim berdasarkan UNCLOS.

Sumber: diadaptasi dari Arsana dan Schofield (2009).

³ Mil laut disingkat M dalam makalah ini. 1 mil laut = 1.852 meter.

Secara teknis, klaim maritim ini melibatkan penerapan disiplin geospasial (keruangan yang bereferensi bumi) misalnya terkait pasang surut laut dalam menentukan garis pangkal. Perlu juga melibatkan geodesi dalam penentuan jarak dari garis pangkal hingga batas terluar suatu zona. Dalam praktiknya, jarak ini diukur pada peta laut atau *nautical chart* sehingga peta laut memiliki fungsi yang sangat penting (Arsana dan Sumaryo, 2008).

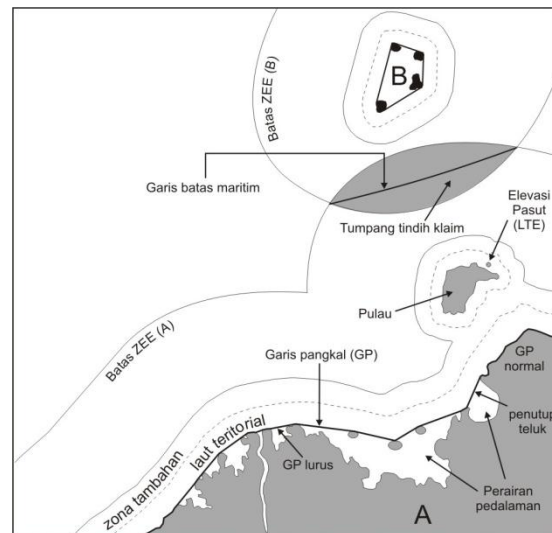
Dari Gambar 1 bisa dilihat bahwa secara teoritis sebuah negara bisa menguasai laut hingga lebih dari 200 M dari garis pantainya. Untuk dasar laut, jarak terluar bahkan bisa lebih dari 350 M dari garis pangkal. Jika di tengah laut ada sebuah negara kecil dan sendirian tanpa tetangga maka negara kecil ini secara teoritis bisa menguasai laut seluas lebih dari satu juta kali luas daratannya.⁴ Meski demikian, situasi ini hampir tidak mungkin terjadi karena setiap negara pasti punya tetangga yang juga memiliki hak atas laut. Mengingat lebar masing-masing zona maritim yang bisa diklaim oleh sebuah negara pantai dibatasi oleh jarak tertentu maka, dalam praktiknya, zona yang bisa diklaim oleh negara tersebut sangat tergantung pada jaraknya dengan negara tetangga. Jika sebuah negara pantai tidak memiliki tetangga pada jarak kurang dari 400 M, misalnya, maka negara pantai tersebut bisa mengklaim laut teritorial, zona tambahan dan ZEE tanpa perlu berurusan dengan tetangganya. Meski demikian, kondisi ideal seperti ini jarang atau tidak mungkin ditemukan. Untuk kawasan di timur laut Pulau Sumatera, misalnya, Indonesia tidak mungkin mengklaim hingga 200 M ZEE karena akan terjadi tumpang tindih klaim di Selat Malaka dengan Malaysia yang juga memiliki hak yang sama. Hal serupa juga terjadi, misalnya, di sebelah selatan Nusa Tenggara akibat adanya tumpang tindih dengan klaim Australia. Karena posisi geografisnya, Indonesia memiliki klaim maritim yang tumpang tindih dengan sepuluh negara tetangga yaitu India, Thailand, Malaysia, Singapura, Vietnam, Filipina, Palau, Papua Nugini, Australia dan Timor Leste (Oegroseno, 2009).

Adanya persamaan hak dalam hal klaim maritim bagi semua negara pantai memerlukan adanya kompromi. Jika terjadi tumpang tindih klaim maritim, diperlukan adanya delimitasi batas maritim yang melibatkan negara-negara terkait baik melalui negosiasi maupun dengan fasilitasi pihak ketiga seperti International Court of Justice (ICJ) atau International Tribunal on the Law of the Sea (ITLOS). Garis yang disepakati inilah yang akan menjadi batas terluar zona maritim negara-negara tersebut. Dengan kata lain, penentuan batas terluar suatu zona maritim sering kali tidak bisa dilakukan secara unilateral/sepihak, melainkan harus

⁴ Ini adalah sebuah contoh ekstrim untuk wilayah dengan luasan 1 kilometer persegi.

secara bilateral ataupun trilateral karena terjadinya tumpang tindih klaim antara beberapa negara. Sebagai contoh, Indonesia tidak bisa menentukan batas terluar laut teritorialnya secara unilateral di sebelah utara Pulau Batam dan Pulau Bintan (di Selat Singapura) karena lebar selat tersebut kurang dari 24 M (lihat Gambar 3). Jika Indonesia menentukan zona laut teritorialnya selebar 12 M seperti yang ditentukan UNCLOS maka akan terjadi 'ketidakadilan' bagi Singapura dan Malaysia yang juga berhak atas 12 M laut teritorial. Lebih ekstrim lagi, jika Indonesia mengklaim 12 M laut teritorial seperti yang diatur UNCLOS di kawasan ini maka klaim tersebut akan meliputi daratan Singapura dan Malaysia. Oleh karena itu, diperlukan kompromi antara Indonesia dan Singapura dan Malaysia untuk menentukan garis yang membagi laut teritorial kedua negara. Proses inilah yang disebut dengan delimitasi batas maritim (United Nations, 2000). Dengan memiliki sepuluh negara tetangga, delimitasi batas maritim adalah pekerjaan besar yang penting artinya bagi Indonesia.

Delimitasi batas maritim dapat terjadi pada berbagai zona tergantung jarak negara-negara yang terlibat. Jika dua negara berseberangan (*opposite*) pada jarak kurang dari 400 M dan lebih dari 24 M maka tumpang tindih akan terjadi pada ZEE dan landas kontinen, bukan pada laut teritorial. Artinya delimitasi yang diperlukan untuk situasi ini adalah delimitasi batas ZEE dan landas kontinen, bukan untuk laut teritorial seperti yang diilustrasikan pada Gambar 2.



Gambar 2 Prinsip delimitasi batas maritim.

Sumber: diadaptasi dari Arsana (2007).

Dimensi zona maritim ini, seperti yang disampaikan sebelumnya, tidak hanya beragam dalam konteks horizontal tetapi juga vertikal. Jika dua negara berhasil menyepakati batas landas kontinen saja tanpa

batas ZEE, misalnya, maka kedua negara tersebut hanya berbagi dasar laut, bukan kolom air. Artinya, meskipun di peta sudah nampak garis batas antara kedua negara maka garis itu hanya membagi dasar laut sedangkan pembagian airnya belum ditentukan. Dampak praktisnya, pembagian atas kekayaan dasar laut seperti minyak, gas dan spesies sedenter,⁵ sudah ditentukan dengan jelas tetapi pengaturan atas memanfaatkan kekayaan alam di air (ikan, tumbuhan, dll) belum ada. Mengingat munculnya konsep landas kontinen dan ZEE tidak bersamaan maka situasi seperti yang digambarkan di sini sering terjadi.⁶ Untuk kasus antara Indonesia dan Malaysia, misalnya, di banyak tempat keduanya telah menyepakati pembagian dasar laut (landas kontinen) tetapi belum menyepakati pembagian kolom air (ZEE). Contoh untuk ini adalah di Selat Malaka bagian utara dan di Laut China Selatan, di dekat Kepulauan Natuna.

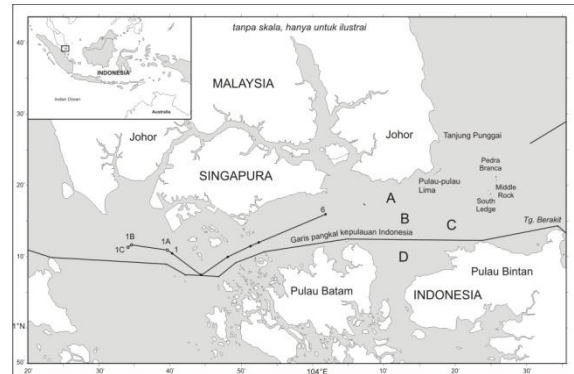
Hal lain yang perlu diperhatikan terkait batas maritim adalah bahwa garis batas ini bersifat maya atau imajiner. Jika batas darat dapat ditandai dengan unsur alam seperti sungai, lembah atau obyek buatan seperti tugu dan pilar maka batas maritim tidak demikian halnya. Hampir tidak mungkin memasang patok atau mendirikan tembok untuk membatasi laut sehingga garis batas memang tidak terlihat secara kasat mata. Menetapkan garis batas maritim seperti halnya membangun dinding maya antara kedua negara yang ada tetapi tidak terlihat. Dalam bahasa Claussen (2009), batas maritim adalah “invisible borders”, batas yang tidak kasat mata. Oleh karena itu, pendekatan dalam melakukan penegakan hukum terkait aktivitas lintas batas juga berbeda. Pemanfaatan dan pemahaman terhadap alat bantu navigasi seperti peta dan perangkat Global Positioning System (GPS), misalnya, sangat penting dalam aktivitas terkait batas maritim.

Insiden Tanjung Berakit

Lokasi Insiden

Seperti halnya isu lain yang melibatkan Indonesia dan Malaysia terkait perbatasan, insiden yang terjadi di Tanjung Berakit pada tanggal 13 Agustus 2010 menjadi berita besar di Indonesia. Dalam menganalisa sebuah kasus pelanggaran batas, informasi lokasi memiliki peran yang sangat penting. Hingga penulisan makalah ini dilakukan, informasi lokasi insiden yang akurat tidak bisa diperoleh dari sumber resmi. Meski demikian, informasi deskriptif

yang disampaikan oleh KKP dan Kemlu dalam pernyataan pers resmi mengindikasikan bahwa lokasi insiden adalah di perairan Tanjung Berakit (KKP, 2010; Kemlu, 2010a) seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Peta Kisaran Lokasi Insiden di Tanjung Berakit

Sumber: ilustrasi oleh penulis

Perairan Tanjung Berakit berada di sebelah utara Pulau Bintan yang dalam konteks penamaan internasional ada dalam kawasan Selat Singapura. Posisi kejadian ini dekat dengan tiga pulau/karang yang sempat disengketakan oleh Singapura dan Malaysia yaitu Pedra Branca, Middle Rock, dan South Ledge seperti yang diilustrasikan pada peta di Gambar 3 (lihat juga sub-bagian *Ketiadaan Batas Maritim dan Klaim Sepihak*). Jarak terdekat antara Indonesia (Pulau Bintan) dengan Malaysia (Johor) di lokasi ini kurang dari 24 M sehingga laut diantara keduanya adalah laut teritorial. Mengingat Indonesia dan Malaysia serta Singapura sama-sama telah meratifikasi UNCLOS maka ketiganya secara hukum berhak atas 12 M laut teritorial. Karena jarak dan ruang yang tidak memungkinkan bagi ketiga negara untuk mengklaim laut teritorial secara penuh maka perlu dilakukan delimitasi/pembagian laut teritorial.

Ketiadaan Batas Maritim dan Klaim Sepihak

Di lokasi terjadinya insiden pada tanggal 13 Agustus 2010, Indonesia dan Malaysia belum menyepakati batas laut teritorial. Ada banyak faktor yang terlibat. Salah satu yang berpengaruh adalah sengketa kedaulatan yang pernah terjadi di kawasan tersebut antara Malaysia dan Singapura. Kedua negara tersebut memperebutkan tiga pulau/karang yang berada di ujung timur Selat Singapura yaitu Pedra Branca (Batu Puteh), Middle Rock, dan South Ledge seperti terlihat pada Gambar 3 (ICJ, 2008). Ketiga pulau/karang ini disengketakan selama sekitar 30 tahun dan mengakibatkan tertundanya delimitasi batas maritim di kawasan itu. Kewenangan atas laut belum bisa ditentukan sebelum kedaulatan atas wilayah darat (pulau/karang) dipastikan. Sengketa kedaulatan tersebut baru bisa diselesaikan setelah

⁵ Spesies sedenter adalah makhluk hidup yang ketika siap panen, hidupnya menempel atau berada di dalam dasar laut (UNCLOS, Pasal 77 (4)).

⁶ Hak suatu negara atas dasar laut (landas kontinen) sudah diakui resmi sejak 1958 sedangkan konsep ZEE yang melibatkan tubuh air baru diakui secara resmi tahun 1982 ketika UNCLOS 1982 ditandatangani.

diputuskan oleh Mahkamah Internasional (*International Court of Justice*) pada bulan Mei 2008 (ICJ, 2008). Mahkamah Internasional memutuskan Pedra Branca menjadi milik Singapura, Middle Rock adalah kewenangan Malaysia dan South Ledge masih belum ditentukan kepemilikannya.

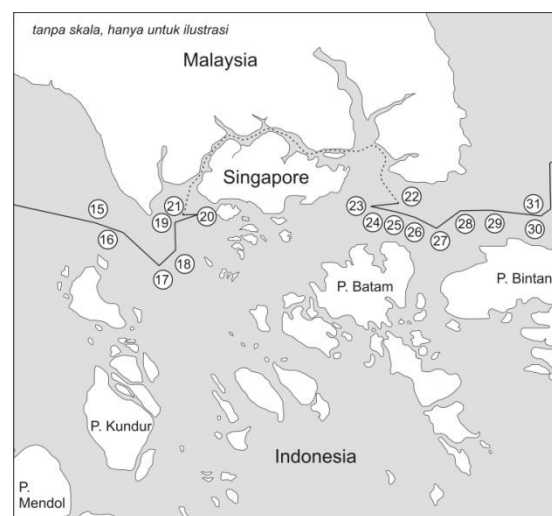
Meskipun belum ada kesepakatan, harus dipahami bahwa Indonesia dan Malaysia memiliki kepentingan di perairan sekitar Tanjung Berakit. Kepentingan ini, salah satunya bermotif ekonomi berupa pemanfaatan sumberdaya laut. Selain itu, Indonesia dan Malaysia memiliki garis klaim sepihak sebelum kesepakatan batas maritim final dicapai. Inilah yang nampaknya menjadi salah satu penyebab terjadinya insiden di kawasan tersebut. Indonesia memiliki klaim sepihak atas laut teritorial seperti yang ditampilkan pada Peta Indonesia yang dikeluarkan tahun 2009. Secara spesifik, menurut siaran pers yang dipublikasikan oleh KKP pada tanggal 15 Agustus 2010 (KKP, 2010), Indonesia menggunakan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1 tahun 2009 tentang Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP) Republik Indonesia sebagai dasar. Peraturan Menteri KKP ini diwujudkan dalam sebuah peta yang menggambarkan wilayah pengelolaan perikanan oleh Indonesia di sebelas lokasi WPP sesuai Pasal 1 (2) Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1 Tahun 2009. Dalam hal ini, insiden penangkapan nelayan Malaysia ini terjadi di WPP-711, yaitu kawasan yang dibatasi dengan garis berlambang ikan pada Gambar 4. Peta tersebut diterbitkan oleh Dinas Hidro-Oseanografi TNI Angkatan Laut (Dishidros) dan dipublikasikan oleh KKP pada bulan November 2009. Kementerian Luar Negeri Republik Indonesia juga menegaskan bahwa insiden ini terjadi di wilayah Indonesia berdasarkan “peta No.349 tahun 2009 yang jelas menggambarkan klaim Indonesia” (Kemlu, 2010a).⁷



Gambar 4 Cuplikan Peta Wilayah Pengelolaan Perikanan RI menurut Permen KP Nomor 1 tahun 2009
Sumber: Dishidros dan KKP (2009)

Sama halnya dengan Indonesia, Malaysia juga

memiliki klaim sepihak di kawasan perairan sekitar Tanjung Berakit. Seperti yang juga ditegaskan oleh Menteri Luar Negeri RI, Malaysia mendasarkan klaimnya pada Peta Baru 1979.⁸ Garis klaim ini ditunjukkan dengan garis bernomor angka dalam lingkaran seperti yang terlihat pada Gambar 5. Sementara itu, berita yang berkembang di Malaysia juga mengindikasikan bahwa nelayan Malaysia yang ditangkap oleh petugas Indonesia memang berada di wilayah perairan Malaysia. Suatu berita di The Star Online, misalnya menegaskan bahwa nelayan tersebut berada di sekitar perairan Middle Rocks yang secara hukum merupakan wilayah Malaysia (The Star Online, 2010). Analisis teknis tentang penggunaan peta ini disajikan di bagian lain tulisan ini (lihat sub-bagian *Analisis Geospasial atas Insiden Tanjung Berakit*).



Gambar 5 Cuplikan Peta Baru Malaysia 1979 untuk kawasan Selat Singapura

Penjelasan Menteri Luar Negeri RI menegaskan bahwa yang dijadikan dasar untuk menjustifikasi adanya pelanggaran wilayah baik oleh Indonesia maupun Malaysia adalah klaim sepihak oleh masing-masing negara. Dalam menyikapi isu semacam ini, setiap negara memang umumnya menggunakan istilah diplomatis seperti “dipastikan kawasan tersebut adalah wilayah negara kita” atau “negara kita telah memiliki kedaulatan di kawasan tersebut secara tidak terbantahkan”. Perlu dipahami bahwa pernyataan semacam ini memang umum dikemukakan dalam rangka menguatkan posisi masing-masing dalam diplomasi. Misalnya, dalam perundingan batas maritim yang sesungguhnya, pernyataan-pernyataan penegasan ini akan menjadi referensi dan dasar untuk menunjukkan bahwa suatu

⁷ Untuk kepentingan tulisan ini, belum ditemukan informasi apakah yang dimaksud dengan Peta No.349 ini sama dengan Peta WPP yang dikeluarkan oleh Dishidros dan KKP.

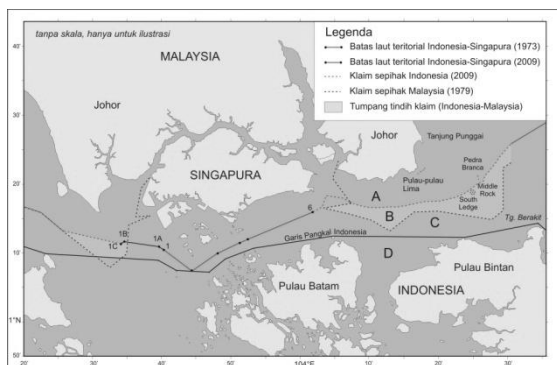
⁸ Peta ini dikeluarkan Bulan Desember 1979 dan mendapat protes dari hampir semua Negara tetangga. Indonesia mengajukan protes terhadap peta 1979 ini pada bulan Februari 1980.

negara konsisten dengan klaimnya. Ini akan memudahkan suatu negara untuk mempertahankan argumentasinya di meja perundingan kelak.

Idealnya, pengelolaan dan pemanfaatan atas sumberdaya laut baru bisa dilakukan setelah batas maritim disepakati. Meski demikian, bukan tidak mungkin dua atau lebih negara membuat kesepakatan pengelolaan sumberdaya sebelum batas maritim ditetapkan sepanjang tidak merugikan atau menghambat dicapainya kesepakatan batas maritim di masa depan (UNCLOS, Pasal 83 (3)). Selain itu, adalah fakta bahwa suatu negara seringkali sudah melakukan eksplorasi/eksploitasi di satu kawasan yang sesungguhnya merupakan kawasan yang belum ditetapkan batasnya oleh pihak-pihak berkepentingan. Tindakan seperti ini tentu saja dapat menimbulkan masalah. Ada indikasi, hal ini yang juga terjadi di sekitar perairan Tanjung Berakit tempat ditangkapnya tujuh nelayan Malaysia dan tiga pegawai KKP Indonesia.

Analisis Geospasial atas Insiden Tanjung Berakit

Pendekatan yang digunakan dalam makalah ini untuk menganalisis insiden Tanjung Berakit adalah geospasial dan legal. Dengan menganalisis peta klaim masing-masing pihak yaitu Indonesia dan Malaysia dan memadukan keduanya maka akan diperoleh suatu peta baru yang menunjukkan posisi masing-masing dan tumpang tindih klaim. Peta Indonesia 2009 ditumpang susunkan (*overlay*) dengan Peta Malaysia 1979 menggunakan sistem informasi geografis sehingga diperoleh suatu peta baru seperti yang diilustrasikan pada Gambar 6 berikut.⁹



Gambar 6 Peta sintesis, gabungan Peta Indonesia 2009 dan Peta Malaysia 1979.

Sumber: analisis oleh penulis.

Pada Gambar 6 terlihat bahwa Indonesia dan Singapura telah memiliki garis batas laut teritorial yang terdiri dari dua segmen. Segmen pertama adalah garis yang dimulai dari titik 1 dan berakhir di titik 6, disepakati tahun 1973 (The Geographer, 1974). Segmen kedua adalah yang dimulai dari titik 1 ke arah barat berakhir di titik 1C, disepakati tanggal 10 Maret 2009 di Jakarta (Kemlu, 2009). Dari Gambar 6 terlihat bahwa belum ada garis batas antara Indonesia dan Malaysia di sebelah timur garis yang disepakati tahun 1973 dan 2009 itu.

Seperti yang disampaikan sebelumnya, meskipun di kawasan tersebut belum ada batas maritim yang disepakati, kedua negara telah mengajukan klaim secara sepihak atau unilateral. Dengan menggabungkan Peta Malaysia 1979 dan Peta Indonesia 2009, terbentuk kawasan tumpang tindih, seperti yang diwakili oleh kawasan abu-abu pada Gambar 6. Dengan memperhatikan kawasan tumpang-tindih tersebut maka skenario posisi kapal ditunjukkan dengan beberapa opsi A, B, C, dan D. Jika kapal Malaysia berada di posisi A maka tidak akan ada masalah karena kawasan itu termasuk dalam klaim Malaysia dan tidak diklaim oleh Indonesia. Sama halnya, kapal Indonesia tidak bermasalah jika berada di posisi C. Jika karena suatu hal kapal Malaysia berada di posisi C atau kapal Indonesia berada di posisi A maka dapat dipastikan dengan cukup mudah bahwa telah terjadi pelanggaran wilayah. Dengan skenario lain, jika kapal Malaysia masuk ke dalam garis pangkal Indonesia (posisi D) maka itu jelas-jelas adalah pelanggaran wilayah. Yang menimbulkan masalah adalah posisi B. Jika kapal Indonesia memasuki kawasan tersebut, pihak Malaysia akan menyatakan Indonesia telah memasuki wilayah [yang diklaim] Malaysia. Sebaliknya, Indonesia juga akan menyatakan Malaysia telah melakukan pelanggaran wilayah jika memasuki kawasan B. Jika saja antara Indonesia dan Malaysia memiliki kesepakatan tentang prosedur operasi standar di kawasan tumpang tindih itu, tentu masalah akan bisa dihindari. Hal ini penting sampai akhirnya kesepakatan batas maritim dapat dicapai.

Delimitasi Batas Maritim

Penetapan garis batas maritim antara Indonesia dan Malaysia di perairan sekitar Tanjung Berakit adalah cara ideal untuk menyelesaikan sengketa antara kedua negara. Garis batas maritim antara Indonesia dan Malaysia ini, idealnya, merupakan kelanjutan (ke arah timur) garis batas maritim antara Indonesia dan Singapura, dimulai dari titik 6 (lihat Gambar 6 6). Dengan demikian, yang terlibat untuk menetapkan batas maritim di kawasan ini tidak hanya Malaysia dan Indonesia tetapi juga Singapura. Untuk menentukan segmen atau titik batas tertentu di kawasan ini bahkan akan diperlukan perundingan trilateral. Akibatnya, meskipun Indonesia sudah siap

⁹ Secara teknis proses ini melibatkan langkah geo-registrasi koordinat peta dan penyamaan datum geodesi menjadi datum WGS 1984. Selanjutnya proses overlay dilakukan untuk mengetahui kawasan tumpang tindih. Karena keterbatasan resolusi data peta, peta baru yang dihasilkan direkomendasikan hanya untuk kepentingan ilustratif.

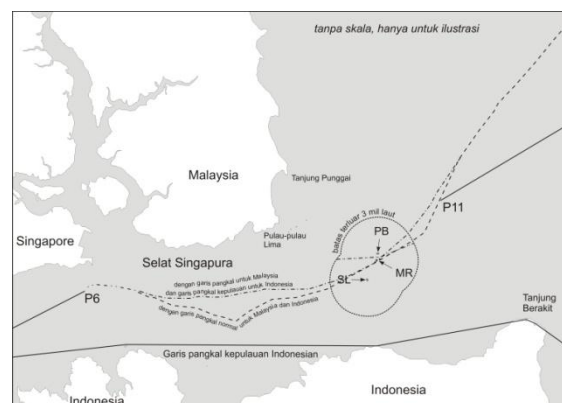
berunding, tetap saja proses tidak bisa dilanjutkan jika salah satu dari Malaysia dan Singapura belum siap atau belum bersedia. Pernyataan Menteri Luar Negeri Indonesia menegaskan bahwa Indonesia siap melakukan perundingan kapan saja, tetapi Malaysia, pada saat insiden ini terjadi, belum siap untuk berunding (Kemlu, 2010a). Penyelesaiannya tentu saja perlu memperhatikan aspek legal dan geospasial serta aspek lain.

Delimitasi batas maritim untuk laut teritorial diatur oleh UNCLOS pasal 15. Dikatakan bahwa jika terdapat dua negara yang berseberangan [pada jarak kurang dari 24 M] atau berdampingan satu sama lain maka masing-masing negara tidak berhak untuk menguasai laut teritorial melebihi garis tengah atau garis sama jarak antara kedua negara tersebut, kecuali jika dicapai kesepakatan lain. Garis tengah yang dimaksud dalam pasal ini adalah garis yang merupakan kumpulan titik-titik berjarak sama dari masing-masing garis pangkal kedua negara. Meski demikian, ditegaskan juga dalam pasal tersebut bahwa ketentuan ini tidak berlaku jika terdapat kepemilikan historis tertentu (*historic title*) atau situasi khusus lainnya (*special circumstances*) yang dapat mempengaruhi proses delimitasi sehingga menghasilkan kesepakatan selain garis tengah.

Sebuah analisis yang cukup komprehensif tentang opsi garis batas maritim di Selat Singapura telah dilakukan oleh Beckman dan Schofield (2009) dan Arsana, dkk (2010) dengan memperhatikan aspek teknis dan legal. Hal penting yang perlu dipertimbangkan dalam menetapkan garis batas maritim ini adalah status kepemilikan atas South Ledge yang belum jelas serta efek atau pengaruh keberadaan tiga pulau/karang kecil di Selat Singapura ini yaitu Pedra Branca, Middle Rock dan South Ledge. Besar kecilnya peran atau efek yang diberikan kepada ketiga obyek ini utamanya dipengaruhi oleh status ketiga obyek itu, apakah merupakan pulau atau karang seperti yang diatur UNCLOS pasal 121 atau elevasi surut (*low tide elevation*, LTE) yang diatur dalam pasal 13. Pulau, menurut UNCLOS, haruslah merupakan kawasan tanah yang terbentuk secara alami, dikelilingi oleh air dan muncul di atas permukaan air laut saat kondisi pasang (UNCLOS, Pasal 121 (1)). Pulau yang memenuhi syarat ini berhak atas laut teritorial, zona tambahan, ZEE dan landas kontinen. Sedangkan karang yang tidak memenuhi syarat tersebut serta tidak dapat mendukung kehidupan manusia hanya berhak atas 12 M laut teritorial. akan mempengaruhi opsi garis batas maritim. Di sisi lain, LTE hanya bisa dijadikan garis pangkal –sehingga bisa mengklaim 12 M laut teritorial – jika keseluruhan atau sebagian dari LTE tersebut berada dalam laut teritorial yang diukur dari daratan utama, atau jika padanya terdapat mercu suar. Segala persyaratan teknis dan legal ini tentu harus diperhatikan untuk menilai kategori atau status

Pedra Branca, Middle Rock dan South Ledge di Selat Singapura karena ini akan mempengaruhi luas kawasan maritim yang bisa diklaim dari/oleh ketiganya, yang pada akhirnya akan mempengaruhi delimitasi batas maritim.

Keberadaan pulau-pulau dan obyek maritim kecil lainnya memang bisa dianggap sebagai kondisi khusus atau "*special circumstances*" terutama dalam delimitasi batas laut teritorial seperti yang disebutkan pada pasal 15 UNCLOS. Mahkamah Internasional telah memutuskan dalam berbagai kasus seperti kasus *the North Sea Continental Shelf*, Tunisia/Libya, Libya/Malta dan Qatar v. Bahrain, bahwa keadilan atau *equitableness* sebuah garis batas maritim yang dibentuk dengan garis sama jarak atau *equidistance line* bergantung dari kehati-hatian dalam mengurangi efek tidak proporsional atau *disproportionate effect* yang ditimbulkan oleh obyek/pulau kecil, karang, dan tonjolan kecil di sepanjang pantai (Shi, 2010). Dengan kata lain, kesalahan dalam menentukan efek dari keberadaan obyek kecil di kawasan delimitasi bisa mengakibatkan penggunaan garis sama jarak menjadi tidak adil. Opsi berbagai garis batas di Selat Singapura yang melibatkan Indonesia, Malaysia dan Singapura dapat dilihat pada kajian Beckman dan Schofield (2009) dan Arsana, dkk. (2010), yang salah satunya diilustrasikan dalam Gambar berikut ini.



Gambar 7 Opsi delimitasi di Perairan Tanjung Berakit

Sumber: modifikasi dari Beckman dan Schofield (2009) dan Arsana, dkk (2010).

Langkah ke Depan

Berbagai kasus antara Indonesia dan Malaysia, meskipun terlihat berbeda dan terpisah-pisah, harus dilihat sebagai satu kesatuan yang terkait dengan belum tuntasnya batas maritim. Perlu diingat kembali bahwa batas maritim yang belum tuntas antara kedua negara tidak hanya di Laut Sulawesi (Ambalat) atau di Tanjung Berakit (Selat Singapura) tetapi juga di Selat Malaka dan Laut China Selatan. Kedua negara juga pernah bersepakat bahwa batas maritim di semua kawasan itu dianggap satu kesatuan dengan satu paket solusi yang artinya perjanjian akan

ditandatangani jika semua kesepakatan sudah dicapai. Hal ini mengikuti prinsip negosiasi yang umum berlaku yaitu *"nothing's agreed until everything's agreed"*. Oleh karena itu, perundingan antara Indonesia dan Malaysia tidak bisa dipandang sebagai sebuah proses untuk menyelesaikan segmen batas tertentu saja. Dengan kata lain, perundingan yang berjalan tidaklah ditujukan dalam rangka merespon suatu kasus tertentu saja, tetapi dalam konteks yang lebih luas yaitu menyelesaikan batas maritim secara keseluruhan.

Pendekatan penyelesaian batas maritim secara keseluruhan ini tentu ada kelemahan dan kelebihan. Kelebihannya, penyelesaian segmen batas di satu lokasi akan memotivasi penyelesaian kasus di lokasi lainnya karena penyelesaian kasus berikutnya akan mendorong disepakatinya perjanjian final. Meski demikian, pendekatan ini juga mungkin mengakibatkan tidak terlihatnya kemajuan signifikan karena tidak akan ada penandatanganan perjanjian sebelum keseluruhan segmen batas maritim disepakati. Dampaknya, bisa timbul persepsi yang tidak tepat pada masyarakat yang menduga proses perundingan tidak mencapai kemajuan berarti. Mengingat kondisi masyarakat yang cukup mudah tersulut emosinya serta kebiasaan yang tidak selalu bersedia memperoleh informasi dari sumber yang semestinya, pendekatan ini bisa jadi kontra produktif. Meskipun pemerintah kedua negara telah mempertimbangkan pendekatan ini dengan matang, perkembangan masyarakat yang dinamis mungkin perlu diperhatikan untuk memutuskan apakah pendekatan ini perlu diubahsesuaikan. Dengan perkembangan isu dan terjadinya insiden di berbagai tempat, prinsip *"nothing's agreed until everything's agreed"* nampaknya sedang dipertimbangkan untuk dimodifikasi (Oegroseno, personal comm, 2011). Ada kemungkinan Indonesia akan menyepakati suatu segmen garis batas maritim, meskipun bersifat parsial.

Seperti yang disampaikan sebelumnya, penyelesaian kasus batas maritim dapat dilakukan dengan negosiasi atau dengan bantuan pihak ketiga. Sejauh ini Indonesia dan Malaysia memilih negosiasi sebagai jalan penyelesaian sengketa. Sejak isu Ambalat muncul di tahun 2005, perundingan tingkat teknis sudah dilakukan tidak kurang dari 16 kali secara bergantian di kedua negara. Perundingan tingkat teknis ke-16 dilaksanakan di Kuantan, Malaysia ketika kedua negara berusaha mengidentifikasi potensi titik temu antara posisi kedua negara (Kemlu, 2010b). Perundingan kemudian dilanjutkan pada perundingan tingkat teknis di Indonesia pada tanggal 23-24 November 2010 dengan hasil yang dilaporkan pada pertemuan tingkat Menteri Luar Negeri di Indonesia pada bulan Desember 2010. Hingga tulisan ini dibuat (Agustus 2011), Indonesia dan Malaysia

sudah melaksanakan 18 perundingan untuk membahas delimitasi batas maritim, sejak tahun 2005. Memang harus dipahami bahwa delimitasi batas maritim bukanlah sesuatu yang mudah. Negosiasi batas maritim dengan Vietnam, misalnya, berlangsung selama 25-30 tahun sebelum berakhir tahun 2003 (Kemlu, 2010a). Sementara dengan Malaysia, perundingan batas maritim sudah berlangsung sejak tahun 1960an dengan perjanjian pertama ditandatangani tahun 1969 (The Geographer, 1970).

Pertanyaan dan isu yang sering muncul adalah perihal kemungkinan Indonesia dan Malaysia mengajukan kasus ini ke ICJ atau lembaga peradilan lainnya seperti ITLOS. Pengajuan kasus ini ke ICJ, tentu saja merupakan salah satu alternatif selain cara lain seperti negosiasi, mediasi, dan arbitrase. Untuk kepentingan makalah ini, tidak banyak informasi yang bisa diperoleh terkait kemungkinan ini, hanya saja analisis normatif bisa disampaikan terkait kemungkinan ini. Pertama, pengajuan kasus ke ICJ berarti terbatasnya kendali pihak-pihak bersengketa terhadap penyelesaian kasus. Dengan mengajukan kepada ICJ, itu berarti kedua belah pihak tidak bisa turut campur terlalu banyak dalam pengambilan keputusan. Yang bisa dilakukan oleh para pihak adalah menyediakan data dan argumentasi terbaik dan keputusan sepenuhnya ada di tangan ICJ. Kedua, keputusan ICJ bersifat final dan mengikat tanpa adanya kemungkinan banding (Statuta ICJ, Pasal 60). Hal ini tentu sudah harus disepakati sebelum memutuskan untuk mengajukan kasus ke ICJ. Hal ini bisa menimbulkan masalah baru, jika misalnya keputusan itu tidak diinginkan oleh salah satu pihak. Ketiga, sering terjadi bahwa keputusan oleh ICJ mengejutkan hasilnya dan di luar perkiraan para pihak karena memang para pihak tidak memiliki kendali penuh atas penyelesaian kasus. Kasus terkait *Gulf of Fonseca* yang melibatkan Honduras, El Salvador dan Nicaragua (intervensi) adalah salah satu contohnya. ICJ memutuskan teluk historis (*historical bays*) bisa dibagi oleh lebih dari satu negara. Selain itu, ICJ juga mengizinkan Honduras, yang posisinya geografisnya 'terkunci' (*locked state*) dalam teluk oleh El Salvador dan Nicaragua, untuk mengklaim zona maritim di Samudra Pasifik (ICJ, 1992). Keempat, dan ini tidak bisa dibantah, bahwa berperkara di ICJ akan menelan biaya yang sangat amat besar. Kasus Sipadan dan Ligitan, misalnya, menghabiskan dana tidak kurang dari 16 Miliar Rupiah seperti yang dinyatakan oleh Menteri Luar Negeri Hassan Wirajuda (Tempo, 2002). Kenyataannya, Indonesia dan Malaysia, sejauh ini, memang masih konsisten dengan upaya delimitasi batas maritim ini melalui jalur negosiasi dan tidak akan membawanya ke ICJ (Bernama, 2009 dan Antara, 2009b).

Dampak positif dari terjadinya insiden Tanjung Berakit ini adalah adanya motivasi bagi kedua negara untuk menyelesaikan masalah dengan lebih cepat. Presiden Susilo Bambang Yudhoyono (SBY) secara khusus merespon kejadian ini dengan menyampaikan sebuah pidato kenegaraan pada tanggal 1 September 2010.¹⁰ Meski tidak sedikit pihak yang menganggap respon ini terlambat, apa yang dinyatakan oleh Presiden SBY telah mempertimbangkan berbagai aspek teknis dan hukum terkait kasus ini. Presiden telah menempatkan perkara ini dalam konteks hukum, teknis dan hubungan internasional yang tepat. Hanya saja, seperti yang dikemukakan oleh banyak pihak, apa yang disampaikan Presiden bisa dipandang gagal mewakili perasaan dan pengetahuan sebagian besar masyarakat Indonesia. Ini merupakan suatu tantangan tersendiri bagi pemerintah melalui insitusi terkait untuk mengedukasi masyarakat secara lebih baik dengan tetap menjaga kerahasiaan informasi tertentu demi kebaikan proses penyelesaian sengketa batas maritim.

Menyusul pidato Presiden SBY, perundingan antara delegasi Indonesia yang dipimpin oleh Mentri Luar Negeri Marty Natalegawa dan delegasi Malaysia yang dipimpin oleh Mentri Luar Negeri Malaysia berlangsung tanggal 6 September 2010 di Kota Kinabalu. Seperti bisa diduga, pertemuan itu pastilah tidak akan bisa menyelesaikan masalah secara tuntas dalam satu pertemuan saja. Mengingat rumitnya isu tersebut, pertemuan tersebut memperoleh keberhasilan yang cukup baik dengan menyepakati pertemuan lanjutan bulan Oktober dan November 2010 seperti yang dijelaskan sebelumnya. Seperti yang kembali ditegaskan oleh Marty Natalegawa dalam sebuah konferensi pers di Jakarta, perundingan batas maritim bisa memakan waktu yang sangat lama. Batas dasar laut antara Indonesia dan Vietnam, misalnya, diselesaikan dalam waktu hampir 30 tahun, meskipun kenyataannya ada yang bisa selesai dalam waktu 5 tahun (Kemlu, 2010a).¹¹

Meskipun tidak mudah memperkirakan akhir dari penyelesaian kasus ini, penulis berpendapat bahwa negosiasi adalah cara yang terbaik bagi Indonesia dan Malaysia. Dengan negosiasi, para pihak dengan leluasa dapat menyampaikan keinginannya dan memegang kendali penuh atas segala keputusan. Meski demikian, harus diingat bahwa filosofi utama dalam negosiasi adalah masing-masing pihak menginginkan sesuatu dan semua akan mendapat hal yang kurang dari apa yang dituntut. Hal ini tentu

lebih baik dibandingkan kemungkinan tidak mendapatkan sama sekali apa yang dituntut, seperti yang bisa terjadi dalam keputusan ICJ. Hal ini tentu memerlukan kajian lebih serius yang melibatkan analisis mendalam akan kesiapan para pihak dalam menyiapkan kasus ini.

Lebih jauh dari penetapan garis batas maritim, yang lebih penting di masa depan adalah proses administrasi atau pengelolaan perbatasan. Seperti yang disampaikan sebelumnya, garis batas maritim bersifat maya atau imajiner sehingga kemungkinan terjadinya lintas batas lebih tinggi. Tentu lebih rumit untuk memantau aktivitas pelanggaran batas maritim dibandingkan batas darat yang bisa ditandai secara fisik. Pemahaman terhadap posisi dan kebiasaan menggunakan alat bantu navigasi seperti peta dan Global Positioning System, misalnya, sangatlah diperlukan bagi pihak-pihak yang melakukan aktivitas di perbatasan. Diperlukan kolaborasi yang terpadu antara para pihak untuk mewujudkan dan terutama menjaga dinding maya ini, demi terwujud hubungan bertetangga yang baik.

Kesimpulan

Terjadinya berbagai ketegangan antara Indonesia dengan Malaysia di kawasan perbatasan, salah satunya, adalah karena belum terselesaikannya batas maritim antara kedua negara di berbagai tempat. Indonesia dan Malaysia harus menuntaskan urusan batas maritim di empat lokasi yaitu di Selat Malaka, Laut China Selatan, Laut Sulawesi dan Selat Singapura. Belum terselesaikannya batas maritim tersebut memicu berbagai kasus seperti Blok Ambalat dan Insiden Tanjung Berakit.

Insiden Tanjung Berakit melibatkan penangkapan nelayan Malaysia dan juga petugas Indonesia di perairan yang sesungguhnya masih belum jelas kepemilikannya. Adanya klaim oleh masing-masing pihak (Indonesia dan Malaysia) di perairan tersebut menyebabkan adanya tumpang-tindih klaim. Lebih jauh lagi, penegakan hukum yang dilakukan oleh masing-masing pihak di kawasan tersebut berdasarkan pada klaim sepihak, bukan atas suatu aturan yang merupakan kesepakatan kedua belah pihak. Aktivitas yang dilakukan oleh Malaysia di dalam kawasan yang diklaim sebagai wilayahnya adalah merupakan pelanggaran bagi Indonesia karena Indonesia mendasarkan penegakan hukumnya pada klaim sepihak, demikian pula sebaliknya. Sebuah analisis geospasial menggunakan peta klaim masing-masing menunjukkan memang ada berbagai skenario terjadinya pelanggaran oleh suatu pihak menurut perspektif pihak lain.

Kunci penyelesaian Insiden Tanjung Berakit pada dasarnya adalah penetapan batas maritim antara kedua negara di Selat Singapura. Hal ini sedang dilakukan oleh Indonesia dan Malaysia melalui jalur

¹⁰ Naskah lengkap Pidato Presiden SBY bisa dilihat di <<http://www.presidensby.info/index.php/pidato/2010/09/01/1473.html>>

¹¹ Dengarkan rekaman pernyataan pers Mentri Luar Negeri melalui <<http://www.deplu.go.id/Pages/Audio.aspx?IDP=39&l=id>>

negosiasi. Penentuan garis batas antara kedua negara idealnya mengacu pada UNCLOS dengan memperhatikan segala faktor yang berpengaruh, terutama faktor geografis (panjang garis pantai, keberadaan pulau/karang kecil). Selain itu, telah adanya aktivitas pemanfaatan sumberdaya alam seperti penangkapan ikan di kawasan tersebut tentunya perlu untuk dipertimbangkan.

Perundingan tentang batas maritim ini sedang berjalan. Pakar-pakar Indonesia dari berbagai instansi yang dimotori oleh Kementerian Luar Negeri dan didukung oleh instansi teknis seperti Badan Koordinasi Survey dan Pemetaan Nasional (Bakosurtanal) dan Dinas Hidro-Oseanografi (Dishidros) TNI AL sedang menjalankan tugasnya. Memang kenyataannya tidak semua hal bisa didengar oleh masyarakat terkait kemajuan proses ini karena ada yang tidak bisa dijadikan konsumsi publik. Kenyataannya, masyarakat memang tidak selalu mendapat informasi yang memadai terkait duduk perkara yang sebenarnya. Reaksi masyarakat yang sedemikian rupa dan ketidakakuratan informasi di beberapa media merupakan indikasi perlunya peningkatan kualitas komunikasi antara pemerintah dan masyarakat. Ini adalah tantangan bagi pemerintah untuk dapat memberikan informasi yang mencerahkan masyarakat sambil menjaga 'kerahasiaan' informasi jika diperlukan.

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia yang memandang laut sebagai satu kesatuan tak terpisahkan dari daratan, Indonesia memang sudah selayaknya memerhatikan wilayah dan yurisdiksi maritimnya. Penetapan garis batas maritim antarnegara adalah salah satu pekerjaan rumah yang harus selalu mendapat perhatian. Sementara itu, akademisi (peneliti, pengajar dan mahasiswa) idealnya dapat mengambil peran strategis melalui kajian-kajian yang relevan dengan persoalan batas maritim secara umum. Hal lain yang juga penting adalah membantu diseminasi informasi yang benar guna memberikan pendidikan kepada masyarakat melalui publikasi yang memadai kuantitas dan kualitasnya. Perlu usaha banyak pihak untuk memelihara dinding maya antarnegara ini dan kita wajib memelihara hubungan baik antartetangga dengan tetap menjaga keberadaan garis batas. Seperti ditegaskan pepatah China, *love your neighbors but dont pull down the fence*.

Pernyataan dan Ucapan Terima Kasih

Makalah ini adalah hasil kajian individu dan tidak mencerminkan pandangan insititusi tempat penulis bekerja ataupun belajar. Kajian ilmiah ini juga tidak merepresentasikan pandangan Pemerintah Indonesia, Pemerintah Malaysia atau Pemerintah negara lain, kecuali disebutkan secara eksplisit. Sebagian gagasan dalam makalah ini telah dipaparkan dalam Seminar

yang diselenggarakan oleh Jurusan Hubungan Internasional, Universitas Gadjah Mada tanggal 8 Desember 2010 dan Konferensi Ilmiah Tahunan Perhimpunan Pelajar Indonesia Australia Cabang New South Wales tanggal 15 Oktober 2011 di Sydney. Makalah ini merupakan modifikasi dan penyempurnaan berdasarkan perkembangan terkini. Dengan ini penulis menyatakan bahwa tulisan ini belum pernah dipublikasikan dalam media dengan penelaahan sejawat (*peer review*).

Referensi

- ____ (1917) European Treaties bearing on the History of the United States and its Dependencies to 1648, Frances Gardiner Davenport, editor, Carnegie Institution of Washington, Washington, D.C., 75-78.
- Antara (2009a) Menlu: Blok Ambalat Itu Hak Berdaulat Indonesia. Diakses dari <<http://news.antara.co.id/berita/1246027380/menlu-blok-ambalat-itu-hak-berdaulat-indonesia>> tanggal 15 November 2010.
- Antara (2009b) Ambalat border talks begins to show progress. Diakses dari <<http://www.antara.co.id/en/news/1251308334/ambalat-border-talks-begin-to-show-progress>> tanggal 15 November 2010.
- Arsana, I M. A. Yuniar, F. and Sumaryo, (2010), Geospatial Aspects of Maritime Boundary Delimitation in the Singapore Strait Involving Indonesia, Malaysia and Singapore. Proceeding of the XXIV FIG International Congress - Facing the Challenges, Building the Capacity, 11-16 April, Sydney. Diakses dari <http://www.fig.net/pub/fig2010/papers/ts01i/ts01i_arsana_yuniar_3939.pdf> tanggal 15 November 2010.
- Arsana, I M.A. dan Sumaryo (2008) Aspek Geospasial Batas Maritim Internasional Indonesia dalam Pengelolaan Wilayah Perbatasan, Seminar dan Workshop "Pengelolaan Wilayah Perbatasan" Jurusan Ilmu Hubungan Internasional, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Yogyakarta.
- Arsana, I MA. (2007) Batas Maritim Antarnegara - Sebuah Tinjauan Teknis dan Yuridis, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Arsana, I MA. dan Schofield, C. (2009) *Extending Indonesia? Opportunities and Challenges Related to the Definition of Indonesia's Extended Continental Shelf Rights*, dalam Cribb, R. dan Ford, M. (eds) *Indonesia Beyond the Water's Edge – Managing an Archipelagic State*, ISEAS, Singapore.

- Bakosurtanal (2010) Peta Negara Kesatuan Republik Indonesia, Cibinong
- Beckman, R. dan Schofield, C. (2009) *Moving Beyond Disputes Over Island Sovereignty: ICJ Decision Sets Stage for Maritime Boundary Delimitation in the Singapore Strait*, Ocean Development & International Law, 40: 1-35
- Bernama (2009) Ambalat Case May Not Be Brought To International Court. Diakses dari <<http://www.bernama.com/bernama/v5/newsgeneral.php?id=415208>> tanggal 11 September 2009.
- Damanik, R. (2009) Krisis Ambalat dan Agenda Kelautan, Kompas, 16 Juni 2009. Diakses dari <<http://cetak.kompas.com/read/xml/2009/06/16/0447424/krisis.ambalat.dan.agen>> tanggal 15 November 2010.
- Fox, JJ. (2009) *Legal and Illegal Indonesian Fishing in Australian Waters*, dalam Cribb, R. dan Ford, M. (eds) *Indonesia Beyond the Water's Edge – Managing an Archipelagic State*, ISEAS, Singapore.
- Gatra (2009) Malaysia Kembali Langgar Batas Wilayah. Diakses dari <<http://www.gatra.com/artikel.php?id=126654>> tanggal 15 November 2010.
- Haller-Trost, R. (1998), *The Contested Maritime and Territorial Boundaries of Malaysia An International Law Perspective*, Kluwer Law International.
- Indosiar.com (2009) Profil Pulau Ambalat. Diakses dari <<http://www.indosiar.com/fokus/80506/profile-pulau-ambalat>> tanggal 15 November 2010.
- International Court of Justice (1992) *Case Concerning Land, Island and Maritime Frontier Dispute (El Salvador/Honduras: Nicaragua intervening)*, Judgment of 11 September 1992, The Hague, The Netherlands
- International Court of Justice (2002) *Sovereignty over Pulau Ligitan and Pulau Sipadan (Indonesia/Malaysia)*. Diakses dari <<http://www.icj-cij.org/docket/files/102/7714.pdf>> tanggal 20 Oktober 2010.
- International Court of Justice (2008) *Case Concerning Sovereignty over Pedra Branca/Pulau Batu Puteh, Middle Rocks and South Ledge (Malaysia/Singapore)*, Judgment of 23 May 2008, The Hague, The Netherlands.
- Kemlu (2009) Penandatanganan Perjanjian antara Republik Indonesia dan Republik Singapura tentang Penetapan Garis Batas Laut Wilayah Kedua Negara di Bagian Barat Selat Singapura. Diakses dari <http://www.deplu.go.id/_layouts/mobile/PortalDetail-PressReleaseLike.aspx?l=en&ItemId=c148acb8-88c6-4e24-9dd3-352ec9cd90c2> tanggal 20 Agustus 2010.
- Kemlu, 2010a, Menlu RI: Indonesia Telah Kirimkan Nota Diplomatik Protes kepada Malaysia. Diakses dari <<http://www.deplu.go.id/Pages/Preview.aspx?ListID=f964a9b8-e48d-426a-aa83-5ca9a5caa8a6&IDP=3878>> tanggal 29 Agustus 2011.
- Kemlu, 2010b, Siaran Pers No. 183/PR/X/2010/53: Perundingan Tingkat Teknis Perbatasan Maritim RI-Malaysia ke-16. Kuantan, Malaysia, 13-14 Oktober 2010. Diakses dari <<http://www.deplu.go.id/Pages/PressRelease.aspx?IDP=1011>> tanggal 15 November 2010.
- KKP (2009) Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 1 tahun 2009. Diakses dari <http://www.infohukum.dkp.go.id/produk.php?cmd=download_produk&id=656> tanggal 22 Agustus 2010.
- KKP (2010) Siaran Pers KKP: 3 Pengawas Perikanan Ditahan oleh Polisi Perairan Diraja. Diakses dari <<http://www.dkp.go.id/archives/c/34/3221/3-pengawas-perikanan-ditahan-oleh-polisi-perairan-marine-police-diraja-malaysia>> tanggal 17 Agustus 2010.
- Koh, TTB. (1982). *A Constitution for the Oceans*. Diakses dari <http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/koh_english.pdf> tanggal 15 Oktober 2010.
- Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 71 (2002) Peraturan Pemerintah No. 38/2002 tentang Daftar Koordinat Geografis Titik-Titik Garis Pangkal Kepulauan Indonesia. Diakses dari <<http://www.setneg.go.id/>> tanggal 15 October 2010.
- Lembaran Negara Republik Indonesia Nomor 77 (2008) Peraturan Pemerintah No. 37/2008 tentang Perubahan atas Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2002 tentang Daftar Koordinat Geografis Titik-Titik Garis Pangkal Kepulauan Indonesia. Diakses dari <<http://www.setneg.go.id/>> tanggal 15 October 2010.
- Lowe, V., Carleton, C., and Ward, C. (2002) *In The Matter of East Timor's Maritime Boundaries Opinion*. Diakses dari <<http://www.petrotimor.com/lglop.html>> tanggal 10 November 2010.

- Mak, JN. (2008) Sovereignty in ASEAN and the Problems of Maritime Security in the South China Sea, S. Rajaratnam School of International Studies, Singapore.
- Oegroseno, AH. (2009) *Indonesia's Maritime Boundaries*, dalam Cribb, R. dan Ford, M. (eds) *Indonesia Beyond the Water's Edge – Managing an Archipelagic State*, ISEAS, Singapore.
- Papanicolopulu, I. (2007) A Note on Maritime Delimitation in a Multizonal Context: The Case of The Mediteranian, *Ocean Development and International Law*, 38: 381-398. p 381
- Prescott, V. (1997) The completion of marine boundary delimitation between Australia and Indonesia, *Geopolitics*, Vol. 2 No. 2, 132 – 149
- Presidential Proclamation No. 2667 (1945) Policy of the United States with Respect to the Natural Resources of the Subsoil and Sea Bed of the Continental Shelf, Washington, 28 September 1945.
- Rais, J. dan Tamtomo, JP. (2005) Blok Ambalat: Opini Publik yang "Misleading"? *Make Marine Cadastre Not War*, Kompas 12 April 2005, Jakarta.
- Schofield, C. and Arsana, I MA. (2009) Closing the Loop: Indonesia's revised archipelagic baselines system, *Australian Journal of Maritime and Ocean Affairs*; Volume 1, Issue 2; 2009; 57-62.
- Schofield, C. and Storey, I. (2005) Energy Security and Southeast Asia: The Impact on Maritime Boundary and Territorial Disputes, *Harvard Asia Quarterly*, Vol. IX No. 4 (Fall).
- Shi, J. (2010) Maritime Delimitation in the Jurisprudence of the International Court of Justice, *Chinese Journal of International Law* Volume 9, Issue 2 Pp. 271-291
- Sumaryo, Arsana, I MA. and Sutisna S. (2007) The Strategic Value of Maritime Boundaries to Ocean Resource Exploration, *Proceeding - Indonesian Petroleum Association Thirty First Annual Convention & Exhibition*, Jakarta, 14-16 May.
- Tempo (2002) Hassan Wirajuda: "Tak Ada Lagi Pulau yang Menjadi Sengketa". Diakses dari <<http://www.tempo.co.id/harian/wawancara/waw-HasanWirajuda01.html>> tanggal 20 Juni 2009.
- The Star Online (2010) Seven fishermen freed. Diakses dari <<http://thestar.com.my/news/story.asp?file=%2F2010%2F8%2F18%2Fnation%2F6876092&sec=nation>> tanggal 20 Agustus 2010.
- United Nations (1958) Convention on the Continental Shelf 1958. Diakses dari <http://untreaty.un.org/ilc/texts/instruments/english/conventions/8_1_1958_continental_shelf.pdf> tanggal 20 October 2010.
- United Nations (1982a) The United Nations Convention on the Law of the Sea (A historical perspective). Diakses dari <http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/convention_historical_perspective.htm#Historical%20Perspective> tanggal 4 November 2010.
- United Nations (1982b). United Nations Convention on the Law of the Sea. Diakses dari <http://www.un.org/Depts/los/convention_agreements/texts/unclos/unclos_e.pdf> tanggal 10 Agustus 2010.
- United Nations (2010) Chronological lists of ratifications of, accessions and successions to the Convention and the related Agreements as at 20 July 2009. Diakses dari <[http://www.un.org/Depts/los/reference_files/chronological_lists_of_ratifications.htm#The United Nations Convention on the Law of the Sea](http://www.un.org/Depts/los/reference_files/chronological_lists_of_ratifications.htm#The%20United%20Nations%20Convention%20on%20the%20Law%20of%20the%20Sea)> tanggal 10 November 2010.
- The Geographer (1974) Limits in the Seas No. 60: Territorial Sea Boundary: Indonesia-Singapore. Available at <<http://www.state.gov/documents/organization/61500.pdf>>
- The Geographer (1970) Limits in the Seas No. 1 – January 21, 1970: Indonesia – Malaysia Continental Shelf Boundary. Available at <<http://www.state.gov/documents/organization/61975.pdf>>
-

Identifikasi Daerah Resapan Air Dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Sub DAS Keduang)

Bandi Sasmito^a, Bambang Sudarsono^b, Fajar Dwi Hastono^c

^aStaf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UNDIP (✉)

Jln. Prof. Soedarto, SH, Telp. +062-24-7460032, Email: bandy.geo96@gmail.com

^bStaf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UNDIPG

^cAlumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UNDIP

Abstract

Sub Watershed Keduang is part of the Upper Solo River Basin which includes the area of the river solo. Degradation of the territory of its recharge area is the cause of the damage of Solo River Watersheds, especially upstream of Solo resulting in the decreasing availability of water resources in the area.

The aims of this study is determine the conditions and potential water recharge areas are located in Sub Watershed Keduang. The methods that use in scoring and to overlay (Overlapping stacking) method between the type of soil maps, land use maps, maps of slope and rainfall maps. Watershed maps obtained from the four overlay map. Identification of water recharge areas is done using a Geographic Information System (GIS) that can be used as a material consideration to doing conservation and rehabilitation the land and the forest.

The results showed that to all criteria conditions are scattered throughout the recharge area of river basin Sub Keduang but in general Sub Watershed Keduang have recharge conditions including the start of critical criteria. The results of the analysis area of Keduang Sub Watershed is 39736.44 Ha. The areas that have good conditions recharges area of 1489.77 ha (3.75%) and recharge areas that become critical condition of 13505.04 ha (33.99%). Watersheds are in critical condition a little area of 11407.5 ha (28.71%). Criteria of normal water absorption natural conditions, a critical and very critical that each area are 5816.7 ha (14.64%), 5187.24 ha (13.05%) are 2330.19 ha (5.86%). Potential areas in the recharge area of research in Keduang sub Watershed dispersed in good condition with a wide recharge area of 1489.77 ha (3.75%) and normal conditions of natural water recharge area with an area of 5816.7 ha (14.64%). Territory of its potential recharge area is scatttered in the District's area of 313.2 ha Jatiyoso and 1645.45 ha that is located in the District Jatiroto.

Keywords: *Watershed, Geographic information system, Water recharge areas, Skoring, Overlay.*

1. Pendahuluan

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. DAS bagian hulu seringkali menjadi fokus perencanaan pengelolaan DAS karena selain fungsinya yang sangat penting yaitu sebagai daerah resapan air (*Water recharge areas*). Sungai Bengawan Solo merupakan sungai terpanjang di Pulau Jawa dengan luas DAS kurang lebih 16.100

km², sungai bengawan solo terdiri dari 4 Daerah Aliran Sungai (DAS), yaitu DAS Bengawan Solo, , DAS Kali Grindulu dan Kali Lorog di Pacitan, DAS Kecil di Kawasan Pantai Utara, dan DAS Kali Lamong. DAS Bengawan Solo merupakan DAS terluas di wilayah Sungai Bengawan Solo yang meliputi Sub DAS Bengawan Solo Hulu, Sub DAS Kali Madiun, Sub DAS Bengawan Solo Hilir. Menurut Ruswanto (2000). Menurut Ruswanto (2000) Sub-DAS Bengawan Solo Hulu memiliki beberapa Sub-DAS yaitu Sub-DAS Alang, Ngunggahan, Temon, Tirtomoyo, Wuryantoro, Bengawan Solo Hulu, Waduk Wonogiri, dan Keduang. Hal ini membuktikan bahwa betapa pentingnya DAS

Bengawan solo bagi sistem hidrologi khususnya pada wilayah yang menjadi cangkupan DAS tersebut (BPDAS Solo).

Kondisi air di sepanjang hulu sungai Bengawan Solo semakin memburuk. Krisis air menjadi peristiwa tahunan. Semakin menyempitnya daerah resapan air di daerah hulu membuat sumber air di daerah tersebut terus berkurang. Penggundulan hutan, sedimentasi, penambangan pasir dan pencemaran air, yang merupakan akibat dari ulah manusia adalah beberapa penyebab dari rusaknya daerah aliran sungai Bengawan Solo dari hulu sampai ke hilir (Kompas, 6 Juni 2007). Dengan masih banyaknya kerusakan DAS, maka akan timbul beberapa bencana seperti: banjir, kekeringan, longsor. Salah satu faktor kerusakan daerah aliran sungai (DAS) adalah “resapan air”, dimana daerah resapan air semakin berkurang karena perubahan lahan yang diakibatkan aktivitas manusia seperti penebangan hutan, perambahan hutan, pembangunan yang dilakukan pada daerah aliran sungai. Hal ini sekaligus dijadikan landasan pengambilan keputusan untuk menentukan daerah resapan air pada wilayah Konservasi dan Rehabilitasi Lahan dan Hutan Daerah Aliran Sungai. Tujuan penelitian ini yaitu memberikan informasi berdasarkan data yang ada mengenai kondisi dan potensi daerah resapan air di wilayah Sub DAS Keduang.

2. Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan adalah metode skoring dan tumpang susun (*overlay*). Parameter yang digunakan dalam penentuan daerah resapan air adalah jenis tanah atau batuan, curah hujan, kemiringan lereng dan penggunaan lahan. Penelitian ini dilakukan di wilayah Sub Das Keduang yang merupakan bagian dari wilayah Sub DAS Bengawan Solo Hulu yang mencakup kabupaten wonogiri dan kabupaten Karanganyar. Identifikasi daerah resapan air dilakukan dengan Sistem Informasi Geografis.

2.1 Data yang digunakan

No	Data
1.	Peta Kemiringan lereng Sub DAS Keduang
2.	Peta Penggunaan Lahan Sub DAS Keduang
3.	Peta Jenis Tanah Sub DAS Keduang
4.	Peta batas Sub DAS Keduang
5.	Data Curah Hujan tahun 2000-2011 (11 Sta. Curah Hujan)
6.	Peta administrasi Kabupaten Wonogiri
7.	Peta administrasi Kabupaten Karanganyar
8.	Data kependudukan Sub DAS Keduang

Dari keterangan dapat disimpulkan bahwa parameter-parameter yang menjadi penentuan daerah

resapan air adalah penyebaran hujan, jenis tanah, kemiringan lereng, penggunaan lahan yang juga tercantum dalam Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia nomor 32 tahun 2009 tentang Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLH-DAS). Masing-masing parameter mempunyai pengaruh terhadap resapan air ke dalam tanah yang dibedakan dengan nilai bobot.

Tabel 2. Nilai Bobot Parameter Resapan Air

No	Parameter	Bobot Nilai
1	Jenis tanah	5
2	Curah hujan	4
3	Penggunaan Lahan	3
4	Kemiringan Lereng	2

Sumber: Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLH-DAS).2009 dalam Mardi Wibowo.2006

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Peta Curah Hujan

Dikarenakan adanya keterbatasan data curah hujan, tidak ada data, atau peralatan rusak pada stasiun curah hujan di wilayah sub DAS Keduang maka dalam penelitian ini digunakan data curah hujan dari tahun 2000-2011 pada stasiun yang mewakili wilayah tersebut. Untuk menghitung curah hujan infiltrasi rata-rata per tahun tiap stasiun digunakan perhitungan yang dihitung :

$$RD = 0,01 \times P \times Hh$$

Dimana :

RD = faktor hujan *infiltrasi*

P = curah hujan tahunan

Hh = jumlah hari hujan tiap tahun

Tabel 3 Stasiun Curah hujan

Koordinat		Lokasi stasiun curah hujan	Hujan Infiltrasi (mm/th)	Keterangan
X	Y			
492278.2330	9118500.2890	Baturetno	1477.177	rendah
451985.1290	9111085.0280	Nawangan	1449.905	rendah
484176.9200	9114605.1140	Parangjoho	1783.163	rendah
527909.2370	9132749.9300	Purwanto	1468.648	rendah
481410.8730	9116514.5830	Songputri	1628.182	rendah
515169.7600	9135267.0370	Jatisrono	2608.521	sedang
512407.4750	9142559.4700	Girimarto	1675.783	rendah
508650.7670	9130626.3980	Jatiroto	1057.697	rendah
506219.9560	9141233.5730	Ngadirojo	1238.120	rendah
519478.9250	9144327.3330	slogohimo	2647.556	sedang
516420.4300	9149693.9800	Tw.angmangu	6927.550	sangat tinggi

Hujan merupakan salah satu faktor terbesar dalam resapan air. Baik buruknya suatu daerah resapan air tergantung intensitas curah hujan serta kemiringan lereng didaerah tersebut. Dalam proses resapan air pasti ada air larian (*run off*) dari air hujan dan sebagian air larian meresap ke dalam tanah (*infiltrasi*). Besarnya koefisien air larian atau *run off* dapat diketahui dengan metode rasional dengan perhitungan sebagai berikut:

$$C_{\text{tertimbang}} = \frac{\sum_{n=1}^i C_i A_i}{\sum_{n=1}^i A}$$

Keterangan:

C_i = Koefisien *Run off*

A_i = Luas masing-masing tutupan lahan

A = Luas Sub DAS

Nilai koefisien *run off* merupakan suatu nilai yang sudah diketahui besarnya pada masing-masing kelas tutupan lahan.

Dari masing-masing nilai C pada setiap kelas tutupan lahan tersebut kemudian dilakukan pembobotan sederhana untuk memperoleh nilai $C_{\text{tertimbang}}$ pada masing-masing kelas tutupan lahan Sub DAS tersebut.

Tabel 4. nilai $C_{\text{tertimbang}}$ Sub DAS Keduang

Sub DAS	Tutupan Lahan	Luas (Ha)	C	$C_{\text{tertimbang}}$
Sub DAS Keduang	Belukar/Semak	8566.11	0.3	0.27611405
	Hutan	4112.13	0.1	
	Kebun	3320.05	0.15	
	Pemukiman	6650.46	0.4	
	Sawah irigrasi	1135.22	0.21	
	Sawah tadah hujan	2125.35	0.21	
	Tegalan	13814.4	0.3	
Jumlah	39723.72			

Nilai $C_{\text{tertimbang}}$ sebesar 0.27611405 artinya 28 % curah hujan akan menjadi air larian, hal ini memungkinkan sebagian air hujan meresap dengan cukup baik, tetapi untuk proses resapan air masih ada faktor kemiringan lereng dan jenis tanah yang mempengaruhi laju resapan

3.1 Peta Penggunaan Lahan Sub DAS Keduang

Peta penggunaan lahan tahun 2010 mencakup wilayah Sub DAS Keduang, selanjutnya dilakukan klasifikasi penggunaan lahan. Hal ini untuk mempermudah dalam analisis pola penggunaan lahan.

Adapun klasifikasi pola penggunaan lahan pada Sub DAS Keduang yaitu:

- a. Hutan
- b. perkebunan/kebun
- c. sawah irigrasi
- d. sawah tadah hujan
- e. tegalan/ladang
- f. pemukiman/bangunan
- g. Semak/Belukar

Dibawah ini klasifikasi penggunaan lahan pada Sub DAS Keduang beserta pembobotannya sebagai berikut:

Tabel 5 Klasifikasi penggunaan lahan

No	Klasifikasi Deskripsi besar infiltrasi/resapan	Tipe Penggunaan Lahan	Kelas	Bobot
1	Kecil	Pemukiman, sawah	1	3
2	Agak kecil	Hortikultura (landai)	2	3
3	Sedang	Semak, rumput	3	3
4	Agak besar	Kebun/perkebunan	4	3
5	Besar	Hutan lebat	5	3

Sumber : Chow, 1968; Suwardjo, 1975; Wiersum & Ambar, 1980; S. Ambar, 1986

Banyak faktor-faktor yang mempengaruhi dalam penggunaan lahan terutama manusia yang memanfaatkan lahan secara berlebihan yang dapat menimbulkan gejala-gejala fisik yang tidak diinginkan misalnya kemunduran produktifitas pertanian yang berkurang, banjir, erosi, berkurangnya kawasan resapan dan lain-lain.

Pada wilayah Sub DAS Keduang dengan menganalisis penggunaan lahan tahun 2010 tercatat bahwa luas daerah Sub DAS Keduang. Berikut ini hasil dari luas area dari kelas penggunaan lahan dan nilai pembobotan peta penggunaan lahan Sub DAS Keduang yaitu:

Tabel 6. Data Klasifikasi Penggunaan Lahan Sub DAS Keduang

No	Klasifikasi Penggunaan Lahan	Luas (Ha)	Kelas	Bobot	Total Bobot
1	Belukar/Semak	8.566,11	3	3	9
2	Hutan	4.112,13	5	3	15
3	Kebun	3.320,05	4	3	12
4	Pemukiman	6.650,46	1	3	3
5	Sawah irigrasi	1.135,22	1	3	3
6	Sawah tadah hujan	2.125,35	1	3	3
7	Tegalan	13.814,4	2	3	6

Dalam Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLH-DAS) untuk mengukur kriteria dan indikator kinerja DAS dapat menggunakan kriteria salah satunya:

1. Indeks Penutupan Lahan oleh Vegetasi (IPL)

Monev terhadap penutupan lahan oleh vegetasi di DAS adalah untuk mengetahui indeks penutupan lahan (IPL) dari luas lahan bervegetasi permanen yang ada di DAS.

$$IPL = \frac{LVP}{L} \times 100\%$$

Keterangan :

IPL = Indek Penutupan Lahan

LPV = Luas Lahan bervegetasi permanen dari informasi peta penutupan lahan atau *landuse*

L = Luas DAS / Sub DAS

Standar nilai dari IPL tersebut adalah:

Baik ; apabila $IPL > 75 \%$

Sedang ; apabila $IPL 30 - 75 \%$

Kurang ; apabila $IPL < 30 \%$

Dari hasil perhitungan monev Indeks Penutupan Lahan Sub DAS Keduang didapatkan hasil sebagai berikut:

Tabel 7 Perhitungan Monev Indeks Penutupan Lahan Sub DAS Keduang

No	Kesesuaian Penggunaan Lahan	Paramater IPL (%)
1	Belukar/Semak	21,56
2	Hutan	10,35
3	Kebun	8,36
4	Pemukiman	16,74
5	Sawah irigrasi	2,85
6	Sawah tadah hujan	5,35
7	Tegalan	34,78
Total		100,00%

Dari hasil monev Indeks Penutupan Lahan (IPL) berdasarkan standar nilai IPL kinerja Sub DAS Keduang rata-rata termasuk dalam kriteria kurang, walaupun ada salah satu yang termasuk kriteria baik yaitu tegalan. Dari hal ini dapat diketahui bahwa penggunaan lahan di Sub DAS Keduang termasuk dalam kriteria kurang ini juga mempengaruhi proses resapan air karena penggunaan lahan merupakan faktor penting yang dapat menentukan baik buruknya kawasan resapan air tersebut.

3.2 Peta Jenis Tanah Sub DAS Keduang

Peta jenis tanah yang diperoleh merupakan peta jenis tanah yang mencakup seluruh wilayah Sub DAS Keduang.

Pembagian jenis tanah di wilayah Sub DAS Keduang tampak pada peta jenis tanah. Data jenis tanah Sub DAS Keduang beserta hasil pembobotan dapat dilihat pada table dibawah ini.

Tabel 8. Data Atribut Peta Jenis Tanah Sub DAS Keduang

No	Jenis Tanah	Luas (Ha)	Kelas Tanah	Bobot Tanah	Total Bobot
1	Kompleks Andosol Coklat, Andosol Coklat Kekuningan	1932,78	2	5	10
2	Latosol Coklat Kemerahan	25268,56	4	5	20
3	Asosiasi Mediteran Coklat Kemerahan dan Mediteran	1744,08	3	5	15
4	Litosol	9571,63	5	5	25
5	Asosiasi Litosol dan Mediteran Coklat	1280,55	4	5	20

Dari jenis tanah di Sub DAS Keduang dapat dikelompokkan fisiografi atau bentang alam seperti dibawah ini:

Tabel 9. Jenis Tanah dan Fisiografi Sub DAS Keduang

No	Jenis Tanah	Fisiografi	Bahan Induk
1	Kompleks Andosol Coklat, Andosol Coklat Kekuningan	<i>Volkan</i>	Abu /pasir dan tuf <i>volkan intermedier</i>
2	Latosol Coklat Kemerahan	<i>Volkan</i>	<i>Tuf volkan intermedier</i>
3	Asosiasi Mediteran Coklat Kemerahan dan Mediteran	<i>Volkan</i>	<i>Tuf volkan intermedier</i>
4	Litosol	Bukit Lipatan	Campuran endapan tuf dan batuan <i>volkan</i>
5	Asosiasi Litosol dan Mediteran Coklat	<i>Volkan</i> dan Bukit Lipatan	<i>Tuf volkan intermedier</i> dan masam

Sumber: Peta Tanah Tinjau Kabupaten Wonogiri, 1966

Dari keterangan diatas diketahui bahwa fisiografi Sub DAS Keduang yaitu fisiografi bukit lipatan dan fisiografi *volkan*.

- Fisiografi *volkan* merupakan bentuk bentang alam yang dipengaruhi oleh aktivitas gunung berapi, untuk daerah Sub DAS Keduang dan sekitarnya dipengaruhi oleh gunung Lawu, gunung Wilis, gunung Merapi. Gunung yang berada di sekitar Sub DAS Keduang sekarang yang masih aktif hanya gunung Merapi.
- Fisiografi bukit lipatan merupakan bentang alam yang dipengaruhi oleh kegiatan pengangkutan dari kerak bumi yang menimbulkan pola-pola pelipatan yang disertai patahan-patahan. Untuk daerah Sub DAS Keduang fisiografi bukit lipatan,

ini berarti struktur fisografi atau bentang lahan daerah Sub DAS Keduang bergelombang dan perbukitan.

3.3 Peta Kemiringan Lereng Sub DAS Keduang

Peta kemiringan lereng yang diperoleh merupakan peta kemiringan lereng Sub DAS Keduang. Selanjutnya dilakukan klasifikasi menjadi beberapa kelas.

Berikut ini hasil dari luas area dari kelas lereng dan nilai pembobotan peta kemiringan lereng Sub DAS Keduang yaitu:

Tabel 10. Data Atribut Peta Kemiringan lereng Sub DAS Keduang

No	Kelas lereng (%)	Luas (ha)	Deskripsi
1	0 - 8 %	20471,648	Datar
2	> 8 - 15 %	7788,197	Landai
3	> 15 - 25	3055,286	Bergelombang
4	> 25 - 40	3960,300	Curam
5	> 40 %	4460,863	Sangat Curam

Kondisi topografi di Sub DAS Keduang secara umum adalah datar sampai bergelombang dengan bentuk lahan (*land form*) bukit-bukit kecil dan pola perbukitan, serta dibatasi oleh punggung-punggung bukit yang bergelombang, khusus di wilayah selatan dibatasi oleh punggung-punggung bukit yang agak curam atau bergunung dan curam.

3.4 Pembuatan Peta Daerah Resapan Air Sub DAS Keduang

Peta daerah resapan air Sub DAS Keduang dibuat berdasarkan *overlay* dari ke-empat peta yaitu peta kemiringan lereng Sub DAS Keduang, peta penggunaan lahan Sub DAS Keduang, peta jenis tanah Sub DAS Keduang, dan peta curah hujan.

Hasil dari mengoverlay peta kemiringan lereng Sub DAS Keduang, peta penggunaan lahan Sub DAS Keduang, peta jenis tanah Sub DAS Keduang, dan peta curah hujan seperti dibawah ini.

Untuk menentukan tingkat kesesuaian sebagai kawasan resapan air dilakukan dengan menjumlahkan hasil perkalian antara nilai bobot dan skor pada tiap kelas parameter, dengan menggunakan rumus :

$$\text{Nilai Total} = K_b * K_p + P_b * P_p + S_b * S_p + L_b * L_p$$

Keterangan :

K = Jenis tanah L = Kemiringan lereng
P = Curah hujan b = Nilai bobot
 rata-rata tahunan
S = Penggunaan lahan p = Skor kelas parameter

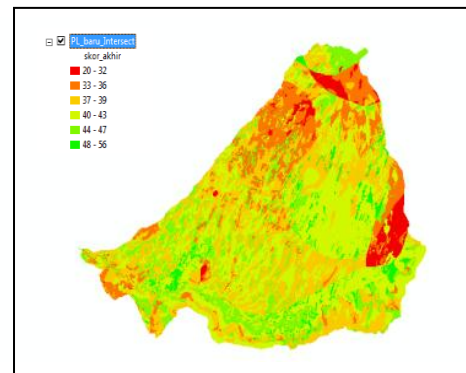
Untuk klasifikasi kriteria kondisi resapan air seperti tabel dibawah ini:

Tabel 11 klasifikasi kriteria kondisi resapan air

Nilai Skoring	Kriteria
>48	Kondisi Baik
44 - 47	Kondisi Normal Alami
40 - 43	Kondisi Mulai Kritis
37 - 39	Kondisi Agak Kritis
33 - 36	Kondisi Kritis
<32	Kondisi Sangat Kritis

Sumber: Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLH-DAS).2009 dalam Mardi Wibowo.2006

Hasil dari pengklasifikasian peta daerah resapan air dapat dilihat seperti gambar dibawah ini.



Gambar 1. Klasifikasi resapan air Sub DAS Keduang

Dari uraian diatas bahwa resapan air dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kondisi kemiringan lereng, penggunaan lahan, curah hujan dan jenis tanah. Jadi dalam menganalisis seluruh faktor pengontrol resapan air tersebut dianalisis secara terpadu tidak terpisah. Hasil perhitungan kondisi sebaran resapan air untuk masing-masing klasifikasi kriteria yang tersebar disetiap kecamatan dalam cakupan Sub DAS Keduang.

Dari sebaran kondisi resapan air di seluruh kecamatan yang mencakup area Sub DAS Keduang maka dapat diketahui kondisi resapan air secara umum pada daerah tersebut berdasarkan klasifikasinya seperti tabel 10.

Tabel 12. Luas Area dan Persentase Resapan Air pada Daerah Penelitian

Nilai Skoring	Luas Area (ha)	Persentase (%)	Kriteria
>48	1489.77	3.75	Kondisi Baik
44 - 47	5816.7	14.64	Kondisi Normal Alami
40 - 43	13505.04	33.99	Kondisi Mulai Kritis
37 - 39	11407.5	28.71	Kondisi Agak Kritis
33 - 36	5187.24	13.05	Kondisi Kritis
<32	2330.19	5.86	Kondisi Sangat Kritis
Total	39736.44	100	

Dari hasil analisis spasial luas Sub DAS Keduang yaitu 39736.44 Ha. Wilayah yang mempunyai kondisi daerah resapan baik seluas 1489.77 ha (3.75%) dan kondisi daerah resapan mulai kritis sebesar 13505.04 ha (33.99%). Daerah resapan air yang dalam kondisi agak kritis seluas 11407.5 ha (28.71%). Untuk kriteria kondisi resapan air normal alami, kritis dan sangat kritis yaitu masing-masing seluas 5816.7 ha (14.64%), 5187.24 ha (13.05 %), 2330.19 ha (5.86 %).

Untuk semua kriteria kondisi daerah resapan tersebar diseluruh cakupan wilayah Sub DAS Keduang tetapi secara umum di daerah Sub DAS Keduang memiliki kondisi daerah resapan air yang terdapat termasuk kedalam kriteria mulai kritis.

4 Validasi Lapangan

Validasi lapangan dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara kondisi daerah sebenarnya dengan hasil peta daerah resapan air. Pada proses ini dilakukan cek koordinat lapangan dengan menggunakan GPS Handheld. Lokasi titik sampel yang diambil itu menyebar keseluruhan wilayah cakupan penelitian yaitu daerah aliran sungai keduang. Survei yang dilakukan dengan mencatat antara penggunaan lahan yang mempengaruhi kondisi resapan air, untuk kemiringan lereng dan jenis tanah dengan mengoverlay setiap lokasi titik sampel pada peta kemiringan lereng dan jenis tanah di Sub DAS Keduang.

Dari hasil survei validasi dihasilkan bahwa beberapa kondisi lapangan yang tidak sesuai dengan kondisi resapan, ini dikarenakan dalam kondisi resapan air faktor-faktor yang berperan salah satunya dipengaruhi oleh pola penggunaan lahan tetapi faktor kemiringan lereng dan jenis tanah juga berpengaruh

terhadap laju resapannya disamping itu curah hujan di daerah tersebut juga mempengaruhi besar kecilnya infiltrasi (resapan air) kedalam tanah di daerah tersebut. Untuk kawasan resapan yang baik dan normal alami berada pada kemiringan lereng antara 0%-15% dengan penggunaan lahan berupa hutan dan kebun yang membedakan antara kawasan baik dan normal berupa pola penggunaan lahannya dengan jenis tanah rata-rata andosol dan latosol. Untuk kawasan resapan mulai kritis dan agak kritis terdapat pada kemiringan lereng antara 15%-25% dengan penggunaan lahan berupa pemukiman, sawah dan tegalan karena sebagian besar terdapat pada jenis tanah litosol yang cocok untuk pertanian dan tanah ini mudah terkena erosi lalu pada kawasan resapan air kritis terdapat pada kemiringan 25%-40% dengan pola penggunaan lahan rata-rata semak/belukar dan intensitas hujan yang tinggi dengan jenis tanah mediteran yang sifatnya dengan jenis tanah lempung atau tanah liat yang bersifat kedap air hal ini mengakibatkan daya resap air hujan berkurang.

Dari keempat faktor penentu kawasan resapan air, faktor yang paling besar mempengaruhi kondisi resapan air yaitu kondisi pola penggunaan lahan. Berkurangnya cadangan air terutama disebabkan oleh perubahan areal yang semula merupakan daerah resapan air hujan kemudian menjadi lapisan kedap air seperti kompleks perumahan, lahan parkir, jalan aspal begitupun konversi lahan hutan, pembalakan dan penebangan hutan dan lain sebagainya juga mengakibatkan permukaan lahan yang kedap air, menimbulkan air hujan yang jatuh tidak dapat meresap ke dalam tanah. Hujan akan langsung menjadi aliran permukaan, dan meningkatkan potensi banjir dan genangan di kawasan tersebut.

Akibat dari perubahan penggunaan lahan, daerah yang menjadi kawasan resapan air berkurang sehingga dapat disimpulkan semakin besar tingkat resapan (infiltrasi) maka semakin kecil tingkat air larian (run off), sehingga debit banjir dapat menurun dan sebaliknya aliran dasar (base flow) dapat naik (Dephut, 1998). Akibatnya, recharge areas (daerah resapan air) yang berfungsi sebagai tempat meresapnya air hujan ke dalam tanah berkurang dan menyebabkan berkurangnya daerah yang menjadi tumpuan resapan air juga menyempit, dampaknya erosi tanah semakin besar yang mengakibatkan sedimentasi pada sungai-sungai, yang paling besar terutama di area DTW (Daerah Tangkapan Waduk) Waduk Gajah Mungkur Kabupaten Wonogiri sehingga perlu adanya rehabilitasi lahan dan hutan yang berguna untuk memperbaiki daerah resapan air.

5 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari kegiatan penelitian yang telah dilakukan adalah :

- a. Kondisi daerah resapan air di kawasan Sub DAS Keduang secara umum termasuk dalam kondisi mulai kritis, dengan sebaran klasifikasi kondisi yaitu kondisi sangat kritis yaitu seluas 2330.19 ha (5.86%), kriteria resapan kritis seluas 5187.24 ha (13.05%), kriteria resapan agak kritis seluas 11407.50 ha (28.71%), kriteria resapan mulai kritis seluas 13504.04 ha (33.99 %) dan kriteria resapan normal seluas 5816.70 ha (14.64 %), kriteria resapan baik seluas 1489.77 ha (3.75 %). dari total luas area penelitian 39736.44 ha.
- b. Potensi kawasan resapan air dalam area penelitian di daerah Sub DAS Keduang tersebar dalam kondisi resapan yang baik dengan luas area 1489.77 ha (3.75%) dan kondisi resapan air yang normal alami dengan luas area sebesar 5816.7 ha (14.64%). Daerah yang mempunyai potensi resapan air yang tersebar di kecamatan jatiyoso seluas 313.2 ha dan 1645.45 ha terletak di kecamatan jatiroto, dari total 13 kecamatan yang termasuk dalam area Sub DAS Keduang.

6 Saran

Setelah melakukan kegiatan penelitian tugas akhir ini, maka beberapa saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan dengan pemetaan mengenai daerah resapan air adalah sebagai berikut :

- a. Untuk penelitian selanjutnya perlu menggunakan data dasar (parameter) terbaru, lengkap dan yang lebih akurat sehingga diperoleh hasil yang lebih detil dan membuat peta dengan keadaan geografis yang paling baru.
- b. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan lebih tertuju pada daerah yang lebih sempit, hal ini dimaksudkan untuk memperoleh hasil yang lebih akurat berkaitan dengan permasalahan resapan air.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh staf Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP terutama Lab. Fotogrametri dan Penginderaan Jauh dan Lab. Komputer dan Sistem Informasi Geografis atas dukungan terhadap tulisan ini.

Daftar Putaka

- Ariyani. Atika Dwi. 2009. *Aplikasi Sistem Informasi Geografis Dalam Penyusunan Peta Rawan Longsor (Studi Kasus: DAS Bodri)*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Asdak, C. 1995. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta : Gadjah mada University Press.
- As-syukur. Abdul Rahman. 2006. *Modul Pengenalan Arcview Untuk Dasar Analisis Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Denpasar.
- Diastarini. 2011. *Penggunaan Data Citra Quickbird dan Ikonos untuk Identifikasi Daerah Berpotensi Erosi (Studi Kasus Kabupaten Karanganyar, Jawa Tengah)*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Haptari. Dini. 2009. *Penentuan Area Rehabilitasi Lahan Kritis Dengan Sistem Informasi Geografis (Studi Kasus: Kabupaten Grobogan)*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Harjadi. Beny, Wuryanto, Agus. Tyas M.B dan Nining Wahyuningrum .2000. *Kajian Teknik Penginderaan Jauh dan SIG untuk Evaluasi Penutupan Lahan DAS*. Surakarta. Balai Teknoloi Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.
- Hartono. 1996. *Penginderaan Jauh untuk Kajian Vegetasi dalam DAS*. Materi Pendidikan Inventarisasi dan Evaluasi Sumberdaya Air. Yogyakarta: PUSPICS dan Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.
- Indarto. 2010. *Hidrologi Dasar Teori dan Contoh Aplikasi Model Hidrologi*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Jawa Tengah Dalam Angka 2010. Badan Pusat Statistik Jawa Tengah. Diunduh pada tanggal 16 mei 2012.
- Larasati. Dhinar. 2011. *Analisis Pengaruh Perubahan Lahan Daerah Aliran Sungai Terhadap Peningkatan Debit Maksimum di Sungai Bodri Kabupaten Kendal*. Semarang. Universitas Diponegoro.
- Narulita. Ida, Maria. Rizka dan Arief Rachmat. 2008. *Aplikasi Sistem Informasi Geografi untuk Menentukan Daerah Prioritas Rehabilitasi di Cekungan Bandung*. Jurnal Riset Geologi dan Pertambangan Jilid 18 No. I.
- Mega, I Made. Dibia, I Nyoman. I G P Ratna Adi dan Tati Budi Kusmiyarti. 2010. *Klasifikasi Tanah dan Kesesuaian Lahan*. Denpasar. Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Udayana.

- Prahasta , Eddy. 2005. *Konsep-konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung : Informatika.
- Prahasta , Eddy. 2011. *Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi dan Geomatika*. Bandung : Informatika.
- Sastrodarsono, Suyono, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*. Jakarta: PT Prandya Paramita.
- Sudadi. Purwanto. *Menentukan Parameter Daerah Resapan Air Dalam Kaitannya Dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 39/MENLH/8/1996*. Dalam [Http://isjd.pdii.lipi.go.id](http://isjd.pdii.lipi.go.id) diunduh pada tanggal 14 maret 2012.
- Wibowo. Mardi. 2006. *Model Penentuan Kawasan Resapan Air Untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan*. Jakarta:Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.
- Wiwoho. Bagus Setiabudi. 2008. *Analisis Potensi Daerah Resapan Air Hujan di Sub DAS Metro Malang Jawa Timur*. Jurusan Geografi FMIPA Universitas Negeri Malang, Surabaya.
- Peraturan Negara:
Peraturan Menteri Kehutanan Republik Indonesia. Tata Cara Penyusunan Rencana Teknik Rehabilitasi Hutan dan Lahan Daerah Aliran Sungai (RTkRLH-DAS). Nomor: P.32/MENHUT-II/ 2009.
- Peraturan Menteri Kehutanan. Pedoman Teknis Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Nomor: P.70/ MENHUT-II/ 2008.
- Peraturan Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Hutan Sosial. Pedoman Monitoring dan Evaluasi Daerah Aliran Sungai. Nomor: P.04/V-SET/2009, Tanggal 05 Maret 2009.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia. Tentang Pengelolaan Daerah Aliran Sungai. Nomor 37 tahun 2012.Situs

Program Aplikasi Android Berbasis GIS untuk Mencari Lokasi ATM (Anjungan Tunai Mandiri)

Agung Setiawan ¹⁾, Andri Suprayogi ²⁾

¹⁾ Mahasiswa Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

²⁾ Dosen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro
Agungsetyawan2710@yahoo.com

Abstract

The rise of smartphones due to the development of an increasingly rapid communications, increased influence on information needs as well as the mobility of the community. Support from an increasingly sophisticated smartphones devices and make cutting-edge smartphones not just cell phones and trend, but as a mobile computer that is able to work in high-efficient level. The Ministry of ATM Banking is a service that can be performed for 24 hours, in order to perform banking transactions without having to come directly to the bank. On-site ATM services in particular in the area of research has shown rapid growth in terms of both the number of of its spread. In this research, geographical information Systems supporting aspects of the search made in the location of the ATM machine. This Application is MobileGIS application made to integrate and disseminate spatial information about the location of the ATM machine (Teller) via smartphones. In the development of these applications using the android operating system which is one of mobile phone operating systems that are most popular at the moment, combined with the google maps service is a web-based virtual world map provided by Google. The development of the product is an application of GIS (Geographic Information System) based mobile platform or having the android operating system using the method of search radius, i.e., closest location search method based on distance from the point a particular user is located. After completing this study, then obtained conclusions has built an application that makes it easy for users in particular who use smartphones with android operating system to access information relating to the location and ATM information which is equipped with a map, the direction of the steering wheel, and other features.

Keywords : MobileGIS, Android, ATM

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring meningkatnya mobilitas masyarakat dan tingginya kebutuhan informasi berupa peta, GIS (*Geographic Information System*) bukan sekedar tren teknologi, tetapi telah menjadi sebuah kebutuhan. Ketatnya persaingan para vendor perangkat bergerak (*mobile device*) dengan berbagai fitur dan keunggulan secara tidak langsung berdampak positif bagi konsumen teknologi *mobile*. Setidaknya perangkat dapat diperoleh dengan mudah dan dengan harga yang terjangkau.

Dukungan prosedur yang semakin canggih dan kapasitas memori yang semakin besar, menjadikan telepon seluler bukan sekedar alat komunikasi, tetapi juga *mobile computer* yang secara *real time* dapat dijadikan sebagai alat navigasi, pemantau kepadatan lalu lintas dan bencana alam, sistem pelacakan kendaraan, dan lain-lain. Ketersediaan perangkat bergerak, lingkungan pengembang, dan pustaka pemetaan memungkinkan mendesain dan mengembangkan sendiri aplikasi Mobile GIS dengan

mudah dan cepat. Terlebih dengan banyaknya penyedia layanan peta berbasis web, seperti GoogleMaps dan Yahoo!Maps. Selain dapat menggunakan data peta secara gratis, juga tidak perlu membuat server khusus untuk mengelola data peta.

Smartphone merupakan kelas baru dari teknologi telepon selular yang bisa memfasilitasi akses dan pemrosesan data dengan kekuatan komputasi yang signifikan, serta memiliki aplikasi manajemen data pribadi seperti yang dimiliki oleh PDA (*Personal Data Assistant*) berikut kemampuan komunikasi di beberapa akses jaringan *wireless*. (Pei Zheng, 2006).

Salah satu kelebihan perangkat smartphone saat ini dengan adanya teknologi *positioning* seperti *Global Positioning System* (GPS), *Assisted Global Positioning System* (A-GPS), dan *Location Network Service* (*Cell Tower*) yang telah terintegrasi. Hal ini tentunya memudahkan pengembang aplikasi dalam memanfaatkan nilai-nilai geografi dari teknologi *positioning* yang berupa nilai koordinat untuk aplikasi-aplikasi yang berbasiskan layanan berbasis lokasi (*Location Based Service*) dalam memberikan

layanan berdasarkan keberadaan pemakai seperti posisi pengguna, hal terdekat dengan pengguna atau bagaimana menuju suatu lokasi dari posisi saat ini dan lain-lain (Mulyadi, 2010).

Saat ini terdapat beberapa basis teknologi *smartphone* yang sudah populer di kalangan masyarakat diantaranya *Blackberry*, *iPhone*, *Symbian*, dan *Android*. *Android* merupakan subset perangkat lunak untuk *device mobile* yang meliputi sistem operasi, *middleware*, dan aplikasi inti yang dirilis oleh Google. *Android* dikembangkan dengan semangat *open source* dan memberikan kemudahan bagi para pengembang untuk meningkatkan kreativitas dalam pengembangan aplikasi di atasnya (Mulyadi, 2010).

ATM merupakan bentuk pelayanan perbankan dimana dalam penempatannya perlu mempertimbangkan parameter fisik yaitu penggunaan lahan dan jaringan jalan serta parameter sosial ekonomi seperti keadaan penduduk, keamanan, eksisting ATM. Transaksi perbankan melalui ATM dapat dilakukan selama 24 jam tanpa harus datang langsung ke bank atau kantor cabang. Dengan alat otomatis ini pihak nasabah dapat melakukan penghematan lebih banyak terutama dalam hal efisiensi, efektivitas proses, dan waktu.

Kebutuhan masyarakat dalam mengakses ATM di daerah penelitian yang tinggi, menyebabkan perkembangan ATM yang pesat dari segi jumlah maupun sebarannya. Banyaknya sebaran ATM yang ada di daerah penelitian menimbulkan berbagai macam pilihan bagi pengguna dalam mengakses ATM sesuai dengan kebutuhan, serta jarak tempuh yang dapat dicapai antara ATM dengan pengguna. ATM sudah tidak lagi menjadi sesuatu barang langka dalam bermasyarakat. Hampir setiap orang sudah memiliki ATM dengan berbagai macam jenis Bank. Inilah yang mendorong peneliti untuk melakukan kajian terhadap persebaran keberadaan ATM, yang posisinya sekarang sudah menjadi komoditas utama, serta bagaimana mempermudah pengguna dalam mengakses ATM tersebut.

Penelitian dilakukan di daerah Semarang khususnya Kecamatan Tembalang, karena daerah ini merupakan tujuan utama pendidikan, sehingga banyak pelajar dan mahasiswa dari luar kota yang tinggal di kota ini untuk menuntut ilmu. Banyaknya pusat-pusat kegiatan pendidikan, perdagangan, bisnis, dan jasa menjadikan kota Semarang tumbuh dengan pesat.

Dari permasalahan di atas maka peneliti ingin membangun sebuah aplikasi berbasis sistem operasi *Android* yang dapat menjadi salah satu media untuk mengakses informasi mengenai keberadaan lokasi ATM di Semarang, yang dapat diakses oleh siapapun, kapanpun, dimanapun user berada. Dengan memanfaatkan kombinasi metode *Location Based Service*, pemanfaatan GPS, Network (*Cell Tower*)

dan internet sebagai media yang dapat digunakan dalam mengetahui letak ATM dari posisi pengguna secara dinamis, beserta informasi terkait, mempunyai peta yang interaktif dan diintegrasikan dengan *driving direction*. Berdasarkan latar belakang yang ada, maka peneliti menyusun penelitian dengan judul “Program Aplikasi *Android* Berbasis GIS Untuk Mencari Lokasi ATM (Anjungan Tunai Mandiri)”.

I.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana merancang aplikasi mobile dengan mengkombinasikan teknologi *Location Based Service*, *Global Positioning System*, dan internet untuk memberikan informasi lokasi ATM di Kecamatan Tembalang, Kota Semarang melalui perangkat *smartphone Android*?
2. Apakah persebaran ketersediaan mesin ATM di Tembalang sudah merata?
3. Apakah pengguna ATM mudah dalam mengakses mesin Anjungan Tunai Mandiri tersebut?

I.3 Pembatasan Masalah

Agar tidak terlalu jauh dari kajian permasalahan yang dipaparkan, maka penelitian dibatasi ruang lingkungannya sebagai berikut :

1. Daerah studi Penelitian dilakukan di Kecamatan Tembalang dan Kecamatan Banyumanik, sekitar area kampus UNDIP Semarang.
2. Parameter yang diamati pada saat survei lapangan yaitu posisi atau lokasi ATM, alamat, deskripsi ATM, dan ketersediaan bank yang ditawarkan.

I.4 Tujuan Penelitian

1. Terbentuknya program aplikasi *MobileGIS* dengan menggunakan *android* untuk mencari lokasi ATM
2. Mempermudah user untuk menentukan lokasi ATM yang terdekat dengan posisinya.
3. Memberikan arah(peta jalan) jalur menuju lokasi ATM tersebut kepada user.

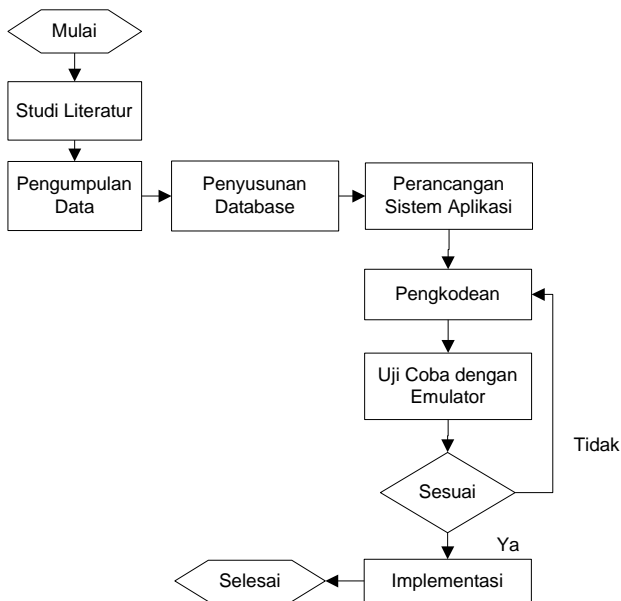
I.5 Kegunaan Penelitian

1. Membantu pengguna dalam mengakses informasi lokasi ATM pada wilayah Semarang.
2. Mengembangkan ilmu Geodesi ke arah teknologi terkini, sehingga peneliti mampu mengikuti perkembangan teknologi yang semakin pesat salah satunya dengan menggunakan *android*.

2. Metodologi Penelitian

Penentuan metodologi dari penelitian bertujuan untuk mencari bentuk yang optimal dari aplikasi yang

akan dibangun dengan mempertimbangkan berbagai faktor-faktor permasalahan dan kebutuhan yang ada pada sistem. Secara umum metodologi yang dilakukan yaitu:



Gambar 1.1 Metodologi Penelitian

3. METODE PENELITIAN

III.1 Persiapan

Tahap awal dari penelitian ini adalah melakukan sintesis terhadap sumber-sumber pustaka yang ada, dimana diperoleh perumusan permasalahan mengenai aplikasi android berbasis GIS untuk menentukan lokasi ATM.

Proses persiapan selanjutnya pada penelitian ini terkait dengan pengadaan peralatan, data, dan bahan yang akan digunakan untuk melakukan survei dan pengembangan perangkat lunak dengan beberapa pendekatan diantaranya :

- Peminjaman alat survey
- Instalasi aplikasi (eclipse Galileo, Java, dan android SDK)

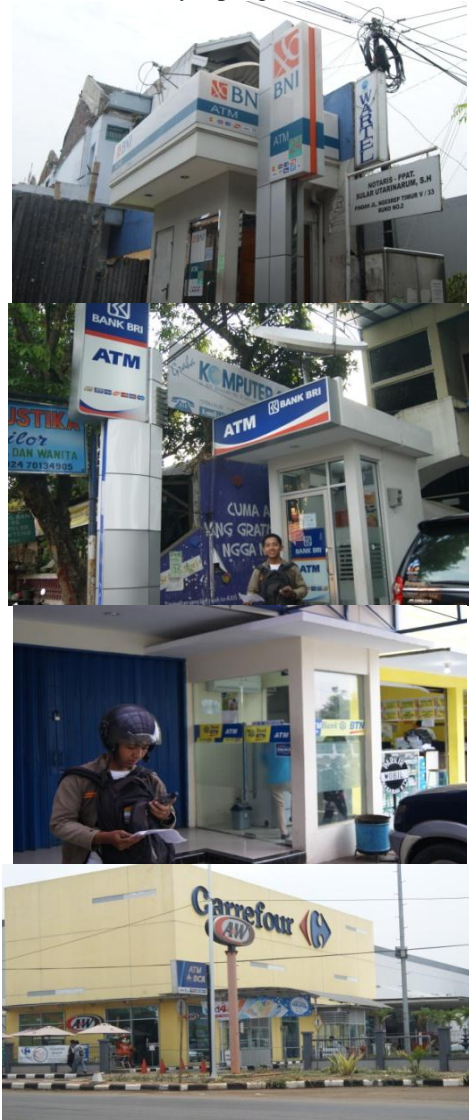
III.2 Peralatan dan Bahan

- a. Perangkat Keras
 - 2 set GPS handheld
 - Smartphones OS Android 2.3 (Gingerbread)
 - Komputer atau laptop
 - Printer
 - kamera
- b. Perangkat Lunak
 - Java
 - Eclipse Helios
 - Android SDK
 - XAMPP
 - Notepad ++
 - ADT 10.0.1.

III.3 Data yang Digunakan

Data-data yang diperlukan dalam melaksanakan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data hasil marking sementara dari navigasi.net sebagai acuan dalam mencari lokasi ATM
2. Data hasil survey lapangan.



Gambar 1. Survei Lokasi ATM

III.4 Penyusunan Database

Data Hasil survei dari lapangan disusun ke dalam suatu database yang terorganisir, sehingga mudah untuk digunakan.

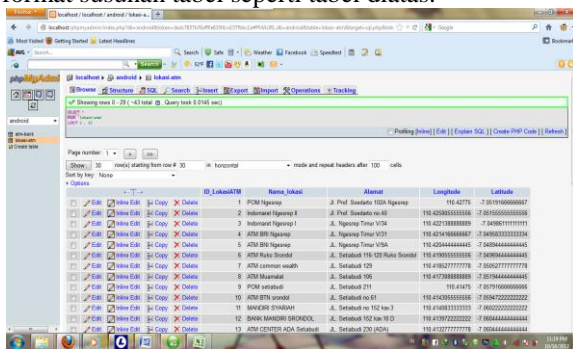
Tabel 1. Lokasi ATM

Tabel 2. ATM Bank

ID_ATM	Nama_bank	Foto	ID_LokasiATM
1	BRI 1	1-POm BRI.jpg	1
2	MANDIRI 1	1.JPG	1
3	BCA 1	2-NGESREP II.JPG	2
4	MANDIRI 2	3-INDO I.JPG	3

ID_LokasiATM	Nama_lokasi	Alamat	Longitude	Latitude
1	POM Ngesrep	Jl. Prof. Soedarto 102A Ngesrep	110.42775	-7.05192
2	Indomaret Ngesrep II	Jl. Prof. Soedarto no.40	110.4258056	-7.05156
3	Indomaret Ngesrep I	Jl. Ngesrep Timur V/34	110.4221389	-7.04986
4	ATM BRI Ngesrep	Jl. Ngesrep Timur V/31	110.4214167	-7.04958
5	ATM BNI Ngesrep	Jl. Ngesrep Timur V/9A	110.4204444	-7.04894

Dan selanjutnya *Database* dikonvert ke *localhost mysql* menggunakan XAMPP 1.7.7 dengan format susunan tabel seperti tabel diatas.



4. Hasil dan Pembahasan

1. Tampilan Menu Utama : Terdekat

Merupakan menu utama yang pertama ditemui *user* ketika membuka aplikasi. Aplikasi akan mencari koordinat berdasarkan nilai LAC dan CID dari BTS-BTS terdekat, kemudian melakukan *request* koordinat ke *server* API Google. Pemanfaatan GPS pada aplikasi ini adalah alternatif jika aplikasi tidak menerima nilai koordinat *latitude* dan *longitude* dari *server* Google atau dengan kata lain nilai responnya adalah 0,0.

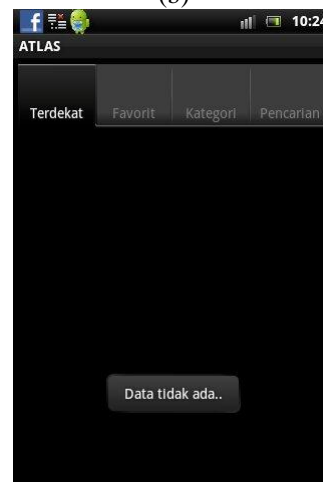
Setelah koordinat didapatkan maka aplikasi akan melakukan *request* ke *server* API untuk melakukan pencarian obyek ATM terdekat dari posisi pengguna. Selanjutnya aplikasi akan melakukan proses kalkulasi jarak dari koordinat pengguna dengan koordinat obyek ATM serta melakukan penguraian data ke dalam bentuk *list* dan melakukan *reverse geocoding* untuk merubah koodinat yang didapat menjadi alamat, akhir dari proses ini adalah tampilnya semua data ke dalam sebuah tampilan yang ditampilkan ke layar *handset* pengguna.



(a)



(b)



(c)

Gambar 2. Tampilan Menu Utama : Terdekat. (a) mengunduh data; (b) daftar lokasi terdekat; (c) data gagal ditampilkan.

2. Tampilan Lokasi ATM (Terdekat)

Untuk membuka peta lokasi ATM, pengguna harus mengklik menu pada *tab* Terdekat kemudian klik pada Lihat Peta. Ketika menu diklik maka akan mendorong nilai koordinat dari obyek lokasi ATM yang dipilih ke halaman peta dan dilakukan proses *request* peta melalui Google API berdasarkan koordinat yang dikirimkan. Selanjutnya akan ditampilkan peta yang menampilkan posisi *user* dan tempat posisi ATM (radius 3 km). Apabila *marker* pada peta disentuh maka akan muncul informasi berupa nama tempat dan alamatnya.



(a)



(b)

Gambar 3 Tampilan Lokasi ATM (terdekat). (a) peta posisi; (b) contoh tampilan saat *marker* diklik.

5. DAFTAR PUSTAKA

Prahasta, Eddy. 2005. *Konsep-Konsep Dasar Sistem Informasi Geografis*. Bandung: Informatika Bandung

Riyanto. 2010. *Sistem Informasi Geografis Berbasis Mobile*. Yogyakarta: Gava Media

Safaat, Nazruddin. 2012. *Pemrograman Aplikasi Mobile Smartphone dan Tablet PC*

Berbasis Android. Informatika Bandung : Bandung

Trisnawati, Arifah. 2012. Tugas Akhir. [Aplikasi Peta Kuliner Kota Semarang Berbasis Mobile GIS Pada Smartphone Android](#).

Google Inc,
<http://developer.android.com/guide/index.html>

Android Programming Forum :
<http://www.anddev.org>

<http://www.esri.com/>

Pengelolaan Tanah Kas Desa (Studi kasus: Desa Panggungharjo, Bantul)

Djurdjani^a, Parningotan HS^b

^a Staf Pengajar Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

^b Alumni Jurusan Teknik Geodesi FT-UGM

Jln. Grafika No. 2 Yogyakarta, Telp. +062-274-520226, Email: djurdjani@gmail.com

Abstract

According to Presidential Act No 85 2007, land data is one of the spatial data sources that having been handled by National Land Agency. Land data is quite dynamics in term of geometrical data and thematic (attribute) data attached on the land. Therefore to manage the land data, understanding the changes and factors causing them are very important. Treasures village land is an important asset for the village particularly to run the village programs. This paper will study and discuss how Panggungharjo village manage their lands and the reasons why they changed the usage and the ownership of the lands. To do that in depth interview and secondary data collected from the village were used to analyze the land use changes. Descriptive analytical approach was used to analyze the data. The result shows that economical factors and social factors are two main factors affecting the changing. Besides that, basically the former use of the lands that stimulated the changes can be classified into unproductive land, unmanaged land and not ideal location of the land.

Keywords: tanah kas desa, penggunaan tanah

Pendahuluan

Data pertanahan merupakan salah satu sumber data spasial (Perturan Presiden no 85 tahun 2007) yang selama ini ditangani oleh Badan Pertanahan Nasional. Data pertanahan sangatlah dinamis dalam hal data geometris dan atributnya. Salah satu tanah yang sangat penting sebagai sumber ekonomi desa dan juga sebagai sumber suplai tanah untuk pembangunan adalah tanah Kas Desa. Berdasar Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 4 Tahun 2007, tanah Kas Desa merupakan salah satu aset Desa yang sangat berguna bagi kelangsungan pelayanan di Desa sehingga perlu dilindungi dan dipelihara dengan baik. Itu semua untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat Desa. Sandy I.,M. (1977) menyatakan bahwa "...lahan memiliki nilai strategis karena arti khusus dari lahan sebagai faktor produksi utama dalam perekonomian masyarakat dan negara. Dalam hal ini disadari bahwa yang dapat memberikan kemakmuran bagi rakyat sebesar besarnya bukanlah lahan melainkan segala sesuatu yang dibangun di atas lahan tersebut". Tujuan tersebut menyebabkan selalu dinamisnya penggunaan dan penguasaan kas Desa sehingga dapat memenuhi kebutuhan ekonomi maupun tuntutan sosial. Karena itu pemahaman terhadap kecenderungan perubahan penggunaan tanah kas desa dan penguasaan tanah kas desa menjadi salah satu faktor penting untuk

melakukan pengelolaan data pertanahan.

Dilihat dari penggunaan tanah kas Desa, pada awalnya peruntukan tanah kas desa ada 4 macam (Sembiring, 2004) yaitu: 1) penyelenggaraan pemerintahan dikenal dengan nama titisara (Jawa Barat), bondo deso atau kas desa, 2) tanah jabatan dikenal dengan nama tanah bengkok, tanah lungguh, 3) tanah pensiunan dikenal dengan nama bumi pengarem arem, sawah kehormatan dan 4) tanah kuburan. Berdasar instruksi Menteri Dalam Negeri Nomor 26 Tahun 1992, status tanah bengkok berubah menjadi tanah kas desa. Sedangkan sumber penghasilan perangkat desa, menurut Keputusan Menteri Dalam Negeri Nomor 72 Tahun 2005 diganti dengan sistem gaji. Pada awalnya tanah tanah tersebut dalam bentuk sawah. Namun demikian perubahan kebutuhan masyarakat menyebabkan bentuk penggunaan tanahnya banyak yang berubah ke non pertanian (Pardal, 2007).

Belum banyak penelitian yang fokus pada perubahan penggunaan tanah kas desa. Sebagian meletakkan tanah kas desa sebagai bagian dari tanah Sultan Ground (Rizkiana, 2009). Penelitian tentang pengelolaan tanah kas desa di daerah Kulon Progo sudah pernah dilakukan oleh Cicilia (2008). Peneliti lebih menitik beratkan pada tahapan administrasi dalam pengelolaan tanah kas desa mulai dari

pensertifikatan, pemanfaatan serta pendaya gunaan tanah kas desa. Untuk itu penelitian ini memfokuskan pada bagaimana tanah dikelola, institusi pendukung, macam perubahan serta faktor pendorong perubahan.

Desa Panggungharjo dipilih sebagai salah satu tempat studi kasus karena beberapa alasan. Pertama, Desa Panggungharjo merupakan salah satu Desa di Kecamatan Sewon Kabupaten Bantul yang letak geografisnya pada sisi utara berbatasan dengan wilayah Kota Yogyakarta. Sedangkan sisi yang lain berbatasan dengan Desa Bangunharjo, Timbulharjo dan Tirtonirmolo. Kedua Desa Panggungharjo memiliki administrasi tanah Kas Desa relative tertib termasuk aturan pendukungnya sehingga akan mempermudah dalam analisis data. Data perubahan yang digunakan adalah dari tahun 2003 sampai 2010.

Metodologi

Tahap awal penelitian ini dimulai dengan pengumpulan data terkait desa Panggungharjo antara lain peta persebaran tanah kas Desa Panggungharjo tahun 1986 skala 1:5000, Peta Digital Administrasi Desa Panggungharjo skala 1:5000 tahun 2005, Citra Google serta peraturan terkait Pengelolaan Tanah Kas Desa seperti Peraturan Desa Nomor 4 tahun 2009, Peraturan Gubernur DIY Nomor 11 tahun 2008 tentang pengelolaan tanah kas Deter pisah serta Keputusan Gubernur DIY No:1/PAN/2009 Tentang Pembentukan Panitia Pengawas Pelepasan dan Pengadaan Tanah Kas Desa di DIY. Tahap kedua adalah melakukan desain pertanyaan untuk wawancara mendalam mencakup pengelolaan dan penggunaan tanah kas desa sebelum dan sesudah perubahan hak kepemilikan, kompensasi akibat pemindahan hak dan perubahan penggunaan serta faktor yang mendorong terjadinya pemindahan dan perubahan. Responden yang diwawancarai adalah perangkat desa yang berhubungan langsung dengan kekayaan desa seperti Carik Desa, Kepala Bagian Ekonomi dan Staf serta staf Bagian Pemerintahan.

Data spasial dipergunakan untuk mengetahui perubahan luasan, perubahan penggunaan dan distribusi lokasi tanah kas desa. Sedangkan hasil wawancara dipergunakan untuk mengetahui alasan perubahan serta kompensasi akibat adanya perubahan.

Hasil dan Pembahasan/Diskusi

a. Institusi pendukung

Institusi pendukung pertama adalah Instruksi Menteri Dalam Negeri Nomor 22 Tahun 1996 terkait pengelolaan tanah kas Desa. Pada dasarnya ada 3 kegiatan dalam pengelolaan tanah kas desa yaitu: 1) Pengurusan yang mencakup kegiatan pensertifikatan 2) Pemanfaatan dan Pendayagunaan Tanah Kas Desa,

3) Pemeliharaan tanah kas desa terutama menjaga kesuburan dan bentuk pemanfaatan. Pengelolaan didasarkan pada asas fungsional, kepastian hukum, keterbukaan, efisiensi, akuntabilitas, sehingga setiap bentuk kegiatan harus mendapat persetujuan BPD (Badan Permusyawaratan Desa). Sedangkan ditinjau dari pemindahan haknya dikenal 2 macam bentuk pemindahan hak yaitu Bangun-Guna-Serah dan Bangun-Serah-Guna. Pada bentuk yang pertama pihak lain yang berkeinginan untuk investasi/membangun dipersilahkan untuk berinvestasi melalui pendirian bangunan, mendaya gunakan bangunan oleh pihak yang berinvestisikasi tersebut dalam waktu tertentu, setelah habis masa berlakunya lalu diserahkan kembali ke Pemerinath Daerah pemilik tanah tersebut. Dalam konsep ini telah terjadi proses pemecahan berkas haknya untuk dijual dalam waktu tertentu melalui kegiatan sewa menyewa. Pada bentuk kedua pada dasarnya tidak jauh berbeda dengan bentuk pertama hanya saja disini pihak lain tersebut memiliki 2 macam hak yang dilakukan secara terpisah yakni hak membangun dan hak menggunakan. Pertanggung jawaban pengelolaan tanah kas desa bersifat hirarkhi yaitu Lurah melaporkan ke Bupati melalui Camat. Untuk selanjutnya Bupati melaporkan ke Gubernur.

Institusi pendukung kedua berupa Peraturan Desa (Perdes) Bangunharjo Nomor 04 tahun 2009 sebagai bentuk lanjut instruksi gubernur tahun 1996. Pada Perdes ini pengelolaan tanah kas desa dipisahkan dengan pengelolaan tanah bengkok. Lurah berfungsi sebagai penanggung jawab pengelolaan dibantu oleh Carik Desa, Kepala Bagian Pembangunan dan Kepala Bagian Pemerintahan. Kepala Bagian Pemerintahan bertanggung jawab terhadap kegiatan inventarisasi dan pendokumentasi dokumen kepemilikan tanah kas desa.

Berdasarkan bentuk penggunaan oleh pihak lain dikenal ada 4 macam bentuk: 1) Untuk dipinjam pakai. Biasanya pihak yang meminjam adalah instansi pemerintah sebagai contoh untuk penyelenggaraan Pemerintah Desa. 2) Untuk disewakan kepada pihak lain. Biasanya waktu sewa tidak melebihi satu tahun, bila lebih dari satu tahun harus memperoleh rekomendasi dari Bupati dan persetujuan Gubernur. 3) Untuk digunausahakan oleh pihak ketiga. Bentuk penggunaan merupakan salah satu pertimbangan dikabulkannya dan dicabutnya ijin dan 4). Untuk swakelola ekonomi produktif. Tanah kas desa bisa dikelola mandiri oleh pemerintahan desa atas dasar pertimbangan ekonomis. Semua kegiatan tersebut harus ada surat keputusan dari lurah setelah mendapat persetujuan BPD.

Perubahan status hukum tanah kas Desa diawali dari usulan Lurah Desa setelah mendapat persetujuan BPD ke Bupati untuk dilanjutkan ke Gubernur. Dikabulnya permohonan tersebut bergantung dari tiga

hal yaitu untuk kepentingan umum, meningkatkan kesejahteraan masyarakat dan tidak bertentangan dengan tata ruang Kecamatan dan Kabupaten.

b. Penggunaan tanah dan perubahan penggunaan tanah

Penggunaan tanah kas desa termasuk oleh pihak lain pada tahun 2003 yang dikelompokkan berdasar PERDES ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1 Penggunaan tanah tahun 2003

No	Penggunaan	Jumlah	Luas (m ²)
1	Pinjam Pakai	15	15449.84
2	Digunausahakan	2	10500.08
3	Sewa pertanian	48	77056.10
4	Swakelola	26	84441.57

Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa bentuk penggunaan yang terbesar adalah dalam kelompok swakelola. Macam penggunaan dalam kelompok ini adalah untuk perikanan, tanaman jati, kandang, bengkel, toko meubel, rumah sakit, penyandang cacat, lapangan sepak bola dan rusunawa. Ini menunjukkan bahwa dalam pengelolaan tanah kas desa yang dilakukan oleh pemerintah desa memandang unsur ekonomi bukan satu satunya factor pendukung perubahan penggunaan namun juga ada unsur sosialnya. Sedangkan kelompok kedua adalah kelompok sewa khususnya untuk sawah. Ini menunjukkan bahwa penggunaan tanah kas desa yang masih sesuai dengan penggunaan asalnya masih relative banyak meskipun kurang dari 50%.

Penggunaan tanah kas Desa pada tahun 2010 ditunjukkan dalam Tabel 2.

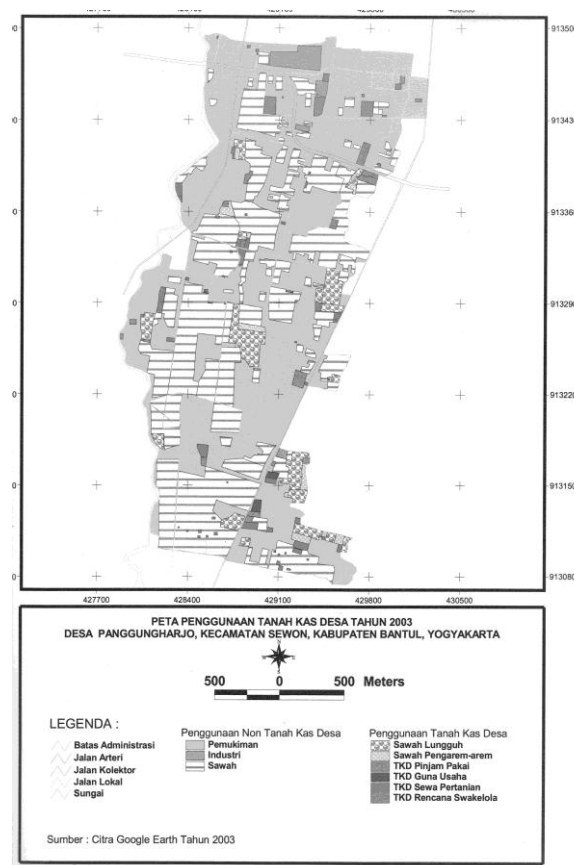
Tabel 2 Penggunaan tanah tahun 2010

No	Penggunaan	Jumlah	Luas (m ²)
1	Pinjam Pakai	20	17105.84
2	Digunausahakan	36	143351.50
3	Sewa pertanian	28	20880.50
4	Swakelola	8	12136.87

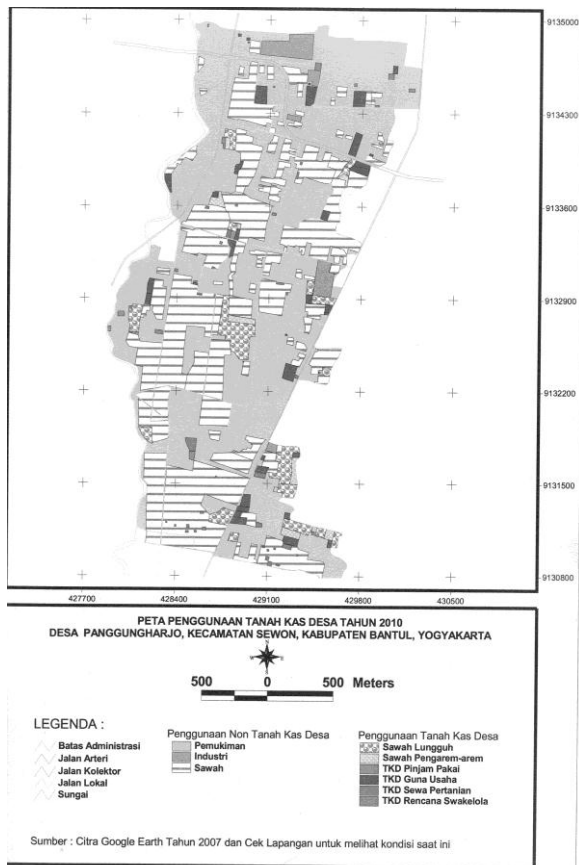
Dari Tabel 2 dapat dilihat bahwa penggunaan terbesar pada tahun 2010 adalah tanah kas desa yang digunausahakan yakni mencapai lebih dari 75% dari keseluruhan tanah kas desa. Macam penggunaan yang termasuk dalam kelompok ini adalah untuk kandang ternak, rumah makan, rumah sakit, lapangan olah

raga, pemukiman, rusunawa, meubel dan bengkel. Sedangkan kelompok penggunaan yang memiliki luasan terkecil adalah swakelola. Ini menunjukkan bahwa pemerintah desa yang pada awalnya berkeinginan untuk menggarap secara swakelola bergeser kepada system sewa/peminjaman dalam jangka tertentu. Hal lain yang dapat dilihat dari Tabel 1 dan 2 adalah bahwa perubahan yang cukup berarti terjadi pada kelompok sewa untuk tanah pertanian dan kelompok digunausahakan. Sewa tanah pertanian pada awalnya seluas 77.056 m², namun 7 tahun kemudian sudah berubah menjadi 20.880 m². Artinya lebih dari 70% tanah untuk sawah telah berubah menjadi tanah yang digunakan untuk non sawah. Gambar 1 dan 2 menunjukkan penggunaan tanah tahun 2003 dan 2010.

Data detil perubahan ditunjukkan dalam Tabel 3 berikut



Gambar 1 Penggunaan tanah Kas Desa tahun 2003



Gambar 2. Penggunaan tanah kas desa tahun 2010

Tabel 3 Perubahan penggunaan tanah

No	Sebelum	Sesudah	Jumlah perubahan
1	Sawah	Masjid, TK, poskesdes, kandamg ternak, bengkel, kolam, POM bensin, gudang	21
2	Lapangan	Rumah sakit, bengkel, lapangan olah raga, took, kandang, play group	11
3	Tanah kosong	Gudang meubel, pemukiman, rusunawa, penyandang cacat	7

Apabila ditinjau dari kelompok penggunaan dapat diketahui bahwa Tanah Kas Desa Swakelola berubah menjadi Tanah Kas Desa Gunausaha sebanyak 18 perubahan, dari Tanah Kas Desa Sewa Pertanian menjadi Tanah Kas Desa Gunausaha sebanyak 16 perubahan dan Tanah Kas Desa Sewa Pertanian menjadi Tanah Kas Desa Pinjam Pakai sebanyak 5

perubahan.

c. Faktor pendorong perubahan dan kompensasi

Sebagian besar perubahan penggunaan tanah tidak diikuti oleh perubahan kepemilikan karena berbentuk hak pakai atau sewa sehingga tidak ada kompensasi. Kompensasi perubahan akan terjadi manakala terjadi perubahan kepemilikan sebagaimana yang terjadi pada tahun 1995 dan tahun 2005 yaitu tanah kas desa berubah menjadi tanah pribadi digunakan sebagai industri pabrik rokok di Pelemsewu. Kompensasi yang diberikan berupa uang dan tanah pengganti.

Faktor pendorong terjadinya perubahan penggunaan diperoleh dari wawancara dengan responden. Faktor pertama adalah tanah kas desa berupa tanah pertanian yang sudah tidak produktif. Ini dikemukakan oleh 3 responden dari 5 responden yang menyatakan bahwa dengan perubahan penggunaan akan menambah pendapatan kas desa.

Faktor kedua adalah tanah kas desa yang tidak dikelola dengan baik seperti tanah kosong, tanah terlantar. Alasan ini dikemukakan oleh sekretaris desa yaitu

” Faktor yang mempengaruhi terjadinya perubahan penggunaan tanah kas desa adalah disebabkan tanah kas desa tersebut adalah tanah-tanah yang tidak terkelola seperti tanah kosong, kolam desa”

Faktor ketiga adalah lokasi tanah kas desa yang sudah tidak sesuai lagi peruntukannya sebagaimana penjelasan salah satu responden ketika ditanya tentang alasan kenapa perlu perubahan
”..... letak tanah kas desa tersebut lebih strategis untuk digunakan sebagai guna usaha daripada lahan pertanian”

Sedangkan faktor ke empat adalah adanya permintaan dari suau instansi pemerintah sebagai contoh adanya permintaan dari Dinas Pendidikan dan Kebudayaan untuk pinjam pakai tanah kas desa untuk sekolah.

Dari berbagai faktor pendorong perubahan nampak bahwa alasan perubahan tidak hanya didasarkan pada faktor ekonomi namun juga faktor sosial.

Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa:

- Desa Panggungharjo telah mempunyai Perdes yang dapat dipergunakan sebagai acuan pengelolaan tanah kas desa.
- Mulai tahun 2003 sampai 2010 telah terjadi perubahan penggunaan terutama dari tanah sewa sawah menjadi penggunaan non pertanian atas dasar pertimbangan ekonomi dan sosial.

- c. Ada kecenderungan perubahan penggunaan yang pada awalnya dikelola sendiri (rencana swakelola) menjadi dikelola orang lain (digunahgunakan)
- d. Ada 4 macam faktor pendorong perubahan yaitu tanah sawah tak produktif, tak dikelola dengan baik, tidak cocok lokasinya dan atas permintaan dari instansi atau masyarakat.

Daftar Pustaka

- Cicilia, I.J., 2008, "Studi Pengelolaan Tanah Kas Desa Pengasih Kecamatan Pengasih Kabupaten Kulonprogo" *Skripsi*, Jurusan Manajemen Pertanahan STPN, Yogyakarta.
- Pardal, E.B., 2007, "Dampak Perubahan Pengelolaan Tanah Kas Desa dari Sistem Bagi Hasil Penggunaan Pertanian Menjadi Non Pertanian Terhadap Aspek Pertanahan, Aspek Sosial dan Aspek Ekonomi", *Skripsi*, Jurusan Manajemen Pertanahan STPN, Yogyakarta.
- Rizkiana D, 2009, Kajian Keberadaan Sultan Ground dan Implikasinya di Daerah Istimewa Yogyakarta (Studi Kasus di Desa Ambarketawang Kecamatan Gamping Kabupaten Sleman)", *Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.
- Sandy I., M., 1997, "*Penggunaan Tanah (Land use) di Indonesia*", Direktorat Tata Guna Tanah Ditjen Agraria Depdagri, Jakarta.
- Sembiring, 2004, "Pengelolaan Tanah Kas Desa" *Widya Bhumi Vol.16*, hal 40-51.

Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Lokasi Papan Iklan di Wilayah Kota Semarang

Andri Suprayogi¹⁾, Arwan Putra Wijaya¹⁾, Lea Kristi Agustina²⁾

1) Dosen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

2) Alumni Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang

Abstract

Advertisement are designed objects for the purpose of introducing, encouraging, promoting, or to draw public attention to goods, services, persons, or entities who can be seen, read, heard, felt and / or enjoyed by the public. In simple billboard interpreted as promotion tool of goods and services such as a message or information delivered through the outdoor media. Situated on quite crowded roads in Semarang City, especially in Gajah Mada, Pandanaran and Pemuda street's makes the existence of billboards to be competitive for providers of goods or services in order to alluring consumers in order to use the goods and services offered by them.

This research aim to know the potential of billboard locations and spread along the Gajah Mada, Pandanaran and Pemuda street's. Final results from this research provides information that can be used as review and consideration in determining the location of billboards is quite potentially, this can be done by certain agencies of local government in Semarang City and other interested parties.

Conducted by qualitative research methods, this research which will produce descriptive data were compiled in a geographic information system to obtain map of the layout point locations spread advertisement, then performed an analysis based on the provisions of the distance between advertisement and restrictions the placement of advertisement. Based on the observation and analysis, identification potential of new billboard point locations can be done according with the specified criteria. Research results shows that there are 11 new potential billboards points for the large types and 73 new potential billboards points to medium sized types, both located on the sidewalks / curb.

Keywords: Advertising, GIS, Potential of billboards.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kota Semarang merupakan salah satu kota besar yang berkembang dalam hal perekonomian dengan penduduk yang berjumlah 1,4 juta jiwa, maka semakin besar pula potensi dalam pengembangan sektor ekonominya. Semakin maraknya dunia perekonomian berakibat pada berkembangnya media informasi yang digunakan sebagai salah satu sarana promosi. Salah satunya promosi dilakukan dengan menggunakan media iklan melalui spanduk, baliho, serta papan iklan. Diperlukan adanya suatu wadah promosi dan pengenalan yang dapat dilihat oleh setiap orang dalam bentuk papan iklan untuk mendukung perkembangan ekonomi di kota Semarang

Perkembangan pemasaran melalui media cetak berupa spanduk, baliho dan sebagainya sangat berpengaruh

terhadap kualitas visual suatu kota, hal ini pasti akan menjadi suatu masalah jika pemasangan papan iklan di koridor jalan perkotaan tidak memiliki keteraturan dan keserasian antar papan iklan maupun dengan lingkungan sekitarnya. Pembuatan Sistem Informasi Geografis ini merupakan suatu wadah yang paling efisien dan tepat untuk mengetahui potensi lokasi papan iklan sesuai kriteria yang sudah ditentukan sebelumnya sehingga keteraturan dan keserasian antar papan iklan serta lingkungan sekitar semakin mudah terwujud.

Berdasarkan uraian tersebut untuk dilakukanlah penelitian dengan judul "Aplikasi Sistem Informasi Geografis untuk Identifikasi Potensi Lokasi Papan Iklan di Wilayah Kota Semarang (Studi Kasus : Sepanjang Jalan Gajah Mada, Pandanaran dan Pemuda)". Dengan implementasi data Penginderaan Jauh dan SIG, maka lokasi potensi titik reklame pada

lokasi tertentu dapat ditentukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi lokasi papan iklan serta penyebarannya di sepanjang Jalan Gajah Mada, Pandanaran dan Pemuda.

Perumusan Masalah

Permasalahan yang muncul dari latar belakang penelitian yang telah dijabarkan sebelumnya adalah sebagai berikut :

- Apa saja kriteria lokasi yang dibutuhkan dalam penempatan papan iklan?
- Bagaimana menentukan lokasi potensi papan iklan di Kota Semarang hingga saat ini?

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi titik lokasi penempatan papan iklan di sepanjang jalan Gajah Mada, Pandanaran dan Pemuda.

Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup yang diajukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Penelitian ini dilakukan di sepanjang jalan Gajah Mada, Pandanaran dan Pemuda.
- Variabel yang akan digunakan adalah kriteria penempatan papan iklan, lokasi, foto lokasi papan iklan, serta jarak antar papan iklan.
- Jenis Reklame yang ditinjau adalah reklame berukuran besar dan sedang.
- Peta yang digunakan adalah peta topografi serta citra kota Semarang yang nantinya akan digunakan sebagai penunjuk lokasi papan iklan di Kota Semarang.

STUDI PUSTAKA

Reklame

Reklame adalah benda, alat atau media yang bentuk dan corak ragamnya dirancang untuk tujuan memperkenalkan, menganjurkan, mempromosikan, atau untuk menarik perhatian umum terhadap barang, jasa, orang, atau badan yang dapat dilihat, dibaca, didengar, dirasakan dan/atau dinikmati oleh umum. Secara sederhana reklame diartikan sebagai sarana promosi barang dan jasa berupa pesan atau informasi yang disampaikan melalui media luar ruangan.



Gambar 2.1 Reklame

Papan iklan termasuk model iklan luar ruang (*outdoor advertising*) yang paling banyak digunakan. Perkembangannya pun cukup pesat. Sekarang di jaman digital, papan iklan pun menggunakan teknologi baru

sehingga muncullah *digital billboard*. Ada juga *mobile billboard* yaitu *billboard* yang berjalan ke sana ke mari karena di-pasang di mobil (iklan berjalan).

Reklame di Kota Semarang ini ditujukan untuk media luar ruang, baik sebagian atau keseluruhan dari media tersebut, yang digunakan untuk :

- Mengiklankan suatu fasilitas, bisnis, jasa atau barang yang digunakan oleh umum (informasi tentang barang dan jasa); atau
- Memberitahukan pendapat suatu organisasi atau individu, pernyataan keberatan atau protes; atau
- Memberikan informasi tentang lokasi dan kegiatan tertentu.

Perencanaan dan Penataan Reklame Kota Semarang

Setiap perencanaan penempatan reklame yang meliputi pendataan, pemetaan, penataan dan penetapan titik reklame, harus memperhatikan estetika, keselamatan, keserasian bangunan dan lingkungan sesuai dengan rencana kota, sesuai ketentuan Peraturan Perundang-undangan yang berlaku. Penataan reklame berdasarkan Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 8 Tahun 2006 tentang Penyelenggaraan Reklame.

Dari segi ukuran reklame terbagi menjadi beberapa jenis, diantaranya.

- Reklame kecil dengan ukuran kurang dari 4 m² (empat meter persegi);
- Reklame sedang dengan ukuran 4 m² (empat meter persegi) sampai 12 m² (dua belas meter persegi); dan
- Reklame besar dengan ukuran lebih dari 12 m² (dua belas meter persegi).

Berdasarkan peraturan tersebut, jarak minimum antar titik reklame adalah sebagai berikut :

- Reklame besar memiliki jarak antar titik minimal 150 m (seratus lima puluh meter, ketentuan ini juga berlaku untuk reklame jenis megatron.
- Reklame berukuran sedang memiliki jarak antar titik minimal 40 m (empat puluh meter) antara titik reklame yang satu dengan yang lain.

METODOLOGI PENELITIAN

Data Penelitian

Data penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

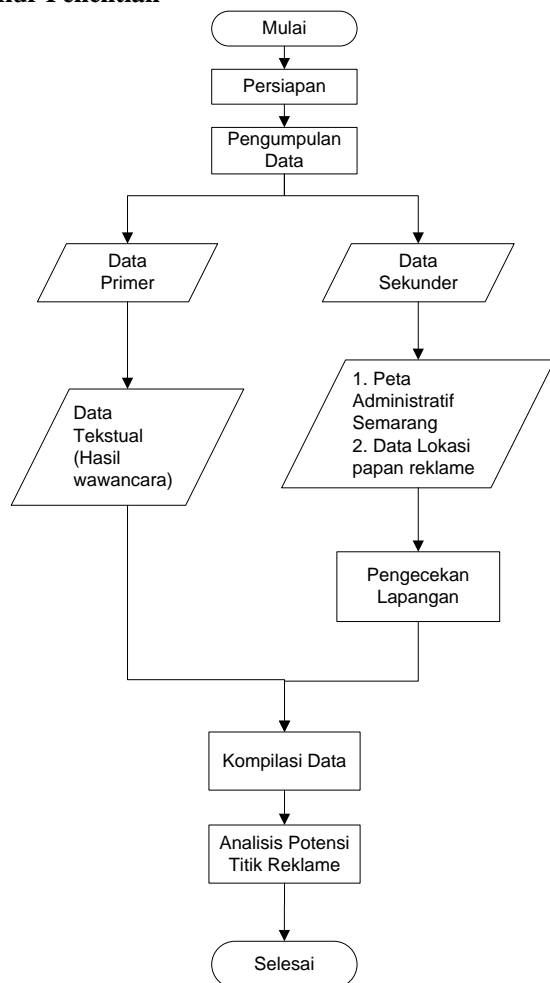
- Peta topografi digital Kota Semarang lembar C6 dengan format CAD (.dwg)
- Citra satelit Quick Bird
- Data Lokasi Reklame
- Kriteria Lokasi Penempatan Reklame

Peralatan Penelitian

Peralatan penelitian yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

- a. Perangkat keras (*Hardware*)
 - Laptop Acer Aspire 4730Z dengan spesifikasi processor Intel Pentium Dual-Core Core, CPU T4200 @2,00 GHz, RAM 1,00 GB
 - GPS handheld
 - Kamera Digital
 - Printer
- b. Perangkat Lunak (*Software*)
 - Microsoft Office 2007
 - ArcGIS 9.3
 - AutoCAD

Alur Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Metodologi Pengolahan Data

Dalam hal ini analisis potensi titik reklame dilakukan dengan menggunakan data posisi titik reklame yang telah ada dan jarak antar titik sepanjang jalan yang sesuai dengan peraturan yang berlaku

Jumlah total dari titik reklame pada suatu jalan dapat dihitung dengan membagi panjang jalan dengan jarak minimumnya.

$$\left\lceil \frac{d}{\bar{d}} \right\rceil \quad (3.1)$$

Secara matematis jumlah titik reklame baru diperoleh dari pembagian panjang jalan dengan mengurangi jumlah total titik dengan titik yang telah ada baru sebagai berikut :

$$\sum Np = \left\lceil \frac{d}{\bar{d}} \right\rceil - \sum N, \quad (Np \in Z) \quad (3.1)$$

Keterangan :

- d = Panjang Jalan
- \bar{d} = Standar Jarak Rata-rata
- $\sum N$ = Jumlah Titik yang Sudah Ada
- $\sum Np$ = Jumlah potensi titik baru

Pengecekan Lapangan

berdasarkan peta topografi, panjang jalan pada area studi jaringan jalan yang terpantau di luar kawasan simpang lima dan tugu muda adalah sebagai berikut jalan Pandanaran memiliki panjang sejauh 1421, Jalan Pemuda memiliki panjang 1595 m, dan Jalan Gajah muda memiliki panjang

Data lokasi titik reklame ini diperoleh dengan jalan pengecekan lapangan pada lokasi penelitian menggunakan handheld GPS dan kamera digital dimana terdapat 22 Billboard berukuran besar, 15 Billboard berukuran sedang, dan 1 buah megatron.

Tabel 3.1 Jumlah Titik Reklame Pada Bahu Jalan / Trotoar

No.	Jenis	Jalan		
		Gajah Mada	Pandanaran	Pemuda
1	Billboard Besar	7	8	7
2	Billboard Sedang	8	4	3
3	Megatron	-	-	1
Jumlah		15	12	11

Plot Data Lapangan

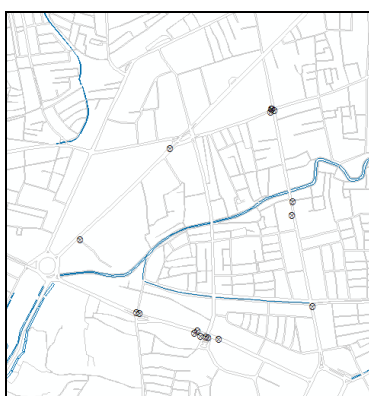
Kemudian hasilnya diplot dengan menggunakan perangkat pendukung ArcGis 9.3 sehingga menghasilkan data spasial sebaran titik reklame yang sepanjang Jalan Gajah Mada, Jalan Pandanaran, dan Jalan Pemuda.



Gambar 3.2. Sebaran Titik Reklame Berukuran Besar



Gambar 3.3. Reklame berukuran besar



Gambar 3.4. Sebaran Titik Reklame Berukuran Sedang



Gambar 3.6. Reklame berukuran Sedang

Analisa Potensi Lokasi Reklame baru

Jumlah total titik reklame baru secara matematis ditentukan dengan membagi panjang jalan dengan jarak minimum antar reklame sedang dan besar pada setiap luas jalan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tabel 4.1 Jumlah Total Titik Reklame Berukuran Besar Pada Bahu Jalan / Trotoar (jarak minimum 150 meter)

No.	Jalan	Panjang Jalan (m)	Jumlah Titik	Jarak Rata-rata (m)
1	Gajah Mada	1628	10	162.8
2	Pandanaran	1421	9	157.8
3	Pemuda	1595	10	159.5
Jumlah			29	-

Tabel 4.2. Jumlah Total Titik Reklame Berukuran Sedang Pada Bahu Jalan / Trotoar (jarak minimum 40 meter)

No.	Jalan	Panjang Jalan	Jumlah Titik	Jarak Rata-rata
1	Gajah Mada	1628 m	40	40.7
2	Pandanaran	1421 m	35	40.6
3	Pemuda	1595 m	39	40.9
Jumlah			29	-

sehingga secara tekstual diperoleh potensi titik reklame pada setiap jalan baik itu yang berukuran sedang dan besar sebagai berikut

Tabel 4.3. Jumlah Potensi reklame

No.	Jalan	Reklame Besar	Reklame Sedang
1	Gajah Mada	3	32
2	Pandanaran	1	31
3	Pemuda	3	36
Jumlah		7	99

Namun merujuk pada posisi reklame yang telah ada, dimana nampak bahwa beberapa reklame terkonsentrasi pada tempat tempat tertentu maka perhitungan di atas tidak dapat diaplikasikan di lapangan, untuk itu dilakukan proses tambahan berupa buffering pada setiap titik yang telah ada untuk mendapatkan hasil yang lebih realistis.

Dalam prosesnya diperhitungkan pula posisi reklame dengan ukuran yang berbeda sehingga menjamin potensinya tidak overlap

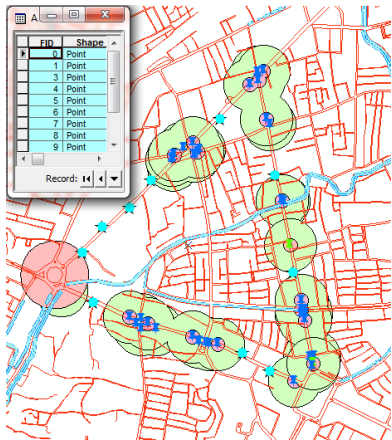


Gambar 4.1. Buffer Reklame Berukuran Besar

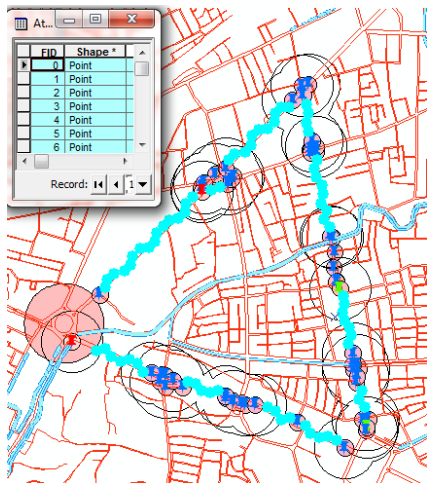


Gambar 4.28 Buffer Reklame Berukuran Sedang

Data buffer ini kemudian digunakan untuk mengeliminir titik-titik sebaran reklame pada setiap jalannya



Gambar 4.3 Potensi Reklame Berukuran Besar



Gambar 4.4. Potensi Reklame Berukuran Sedang

Dengan menggunakan analisis buffer terhadap data reklame yang telah ada, diperoleh potensi reklame baru sebagai berikut

Tabel 4.4 Jumlah Potensi reklame berdasarkan buffer

No.	Jalan	Reklame Besar	Reklame Sedang
1	Gajah Mada	2	23
2	Pandanaran	3	21
3	Pemuda	5	29
Jumlah		9	73

Yang jika dibandingkan dengan perhitungan awal secara matematis selisihnya adalah sebagai berikut

Tabel 4.5 Selisih Potensi reklame

No.	Jalan	Reklame Besar	Reklame Sedang
1	Gajah Mada	-1	-9
2	Pandanaran	2	-10
3	Pemuda	2	-7

PENUTUP

Kesimpulan

- Adanya konsentrasi penempatan reklame baik itu yang berukuran besar maupun sedang sehingga mengakibatkan jumlah potensi reklame tidak sesuai dengan perhitungan matematis
- Selisih jumlah potensi terbesar antara hasil hitungan dan hasil buffer terdapat pada pada jalan pandanaran yaitu pengurangan sebesar 10 reklame berukuran sedang
- Jalan yang memiliki potensi terbesar adalah Jalan Pemuda dengan jumlah potensi titik sebanyak 29 reklame berukuran sedang dan 5 reklame berukuran besar.

Saran

- Berdasarkan hasil penelitian ini, perlu dilakukan penelitian lebih detail terkait dengan penetapan reklame yang harus memperhatikan estetika, keselamatan, keserasian bangunan dan lingkungan.
- Perlu pengidentifikasian potensi papan reklame terhadap berbagai jenis reklame sehingga diperoleh gambaran mengenai potensi reklame yang lebih jelas

PUSTAKA

Adhi, G. 2011. Skripsi : “Pembuatan Peta Perencanaan Persebaran ATM BRI Berbasis Sistem Informasi Geografis”. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi, UNDIP.

Armalia, Risna. 2010. Skripsi : “Pembuatan Geodatabase Titik Dasar Teknik (TDT) Badan Pertanahan Nasional”. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi, UNDIP.

Eka, M. 2011. Skripsi : “Identifikasi Kualitas Lingkungan Permukiman dan Persebaran Kawasan Permukiman Kumuh dengan Sistem Informasi Geografis”. Semarang : Program Studi Teknik Geodesi, UNDIP.

Nurmayasari, Dini. Skripsi : “Analisis Penerimaan Pajak Reklame Kota Semarang”. Semarang : Fakultas Ekonomi, UNDIP.

Prahasta, E. 2011. *Tutorial ArcGIS Desktop untuk Bidang Geodesi dan Geomatika*. Bandung : Informatika.

Keputusan Walikota Semarang Nomor 973 / 89 Tahun 2012 Tentang Penetapan Kawasan dan Kelas Jalan Reklame.

Keputusan Walikota Semarang Nomor 973 / 90 Tahun 2012 Tentang Nilai Sewa Reklame (NSR).

Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 8 Tahun 2006 Tentang Penyelenggaraan Reklame.

Peraturan Daerah Kota Semarang Nomor 6 Tahun 2011
Tentang Pajak Reklame.

Website :

<http://www.esri.com/>

<http://www.ilmukomputer.com/>

[http://www.scribd.com/doc/10410997/ModulArcGIS-
Tingkat-Dasar/](http://www.scribd.com/doc/10410997/ModulArcGIS-Tingkat-Dasar/)

Pembenahan Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP untuk Menyiapkan Lulusan yang Memiliki Kompetensi Bidang Informasi Geospasial

Bambang Sudarsono

Staf Pengajar Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP(✉)

Jln. Prof. H. Soedarto, SH –Tembalang Semarang, Email: bambang_f220@yahoo.com

Abstract

Salah satu tujuan Undang-Undang Informasi Geospasial (UUIG) seperti yang ada pada pasal 3 ayat a adalah menjamin ketersediaan dan akses terhadap Informasi Geospasial (IG) yang dapat dipertanggungjawabkan. Kemudian pada pasal lain disebutkan bahwa jenis IG terdiri dari Informasi Geospasial Dasar (IGD) dan Informasi Geospasial Tematik (IGT). IGD terdiri dari jarring kontrol geodesi dan peta dasar, sedangkan salah satu peta dasar berupa Peta Rupabumi Indonesia. Pada pasal 18 ayat 1 disebutkan bahwa Peta Rupabumi Indonesia diselenggarakan mulai dari skala 1 : 1.000.000 sampai skala 1 : 1.000. Untuk menyelenggarakan Peta Rupabumi Indonesia tersebut diperlukan sarana prasarana, dana dan yang lebih penting adalah tersedianya sumber daya manusia yang handal dan mempunyai kompetensi di bidang survey dan pemetaan. Untuk mendidik sumber daya manusia bidang IG di perguruan tinggi diperlukan adanya berbagai perangkat, salah satu diantaranya adalah kurikulum pendidikan yang dapat menghasilkan sarjana yang handal dan mempunyai kompetensi bidang IG. Dengan mempertimbangkan kebutuhan tenaga ahli bidang IG di masa datang, maka Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP telah membuat kurikulum baru yang diterapkan pada 2012.

Keywords: informasi geospasial, sumber daya manusia, kurikulum, kompetensi.

1. Pendahuluan

Salah satu tujuan UUIG antara lain adalah menjamin ketersediaan dan akses terhadap IG. Didalam kehidupan masyarakat pada umumnya mereka belum mengenal istilah IG, akan tetapi masyarakat umum sudah sering menggunakan peta untuk keperluan sehari-hari antara lain dalam bentuk sertipikat tanah yang memuat peta situasi, peta kerangka kota untuk mengurus Ijin Mendirikan Bangunan (IMB) dan peta Zona Nilai Tanah (ZNT) untuk keperluan perhitungan Pajak Bumi dan Bangunan (PBB). Mengingat betapa pentingnya peta tersebut, maka tidak salah apabila UUIG mengamanatkan untuk menyelenggarakan Peta Rupabumi Indonesia dalam berbagai skala mulai dari skala 1 : 1.000.000, 1:500.000, 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000, 1:10.000, 1:5.000, 1:2.500 sampai dengan skala 1 : 1.000.

Dalam rangka pelaksanaan pembangunan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan, tanah mempunyai peranan yang strategis, sehingga pengelolaan pertanahan menjadi sangat penting. Pada dasarnya tanah merupakan salah satu sumber daya alam yang harus dikelola secara baik dan dapat memberikan manfaat yang sebesar-besarnya bagi kehidupan manusia. Menghadapi era globalisasi dan otonomi daerah serta adanya perkembangan ilmu

pengetahuan dan teknologi yang sangat pesat, pengelolaan pertanahan di seluruh wilayah Indonesia memerlukan tenaga ahli pengukuran dan pemetaan yang handal, profesional dan mampu menguasai teknologi survey dan pemetaan yang semakin canggih.

Tanah juga mempunyai arti yang sangat penting untuk pemasukan pajak melalui Pajak Bumi dan Bangunan (PBB) serta Biaya Perolehan Hak Tanah dan Bangunan (BPHTB). Pemasukan pajak dari sektor PBB dan BPHTB mempunyai peluang untuk meningkatkan pendapatan pajak, hal ini karena adanya peningkatan Nilai Jual Obyek Pajak (NJOP) untuk setiap tahunnya. Untuk menyiapkan data obyek pajak berupa tanah dan bangunan diperlukan tenaga tenaga ahli pengukuran dan pemetaan yang handal dan profesional yang mampu menyediakan informasi geospasial berupa peta dan informasi pertanahan lainnya yang dapat digunakan untuk menentukan luas obyek pajak dan NJOP.

Selain itu dalam rangka pembangunan sarana prasarana infrastruktur mulai dari tahap studi kelayakan, perencanaan bangunan teknik sipil, pembebasan tanah sampai pada pelaksanaan konstruksi memerlukan data penunjang berupa peta dan data pertanahan lainnya. Untuk menyiapkan data

tersebut diperlukan tenaga ahli pengukuran dan pemetaan dalam jumlah yang cukup banyak, hal ini mengingat banyaknya proyek-proyek pembangunan sarana infrastruktur yang semakin meningkat jumlahnya dari tahun ke tahun, baik berupa pembangunan jalan, jembatan, bendung, saluran irigasi, sarana pengendalian banjir dan lain-lain yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia.

Dari permasalahan yang sudah diuraikan tersebut antara lain masalah pertanahan, PBB dan pembangunan sarana infrastruktur, secara umum perlu tenaga ahli pengukuran dan pemetaan untuk menyiapkan IG berupa peta dan data lainnya yang terkait dengan pekerjaan pengukuran tanah.

Pekerjaan untuk menyelenggarakan peta dengan skala kecil, menengah sampai skala besar merupakan pekerjaan yang sangat besar, memerlukan dana yang besar, ilmu pengetahuan dan teknologi yang handal dan yang paling penting adalah tersedianya sumber daya manusia yang handal dan mempunyai kompetensi di bidang IG. Untuk menyiapkan sumber daya manusia yang handal di bidang IG diperlukan adanya pendidikan tinggi yang mendidik dan menyiapkan lulusannya agar menguasai dan mempunyai kompetensi di bidang IG salah satu diantaranya adalah dengan menyelenggarakan pendidikan program studi teknik geodesi geomatika.

Di Indonesia hanya ada beberapa perguruan tinggi yang menyelenggarakan pendidikan program studi teknik geodesi geomatika antara lain : ITB, UGM, ITS, UNDIP, ITENAS Bandung, ITN Malang dan UNPAK Bogor. Untuk mengantisipasi kebutuhan sumber daya manusia bidang IG, maka setiap perguruan tinggi telah menyiapkan kurikulum dengan berbagai pertimbangan sedemikian rupa, sehingga kelak lulusannya dapat bekerja sesuai dengan kompetensi yang diinginkan.

Dengan mempertimbangkan perkembangan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, ketersediaan sarana dan prasarana, ketersediaan dosen dan tenaga kependidikan serta adanya UUIG Nomer 4 tahun 2011, maka sejak pertengahan tahun 2011 Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP telah melakukan survey kepada para *stakeholder* (pemangku kepentingan) dan telah mempersiapkan kurikulum baru yang diberlakukan pada tahun 2012. Dan pada bulan Juli 2012 kurikulum tersebut telah selesai dan mulai diberlakukan pada semester gasal 2012 tepatnya pada bulan September 2012.

Untuk mempersiapkan kurikulum baru 2012, Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP telah melakukan serangkaian kegiatan antara lain : merumuskan profil lulusan, menentukan kompetensi utama, kompetensi pendukung, dan kompetensi lainnya. Kemudian menentukan bahan kajian dan dilanjutkan dengan menentukan mata

kuliah serta bobot Satuan Kredit Semester (SKS).

Rangkaian kegiatan untuk menyiapkan kurikulum didahului dengan loka karya di tingkat Universitas dalam hal ini di UNDIP, dilanjutkan loka karya di Fakultas Teknik dan dilanjutkan dengan pertemuan dengan *stakeholder* untuk memperoleh masukan mengenai kebutuhan sumber daya manusia di bidang IG. Semua langkah-langkah tersebut memerlukan waktu hampir satu tahun dan pada bulan Juli 2012 kurikulum baru di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP telah selesai.

Untuk memberikan gambaran umum tentang kurikulum tersebut, berikut ini akan kami sajikan uraian mengenai : perumusan profil lulusan, penentuan kompetensi, penentuan bahan kajian dan penentuan mata kuliah di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP.

2. Perumusan Profil Lulusan

Untuk merumuskan profil lulusan Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP, maka kami menggunakan beberapa acuan antara lain meliputi : rumusan tentang *softskill* yang harus dimiliki alumni UNDIP, masukan dari *stakeholder* serta diskusi dengan sivitas akademika Fakultas Teknik UNDIP.

Berdasarkan ketentuan dari UNDIP setiap lulusan dari Program Studi yang ada di UNDIP harus mempunyai kemampuan *softskill* sebagai berikut : (1) *Communicator* (mampu berkomunikasi secara lisan dan tertulis); (2) *Professional* (bekerja sesuai dengan prinsip, menjunjung tinggi kode etik); (3) *Leader* (adaptif, tanggap terhadap lingkungan sekitarnya baik masyarakat dan tempatnya bekerja); (4) *Entrepreneur* (etos kerja tinggi, inovatif, mandiri); (5) *Thinker* (kritis, peneliti, belajar sepanjang hayat) dan (6) *Educator* (menjadi *agent of change*). Selanjutnya agar mudah diingat kemampuan *softskill* tersebut disingkat dengan COMPLETE.

Untuk merumuskan profil lulusan diperlukan informasi berbagai jenis pekerjaan yang berkaitan dengan bidang survey pemetaan. Beberapa jenis pekerjaan survey pemetaan yang ada di Indonesia dapat berasal dari instansi pemerintah atau dari instansi swasta.

Ada beberapa jenis pekerjaan pengukuran dan pemetaan di Indonesia antara lain :

- Pengukuran dan pemetaan untuk keperluan pemetaan kadastral (BPN)
- Pengukuran dan pemetaan untuk keperluan perpajakan (PBB)
- Pengukuran dan pemetaan untuk keperluan perijinan bangunan (DTK atau DPU)
- Pengukuran dan pemetaan untuk perencanaan sarana dan prasarana infrastruktur (Kementerian Pekerjaan Umum)

- e. Pengukuran dan pemetaan untuk konstruksi bangunan (DPU dan Kontraktor)
- f. Pengukuran dan pemetaan untuk pembuatan Peta Topografi/ Peta Rupa Bumi
- g. Pengukuran dan pemetaan untuk keperluan eksplorasi pertambangan
- h. Dan masih banyak jenis pengukuran dengan spesifikasi khusus.

Di bidang pekerjaan perencanaan dan pembangunan sarana prasarana infrastruktur tahapan kegiatan pelaksanaan proyek yang memerlukan tenaga ahli pengukuran dan pemetaan pada setiap tahap pekerjaan: *Feasibility Study (FS)*, *Preliminary Design (PD)*, *Detail Engineering Design*, *Construction Supervision (CS)* dan Manitoring bangunan teknik sipil. Pada setiap tahapan kegiatan tersebut perlu data pengukuran dan pemetaan dengan jenis data yang berbeda-beda.

Volume pekerjaan pengukuran dan pemetaan dalam beberapa tahun terakhir meningkat dengan pesat seiring dengan pesatnya pembangunan di Indonesia. Dengan meningkatnya volume pekerjaan dan pemetaan di Indonesia, maka diperlukan sumber daya manusia dengan kualitas yang baik dan jumlah yang besar.

Dengan memperhatikan ketentuan dari UNDIP, masukan dari *stakeholder* dan dari sivitas akademika, jenis pekerjaan survey dan pemetaan yang ada, maka Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP telah membuat rumusan profil lulusan yang terdiri dari dalam 4 (empat) profil lulusan yaitu : (1) Konsultan / Kontraktor Survey Pemetaan dan Pertambangan; (2) Birokrat di Pemerintahan; (3) Akademisi/Peneliti dan (4) Wirausahawan.

Setelah merumuskan profil lulusan, maka tahap selanjutnya menentukan jenis kompetensi dan bidang kajian.

3. Penentuan Kompetensi dan Bidang Kajian

Berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Nomor : 045/U/2002 elemen kompetensi yang harus dipertimbangkan dalam menentukan jenis kompetensi antara lain meliputi : Landasan kepribadian, Penguasaan ilmu dan keterampilan, Kemampuan berkarya, Sikap dan perilaku dalam berkarya menurut tingkat keahlian dan Pemahaman kaidah berkehidupan bermasyarakat.

Sebelum merumuskan kompetensi lulusan, maka perlu juga memperhatikan beberapa pasal yang ada dalam UUIG antara lain pasal 54 yang menyatakan : Kegiatan penyelenggaraan IG oleh Instansi Pemerintah atau Pemerintah Daerah dapat dilaksanakan oleh setiap orang. Selanjutnya pasal 55 ayat 1 menyatakan bahwa pelaksanaan IG yang

dilakukan oleh orang perseorangan wajib memenuhi kualifikasi kompetensi yang dikeluarkan oleh lembaga yang berwenang sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Selain itu pada pasal 56 dijelaskan bahwa pelaksanaan IG yang dilakukan oleh badan usaha wajib memenuhi persyaratan administrasi dan persyaratan teknis. Pasal 56 ayat 3 menyebutkan bahwa : persyaratan teknis badan usaha tersebut antara lain meliputi : (a) memiliki sertifikat yang memenuhi klasifikasi dan kualifikasi sebagai penyedia jasa di bidang IG, (b) memiliki tenaga profesional yang tersertifikasi di bidang IG.

Berkenaan dengan beberapa pasal yang ada pada UUIG tersebut, maka diperlukan adanya sumber daya manusia sebagai pelaksana kegiatan penyelenggaraan IG yang mempunyai **kompetensi** dan **professional** serta **tersertifikasi** di bidang IG.

Berdasarkan hal tersebut diatas, lulusan Program Studi Teknik Geodesi FT UNDIP harus memiliki kompetensi yang handal di bidang IG. Adapun jenis kompetensi yang harus dimiliki lulusan Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP terdiri dari : kompetensi utama, kompetensi pendukung dan kompetensi lainnya untuk masing-masing profil lulusan.

Selanjutnya dengan mempertimbangkan masukan dari berbagai pihak, maka akan diuraikan kompetensi lulusan Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP untuk masing-masing profil lulusan.

a. Konsultan / Kontraktor Survey Pemetaan dan Pertambangan

a.1. Kompetensi Utama

- Mampu merencanakan pekerjaan pengukuran dan pemetaan
- Mampu mengawasi pekerjaan pengukuran dan pemetaan
- Mampu menjadi manajer pelaksana pekerjaan pengukuran dan pemetaan di pertambangan
- Mampu memonitor volume hasil penambangan

a.2. Kompetensi Pendukung

- Mampu membuat analisis teknik pekerjaan pengukuran dan pemetaan
- Mampu mengontrol pekerjaan personil dan kemajuan pekerjaan pengukuran dan pemetaan
- Mampu mengorganisasi personil pelaksana di lapangan
- Mampu memonitor kemajuan pekerjaan lapangan

a.3. Kompetensi Lainnya

- Mampu membuat analisis biaya pekerjaan pengukuran dan pemetaan
- Mengetahui tata cara pelelangan pekerjaan pengukuran dan pemetaan

- Mampu menjadi koordinator di lapangan
- Menguasai peralatan dan *software* untuk keperluan perhitungan volume pekerjaan

b. Birokran di Pemerintahan

b.1. Kompetensi Utama

- Mampu memimpin suatu organisasi pemerintahan
- Mampu berkomunikasi dengan pimpinan dan bawahan

b.2. Kompetensi Pendukung

- Mampu mengorganisasi personil di instansi pemerintahan
- Mampu dan memahami tata cara berdiskusi dan rapat kerja

b.3. Kompetensi Lainnya

- Mampu menjadi ketua tim dari suatu bagian instansi pemerintah
- Mengetahui tata cara pelaksanaan pekerjaan administrasi pemerintahan

c. Akademisi/Peneliti

c.1. Kompetensi Utama

- Mampu melaksanakan Tri Dharma Perguruan Tinggi
- Mampu berkomunikasi dengan pimpinan dan bawahan
- Dapat mengidentifikasi, memformulasikan persoalan teknologi survei dan pemetaan

c.2. Kompetensi Pendukung

- Mampu merencanakan proses pembelajaran
- Mampu merencanakan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat
- Mampu menganalisis data penelitian
- Mampu merencanakan penelitian

c.3. Kompetensi Lainnya

- Mampu berkomunikasi efektif dengan berbagai lapisan masyarakat
- Mempunyai wawasan luas untuk kegiatan keilmuan
- Mampu memanfaatkan peralatan dan teknologi mutakhir
- Mampu membuat laporan penelitian

d. Wirausahawan

d.1. Kompetensi Utama

- Mampu menciptakan peluang kerja
- Memiliki ketrampilan kewirausahaan

d.2. Kompetensi Pendukung

- Mempunyai wawasan kewirausahaan dan

mampu berinovasi pada proses sebuah sistem kerja

- Mampu merealisasikan rencana dan ide menjadi produk

d.3. Kompetensi Lainnya

- Mampu memasarkan produk
- Mampu menciptakan nilai tambah

Setelah penentuan rumusan profil lulusan, tahap selanjutnya adalah menentukan bidang kajian untuk melaksanakan proses belajar mengajar di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas UNDIP.

Adapun bidang kajian di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas UNDIP terdiri dari ; (1) Ilmu Dasar; (2) Survey Pengukuran & Pemetaan; (3) Fotogrametri, Penginderaan Jauh & Sistem Informasi Geografis; (4) Pertanahan; (5) Penunjang.

Dengan rumusan kompetensi tersebut diatas, diharapkan lulusan dari Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik dapat memenuhi kompetensi yang diinginkan, dapat bekerja secara professional dan memahami pentingnya sertifikat profesi.

4. Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi FT UNDIP

Setelah merumuskan profile lulusan, menentukan kompetensi dan bahan kajian, maka tahap selanjutnya menentukan kurikulum di Program Studi Teknik Geodesi FT UNDIP.

Sebelum menentukan kurikulum terlebih dahulu menentukan mata kuliah sesuai dengan kompetensi yang telah ditetapkan yaitu : (a) Kompetensi Dasar; (b) Kompetensi Survey & Pemetaan; (c) Kompetensi Fotogrametri, Inderaja & SIG; (d) Kompetensi Pertanahan dan (e) Kompetensi Lain.

Untuk Kompetensi Dasar terdiri dari mata kuliah sebagai berikut :

Bahasa Inggris (3), Kalkulus I(3), Fisika Dasar I(2), Geologi Dasar(2), Teknologi Informasi(2), Pengantar Geodesi Geomatika(2), Olah Raga(1), Pendidikan Agama(2), Pendidikan Pancasila dan Kewarganegaraan(3), Kalkulus II(3), Fisika Dasar II(2), Geomorfologi(2), Pemrograman Komputer(3), Pengantar Ilmu Hukum(2), Bahasa Indonesia(2), Matematika Geodesi(2), Matriks dan Vektor(2), Hitung Perataan I(2), Hitung Proyeksi Geodesi(3), Kartografi(2), Hitung Perataan II(2), Proyeksi Peta(2), Pengantar Geografi(2), Filsafat Ilmu Pengetahuan(2), Sistem dan Transformasi Koordinat(2), Geodesi Satelit(2), Geodesi Fisis(2), Metodologi Penelitian (2).

Untuk Kompetensi Survey & Pemetaan terdiri dari mata kuliah sebagai berikut :

Ilmu Ukur Tanah I(3), Ilmu Ukur Tanah II

(3),Pemetaan Digital(3),Kerangka Vertikal(3),Survey Rekayasa I(3), Kerangka Horizontal(3), Survey Rekayasa II (3),Survey Satelit(3),Survey Tambang(2), Survey Hidrografi I(3), Survey Hidrografi II(3).

Untuk Kompetensi Fotogrametri, Penginderaan Jauh & Sistem Informasi Geografis terdiri dari mata kuliah sebagai berikut :

Sistem Basis Data(3),Fotogrametri I(3),Penginderaan Jauh I(2),Fotogrametri II(3),Penginderaan Jauh II(3),Sistem Informasi Geografi(3),Model Permukaan Digital(2),Pengolahan Citra Digital(2),Sistem Informasi Geografis (2).

Untuk Kompetensi Pertanahan terdiri dari mata kuliah sebagai berikut :

Hukum Agraria(2),Pendaftaran Tanah(2),Manajemen Informasi Pertanahan(2),Survey Kadastral(2), Penyelesaian Sengketa Pertanahan(2),Penilaian Tanah(2)

Untuk Kompetensi Lain terdiri dari mata kuliah sebagai berikut :

Ilmu Lingkungan/AMDAL(2), Perencanaan dan Pengembangan Wilayah(2), Kewirausahaan(2), Survey Batas Wilayah(2), Etika Profesi(2), KKN(3), Kerja Praktek(2), Tugas Akhir(4), Survey Pelabuhan & Perairan Pantai(2), Survey Deformasi(2), Manajemen Proyek(2), Oceanografi Fisis(2), Kuliah Kerja Lapangan(1).

Setelah semua mata kuliah dikelompokkan dalam beberapa kompetensi, maka tahap berikutnya menyusun kurikulum dengan membagi semua mata kuliah kedalam 8 (delapan) semester. Adapun pembagian mata kuliah dalam setiap semester adalah sebagai berikut :

SEMESTER I

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Bahasa Inggris	3 SKS
2.	Kalkulus I	3 SKS
3.	Fisika Dasar I	2 SKS
4.	Geologi Dasar	2 SKS
5.	Ilmu Ukur Tanah I	3 SKS
6.	Teknologi Informasi	2 SKS
7.	Pengantar Geodesi Geomatika	2 SKS
8.	Olah Raga	1 SKS
	Jumlah SKS semester I	18 SKS

SEMESTER II

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Pendidikan Agama	2 SKS

2.	P. Pancasila & Kewarganegaraan	3 SKS
3.	Kalkulus II	3 SKS
4.	Fisika Dasar II	2 SKS
5.	Geomorfologi	2 SKS
6.	Ilmu Ukur Tanah II	3 SKS
7.	Pemrograman Komputer	3 SKS
8.	Pengantar Ilmu Hukum	2 SKS
	Jumlah SKS Semester II	20 SKS

SEMESTER III

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Bahasa Indonesia	2 SKS
2.	Matematika Geodesi	2 SKS
3.	Matriks dan Vektor	2 SKS
4.	Hitung Perataan I	2 SKS
5.	Hitung Proyeksi Geodesi	3 SKS
6.	Pemetaan Digital	3 SKS
7.	Sistem Basis Data	3 SKS
8.	Hukum Agraria	2 SKS
9.	Fotogrametri I	3 SKS
	Jumlah SKS semester III	22 SKS

SEMESTER IV

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Kartografi	2 SKS
2.	Kerangka Vertikal	3 SKS
3.	Penginderaan Jauh I	2 SKS
4.	Hitung Perataan II	2 SKS
55.	Proyeksi Peta	2 SKS
6.	Survey Rekayasa I	3 SKS
7.	Pengantar Geografi	2 SKS
8.	Pendaftaran Tanah	2 SKS
9.	Fotogrametri II	3 SKS
	Jumlah SKS semester IV	21 SKS

SEMESTER V

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Geodesi Satelit	2 SKS
2.	Survey Hidrografi I	3 SKS
3.	Penginderaan Jauh II	3 SKS
4.	Kerangka Horizontal	3 SKS
5.	Sist dan Transformasi Koordinat	2 SKS

6.	Survey Rekeyasa II	3 SKS
7.	Sistem Informasi Geografis	3 SKS
8.	Manajemen Informasi Pertanahan	2 SKS
	Jumlah SKS semester V	21 SKS

SEMESTER VI

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Filsafat Ilmu Pengetahuan	2 SKS
2.	Survey Hidrografi II	3 SKS
3.	Model Permukaan Digital	2 SKS
4.	Peren & Pengembangan Wilayah	2 SKS
5.	Survey Satelit	3 SKS
6.	Kuliah Kerja Lapangan	1 SKS
7.	Survey Kadastral	2 SKS
8.	Metodologi Penelitian	2 SKS
	Mata Kuliah Pilihan 4 SKS	
1.	Pengolahan Citra Digital	2 SKS
2.	Survey Tambang	2 SKS
3.	Surv Pelabuhan & Perairan Pantai	2 SKS
4.	Sistem Inform Geografis Lanjut	2 SKS
5.	Penyeles. Sengketa Pertanahan	2 SKS
	Jumlah SKS semester VI	21 SKS

SEMESTER VII

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Kewirausahaan	2 SKS
2.	Ilmu Lingkungan/AMDAL	2 SKS
3.	Kerja Praktek	2 SKS
4.	Survey Batas Wilayah	2 SKS
5.	Geodesi Fisis	2 SKS
6.	Etika Profesi	2 SKS
7.	KKN	3 SKS
	Mata Kuliah Pilihan 4 SKS	
1.	Survey Deformasi	2 SKS
2.	Penilaian Tanah	2 SKS
3.	Manajemen Proyek	2 SKS
4.	Oceanografi Fisis	2 SKS
	Jumlah SKS semester VII	19 SKS

SEMESTER VIII

No.	Nama Mata Kuliah	SKS
1.	Tugas Akhir	4 SKS

	Jumlah SKS semester VIII	4 SKS
--	--------------------------	-------

5. Kendala dan Upaya Untuk Mengatasi

Dalam pelaksanaan proses pembelajaran dengan kurikulum yang baru tahun 2012 terdapat beberapa kendala dan hambatan antara lain : (a) Keterbatasan sarana dan prasarana; (b) Keterbatasan Tenaga Dosen; (c) Keterbatasan Tenaga Kependidikan dan (d) Keterbatasan dana.

Kendala dan hambatan tersebut secara umum dialami oleh Program Studi yang relatif baru seperti Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP yang berdiri pada tahun 2004.

Untuk mengatasi masalah keterbatasan sarana dan prasarana antara lain keterbatasan peralatan laboratorium, maka telah dilakukan beberapa usaha antara lain :

- Untuk melengkapi kebutuhan peralatan laboratorium di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP, maka tiap tahun selalu menyediakan anggaran untuk pembelian alat-alat laboratorium.
- Untuk memberikan pelatihan penggunaan alat-alat pengukuran seperti Total Station dan GPS antara lain melakukan kerja sama pelatihan dengan instruktur dan alat-alat dari perusahaan agen/distributor alat-alat ukur. Pada umumnya distributor alat bersedia membantu dalam pelatihan tersebut.
- Pada saat liburan semester kami menyarankan kepada mahasiswa untuk magang di kantor instansi pemerintah (misalnya BPN, Pemda Kabupaten, Pemda Kota) dan di instansi swasta (misalnya di Kontraktor dan Konsultan). Upaya ini mendapat tanggapan yang baik dari instansi tempat magang mahasiswa, sehingga pada saat magang mahasiswa mendapat pengalaman praktek lapangan yang menunjang proses pembelajaran Program Studi Teknik Geodesi FT UNDIP. Dengan mengirim mahasiswa magang di suatu instansi, maka mahasiswa mempunyai pengalaman praktis sesuai dengan profesi mahasiswa dimasa yang akan datang.

Selanjutnya untuk mengatasi permasalahan mengenai Keterbatasan Tenaga Dosen, maka dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

- Untuk pengampu mata kuliah yang berhubungan dengan matematika, maka dilakukan kerjasama dengan minta bantuan Staf Pengajar dari Program Studi Matematika Fakultas Sains dan Informatika Universitas Diponegoro.
- Untuk mata kuliah yang berhubungan dengan bidang hidrografi dan oceanografi, maka

dilakukan kerjasama dengan minta bantuan Staf Pengajar dari Program Studi Oceanografi Jurusan Kelautan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Univeritas Diponegoro.

- Mengangkat Dosen Luar Biasa dari luar UNDIP. Misalnya untuk mata kuliah bidang Pertanahan kami mengangkat Dosen Luar Biasa dari Pegawai atau Pensiunan Pegawai dari instansi Badan Pertanahan Nasional. Dengan demikian Dosen Luar Biasa tersebut benar-benar mempunyai kompetensi di bidang pertanahan.

Kemudian untuk mengatasi keterbatasan Tenaga Kependidikan, upaya yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Mengangkat Tenaga Honorer untuk Tenaga Administrasi
- Mengangkat Tenaga Honorer untuk Tenaga Laboran.

Masalah keterbatasan dana merupakan masalah klasik yang dihadapi hampir semua Program Studi Perguruan Tinggi di Indonesia. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka dapat dilakukan kerjasama dengan pihak lain, antara lain dengan instansi pemerintah (BPN, BIG, LAPAN) dan dengan pihak swasta. Khusus untuk pihak swasta, mahasiswa dapat melakukan Kerja Praktek di Perusahaan baik yang berlokasi di Jawa maupun di luar Jawa. Misalnya untuk mahasiswa yang kerja praktek di luar Pulau Jawa, biasanya mahasiswa memperoleh bantuan biaya selama kerja praktek dan juga memperoleh pengalaman praktis yang bermanfaat bagi mahasiswa.

6. Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah kami sajikan dapat diberikan kesimpulan sebagai berikut :

- a. Untuk menyiapkan kurikulum di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP perlu dirumuskan profil lulusan, dilanjutkan penentuan kompetensi dan bidang kajian dengan mempertimbangkan kondisi pada saat ini dan perkiraan kondisi 5 (lima) tahun yang akan datang.
- b. Dalam pembuatan kurikulum di Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP harus memperhatikan peraturan pemerintah dan ketentuan-ketentuan yang ada antara lain adalah : Kepmendiknas Nomor : 045/U/2002, ketentuan dari UNDIP dan juga memperhatikan pasal-pasal yang ada dalam Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial.
- c. Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP 2012 diterapkan pada semester gasal 2012 (September 2012) dan

setelah berjalan 5 (lima) tahun akan dievaluasi kembali untuk diperbarui sesuai dengan kebutuhan yang akan datang.

Ucapan terima kasih

Demikian makalah tentang Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik UNDIP tahun 2012. Selanjutnya kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak terkait antara lain :

1. Ketua LP2MP UNDIP atas masukannya dalam pembuatan kurikulum Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP 2012.
2. Dekan Fakultas Teknik UNDIP yang telah memberikan arahan dan fasilitas dalam proses pembuatan kurikulum Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP 2012.
3. Staf Pengajar Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP yang telah bekerja keras dalam pekerjaan pembuatan kurikulum Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP 2012.
4. Para *stakeholder* (pemangku kepentingan) yang telah memberikan sumbang saran dalam proses pembuatan kurikulum Program Studi Teknik Geodesi FT-UNDIP 2012.
5. Panitia Penyelenggara *The 1st Conference on Geospatial Information Science and Engineering* Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Tahun 2012.

Daftar Pustaka

- Anonim, 2002, Kepmendiknas Nomor : 045/U/2002.
- Anonim, 2004, Proposal Pendirian Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro 2004.
- Anonim, 2007, Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Tahun 2007.
- Anonim, 2011, Undang-Undang Nomor 4 Tahun 2011 Tentang Informasi Geospasial.
- Anonim, 2012, Kurikulum Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Tahun 2012.



Panitia Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika no 2. Bulaksumur Yogyakarta, Indonesia, 55281
Phone/Fax: +62274-520226
CP: Dr.Eng.Purnama Budi Santosa
email: cgise.ugm@gmail.com

ISBN 978-979-98731-4-9



9 789799 873149