

# PROSIDING 4<sup>th</sup> CGISE 2018

Conference of Geospatial Information Science and Engineering  
Yogyakarta, 24-25 Oktober 2018

ISBN: 978-979-98731-9-4



Prosiding

## **Seminar Nasional 4<sup>th</sup> CGISE 2018**

**ISBN: 978-979-98731-9-4**

ISBN 978-979-98731-9-4



Yogyakarta, 25 Oktober 2018

## **Informasi Geospasial Terpadu berbasis Peta Bidang Tanah untuk Mendukung Pembangunan Kota Cerdas**

Penerbit

Departemen Teknik Geodesi

Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Yogyakarta, 2016

Alamat : Jalan Grafika No.2 Bulaksumur, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telpon/Fax : (0274) 520226

E-mail : geodesi@ugm.ac.id

## SUSUNAN PANITIA

### **Pelindung**

Dekan Fakultas Teknik UGM

### **Penanggung Jawab**

Ketua Departemen Teknik Geodesi UGM

### **Panitia Pelaksana**

#### **1. Ketua**

Dr. Ir. T. Aris Sunantyo, M.Sc.

#### **2. Sekretaris**

Bambang Kun C. ST., M.Sc.

Maritsa Faridatunnisa, S.T., M.Eng.

#### **3. Bendahara**

Dr. Dwi Lestari, S.T., M.E.

Yulaikhah, ST. MT.

#### **4. Publikasi dan Perlengkapan**

Dr. Bilal Ma'ruf, ST., MT.

Dany Puguh Laksono, S.T., M.Eng.

#### **5. Workshop dan Sponsorship**

Dedi Atunggal, S.T., MSc.

Dr. Catur Aries Rokhmana

Hilmiyati Ulinnuha, S.T., M.Eng.

#### **6. Seminar dan Protokoler**

Dr. I Made Andi Arsana

Dr. Diyono, ST., MT.

Ir. Gondang Riyadi, Dip.C., MT.

#### **7. Sekretariat**

Fadilla Ivana Ayuningtyas

Mohamad Bagas Setiawan

Rafif Fadhil

Safira Naomi Sugianto

Jongko Satrio Aji

### **Mitra Bestari**

1. D.Eng. Purnama Budi Santosa, S.T., M.App.Sc.
2. Ir. Parseno, MT.
3. Ir. Rochmad Muryamto, M.Eng.Sc.

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb.

Puji syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, yang telah memberikan kita anugerah tinggal di sebuah bangsa yang besar dengan sumberdaya manusia yang memiliki kemampuan geospasial yang baik. Semoga kita dapat memberikan manfaat dan sumbangsih kepada bangsa dan negeri kita tercinta.

Perancangan dan pengelolaan sebuah kota untuk menjamin layanan masyarakat berjalan dengan baik dan berkelanjutan penting dilakukan. Pembangunan kota cerdas dewasa ini menjadi hal yang diupayakan oleh pemimpin daerah untuk menyediakan wilayah hunian dan beraktifitas yang nyaman bagi masyarakatnya untuk memperoleh layanan yang menjadi haknya. Salah satu faktor penting untuk mewujudkannya adalah ketersediaan informasi geospasial dengan pemahaman keruangan yang rinci dan komprehensif. Oleh karena itu, Departemen Teknik Geodesi melalui kegiatan dua tahunan berupa 4th Conference of Geospatial Information Science and Engineering (CGISE ke-4) tahun 2018 mengusung tema "Informasi Geospasial Terpadu berbasis Peta Bidang Tanah untuk Mendukung Pembangunan Kota Cerdas". Diharapkan pertemuan antara para akademisi, ilmuwan, profesional dan praktisi di bidang geospasial dalam kegiatan tersebut dapat memunculkan ide-ide dan inovasi terbaru yang bersifat solutif terhadap permasalahan yang ada.

Kepada para pembaca, pemakalah, peserta, beserta semua pihak yang mendukung terselenggaranya kegiatan ini diucapkan terimakasih.

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta, 25 Oktober 2018  
Ketua Departemen Teknik Geodesi FT-UGM

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

## DAFTAR ISI

JUDUL .....	i
SUSUNAN PANITIA.....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	iv
<b>Pemanfaatan Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Mendukung Pemetaan Desa (Studi kasus: Desa Mlatiharjo, Kabupaten Demak) .....</b>	<b>1</b>
Bambang Sudarsono, Arief L. Nugraha, Fauzi Janu Amarrohman .....	1
<b>SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS 3 DIMENSI UNTUK Mendukung OPTIMALISASI MANAJEMEN ASET VERTIKAL .....</b>	<b>8</b>
Nikma Fista Safrina., S.T.....	8
<b>INSONERTIAL: Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa .....</b>	<b>14</b>
Novandi Resya Riandika, Bella Nuraini, Arifian Kusuma Hapsari, Pachira Eizza Paramitha, Yusuf Harry Saputro.....	14
<b>Transformasi Sistem Pemantauan Bumi Nasional Bidang Maritim Berbasis Online .....</b>	<b>21</b>
Gusti Darma Yudha, Syaiful Muflichin Purnama, Liana Fibriawati .....	21
<b>PEMETAAN BATHIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN USV UNTUK ANALISIS KEDALAMAN WADUK ( Studi Kasus ; Waduk Pendidikan Diponegoro Semarang ).....</b>	<b>26</b>
B.D. Yuwono, R. Pradipta .....	26
<b>PERHITUNGAN DATA PASANG SURUT AIR LAUT MENGGUNAKAN METODA ADMIRALTY UNTUK MENENTUKAN KONSTANTA HARMONIK PASANG SURUT AIR LAUT STUDI KASUS : DERMAGA BELANGBELANG – MAMUJU SULAWESI BARAT .....</b>	<b>32</b>
Ahmad Lufti Ibrahim, Jeri Kurniawan, Dessy Apriyanti .....	32
<b>Akuisisi Data Stasiun Pasang Surut untuk Datum Pasang Surut 2036.....</b>	<b>37</b>
Dina Fitriana, M. Irpan Setyawan .....	37
<b>Analisis Perbandingan Pemantauan Penurunan Muka Tanah Metode Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar dan Persistent Scatterer Interferometric Aperture Radar di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak Tahun 2016 - 2017 .....</b>	<b>41</b>
Reyhyan Azeriansyah .....	41
<b>Perhitungan Pergeseran Lokal Sesar Baribis menggunakan Parameter Kutub Euler Blok Sunda.....</b>	<b>46</b>
Ridho Ilahi, Leni Sophia Heliani .....	46

<b>NTRIP superRTK MAPPING survey pemetaan TERKINI dan masa depan di Indonesia .....</b>	<b>52</b>
Suwardi, Djatmiko , Bambang Haryanto.....	52
<b>Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap di Daerah Rural dan Urban, Permasalahan dan Alternatif Solusi .....</b>	<b>60</b>
Muh Arif Suhattanto .....	60
<b>Menuju percepatan Pendaftaran tanah di Indonesia .....</b>	<b>65</b>
Bambang Haryanto .....	65
<b>Mendefinisikan Kebijakan Satu Peta Nasional Skala Besar .....</b>	<b>72</b>
Hendry Yuli Wibowo .....	72
<b>Analisis Ketelitian Luas Bidang Tanah dari Hasil Ukuran Koordinat dengan Survei GNSS Metode RTK-Radio dan RT-PPP .....</b>	<b>76</b>
Nurrohmat Widjajanti, Naveda Harditya Pratama .....	76
<b>Pemanfaatan “Expandable-GNSS” untuk Pengukuran Kadastral Berbiaya Rendah .....</b>	<b>82</b>
Rizka Dita Samsudin Al Chodiq, Tanjung Nugroho, S.T.,M.Si., Bambang Suyudi, S.T.,M.T.....	82
<b>Kalibrasi Kamera Digital untuk Keperluan Mobile Mapping .....</b>	<b>87</b>
Parningotan Hasudungan Situmorang, Catur Aries Rokhmana .....	87
<b>Evaluasi Jaring Pemantauan Sesar Opak Segmen Segoroyoso Hasil Survei GNSS Tahun 2013 dan Tahun 2017.....</b>	<b>93</b>
Dedi Atunggal, Bilal Ma’ruf, Hilmiyati Ulinnuha.....	93
<b>Model 3D Bangunan Gedung Pusat UGM Berbasis Geospasial .....</b>	<b>97</b>
Djurdjani, Istarno, Herry Supriyanto. ....	97
<b>PEMETAAN DASAR LAUT MENGGUNAKAN DATA HASIL PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER PADA PELABUHAN MERAK .....</b>	<b>104</b>
Herry Supriyanto, Istarno.....	104
<b>Evaluasi Metode Pengukuran Batimetri dan UAV untuk Mendukung Pembangunan Infrastruktur Pelabuhan Tanjung Adikarto .....</b>	<b>115</b>
Maritsa Faridatunnisa, Hilmiyati Ulinnuha, Jongko Satrio Aji1, Kholqi Azam, Abdul Basith.....	115
<b>Analisis Lokasi Rawan Rendah di Propinsi Sulawesi Tengah Dan Kota Palu Berdasarkan Letak Sesar dan Data ShakeMap BMKG Paska Gempabumi Palu-Donggala 28 September 2018 .....</b>	<b>121</b>
Telly Kurniawan, Supriyanto Rohadi, Rasmid, Sulastri, Asep Nur Rachman, Bambang Sunardi ...	121

<b>Kaitan Penurunan Muka Tanah Dari Citra Sentinel 1A dan Muka Air Tanah Di Kota Semarang Tahun 2016-2017 .....</b>	<b>127</b>
Yoanna Anita Christy, Abdul Basith.....	127
<b>Analisis Tingkat Kerawanan Kemiskinan di Kota Banda Aceh dengan Metode Analytical Hierachy Process (AHP) .....</b>	<b>132</b>
Freddy Sapta Wirandha, Purnama Budi Santosa .....	132

## Prosiding CGISE

# Pemanfaatan Aplikasi Sistem Informasi Geografis dalam Mendukung Pemetaan Desa (Studi kasus: Desa Mlatiharjo, Kabupaten Demak)

Bambang Sudarsono<sup>1,2</sup>, Arief L. Nugraha<sup>1</sup>, Fauzi Janu Amarrohman<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia

<sup>2</sup> Pusat Pengembangan Infrastruktur Data Spasial, Universitas Diponegoro

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

SIG, Peta Desa, Infrastruktur Data Spasial

#### Corresponding Author:

Bambang Sudarsono

Email: bambang\_f220@yahoo.com

### ABSTRACT

Undang Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah dan Undang Undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa mendorong setiap Pemerintah Kabupaten/ Kota sampai pada unit terkecil administrasi yaitu desa menjadi daerah yang otonom. Dengan kondisi tersebut, maka setiap desa dituntut untuk dapat mengembangkan dan mengoptimalkan semua aset daerah dalam rangka meningkatkan kesejahteraan masyarakat setempat. Pengembangan dan pengoptimalkan aset daerah tersebut dapat diupayakan dengan menginventarisasi dan merekam data secara spasial atau berbasis keruangan geografis. Hal ini didasari dengan Undang Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial, yaitu segala data yang mengandung unsur spasial perlu dipetakan dalam rangka penyediaan data dan informasi geospasial nasional yang relevan dengan kenyataan yang ada di lapangan. Oleh karena itu desa dituntut untuk menyediakan data desa yang bersifat spasial sampai dengan menyajikan informasinya dalam bentuk peta. Data dan informasi tersebut haruslah memiliki kehandalan dan keakuratan yang baik sehingga penyajian informasi keruangannya akan sesuai dengan kondisi nyata di lapangan. Hal ini hanya dapat diperoleh jika proses pengumpulan data dan pengolahan serta penyajian data dan informasinya dilakukan dengan teknik-teknik pemetaan yang baik. Pengumpulan data dilakukan dengan melakukan survey dan koleksi data sarana dan prasarana Desa Mlatiharjo, Demak dengan menggunakan aplikasi penentuan posisi dengan smarthphone, pengolahan dan penyajian data aset desa dilakukan dengan aplikasi Sistem Informasi Geografis sampai memperoleh peta desa yang lengkap dan informatif. Hasil luaran yang diperoleh adalah data spasial yang akurat dan teliti sebagai sumber data desa dan aplikasi peta desa berbasis komputer desktop sehingga dapat dikembangkan untuk pembuatan atau pembentukan Infrastruktur Data Spasial Desa.

## 1. Pendahuluan

Tujuan pembangunan daerah adalah untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat sesuai dengan amanat Undang Undang Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah. Oleh karena itu maka kecepatan optimalisasi pembangunan yang dimaksud akan sangat ditentukan oleh kapasitas dan kapabilitas sumber daya alam maupun manusia. Di dalam Undang Undang tersebut juga diterangkan bahwa perencanaan pembangunan

daerah didasarkan pada data dan informasi yang akurat dan dapat dipertanggungjawabkan. Untuk memperkuat alasan bagi unit terkecil administrasi negara dalam meningkatkan pembangunan di daerahnya masing-masing maka ditambahkan pula Undang Undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa. Berkaitan dengan hal tersebut, maka setiap daerah wajib untuk melakukan pendataan atas segala aset daerah yang ada untuk mendukung pembangunan daerah yang bersangkutan. Selanjutnya pemetaan atas segala unsur spasial atau keruangan perlu dilakukan dalam rangka penyediaan data dan informasi

geospasial nasional yang relevan dengan kenyataan di lapangan sesuai dengan Undang Undang Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.

Berdasarkan ketiga undang-undang tersebut, maka pemerintah daerah wajib menyediakan data dan melakukan pemetaan terhadap informasi-informasi yang menjadi dasar dalam perencanaan pembangunan mulai dari tingkat pedesaan. Sebagai dasar pendataan dan pemetaan untuk pembangunan daerah adalah pemetaan desa, dimana dengan melakukan pemetaan desa, informasi riil yang ada di lapangan dapat disajikan sesuai dengan kondisi sebenarnya (Sudarsono & Nugraha, 2018). Data yang dimasukkan dalam sebuah peta dapat berupa data kualitatif dan kuantitatif (Setiawan, 2015). Kondisi pendataan potensi desa sekarang ini hanya didasarkan atas hitungan-hitungan di atas kertas tanpa melakukan pemetaan langsung di lapangan (Hapsari & Cahyono, 2014). Hal tersebut menjadi permasalahan tersendiri dimana informasi hasil dari pendataan tersebut tidak mempunyai dasar secara spasial sehingga keakuratan data menjadi kurang. Oleh karena itu, pendataan seharusnya dilakukan dengan pemetaan langsung di lapangan sehingga menghasilkan informasi yang akurat, handal, dan dapat dipertanggung jawabkan untuk dijadikan dasar dalam perencanaan pembangunan desa.

Kabupaten Demak sebagai salah satu kabupaten di Jawa Tengah terletak pada koordinat 6043'26" – 7009'43" Lintang Selatan dan 110027'58" – 110048'47" Bujur Timur memiliki luas 89.743 hektar yang terbagi menjadi 14 kecamatan, 243 desa dan 6 kelurahan (BPS Kabupaten Demak, 2018). Kabupaten Demak memiliki potensi besar di bidang pertanian dan bidang pariwisata. Salah satu desa yang memiliki potensi besar pada bidang pertanian, perkebunan, dan pariwisata di Kabupaten Demak adalah Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah. Secara administratif luas Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, Kabupaten Demak adalah 357 hektar. Penggunaan lahan di desa ini mayoritas adalah persawahan yang mencapai 52,315 hektar (BPS Kabupaten Demak, 2018). Dalam hal prestasi, Desa ini memiliki cukup prestasi yang mumpuni yaitu sebagai Desa inovasi pertanian, dan sebagai Cluster Pertanian Organik di Jawa Tengah. Infrastruktur yang ada di Desa ini juga telah berkembang, mulai dari jalan-jalan yang telah di beton sampai ke saluran irigasi yang memadai.

Berdasarkan potensi-potensi tersebut maka diperlukan pendataan aset desa yang akurat sehingga informasi atas potensi desa tersebut tidak ambigu. Dengan kata lain bahwa perencanaan pembangunan haruslah didukung dengan data dan informasi spasial yang baik sehingga tidak terjadi tumpang tindih pembangunan yang bisa mengakibatkan tidak meratanya pembangunan di seluruh wilayah desa. Oleh karena itu diperlukan proses pemetaan atas aset-aset desa secara lengkap dan sesuai kondisi nyata di lapangan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografis. Pemetaan sendiri mempunyai arti melakukan penggambaran geografis sebagai representasi kenyataan yang ada di bumi dengan tujuan untuk mendapatkan peta (Utami, 2013). Sedangkan, Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan sebuah sistem komputer yang memiliki kemampuan untuk mengambil, menyimpan, menganalisa, dan menampilkan informasi dengan referensi geografis (Budianto, 2010). Sampai pada akhirnya akan tercapainya salah satu program pemerintah yaitu mewujudkan Infrastruktur Data Spasial (IDS) Desa sebagai bagian dari Infrastruktur Data Spasial Nasional (IDSN) yang selaras dengan program nasional *One Map Policy*.

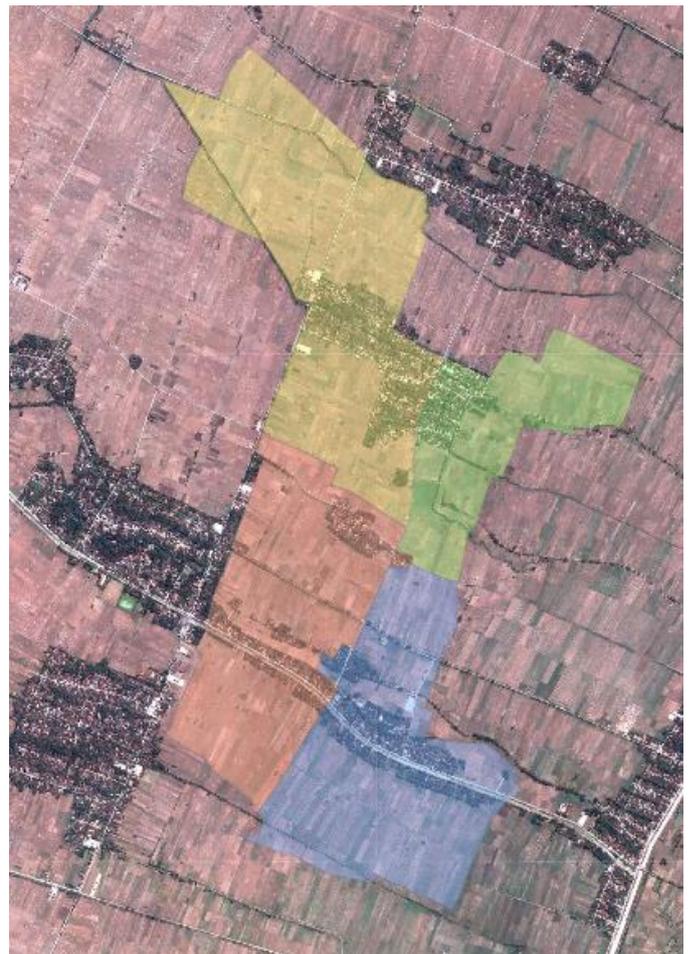
## 2. Data dan Metodologi

Penelitian ini merupakan hasil program pendampingan bagi aparat desa Mlatiharjo, Demak untuk kemandirian dalam mengembangkan peta desa demi terciptanya data spasial tingkat desa sehingga mendukung IDSN.

### 2.1. Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini berada di Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, kabupaten Demak, Provinsi Jawa Tengah dengan posisi geografis 6°55'35" – 6°52'20" LS dan 110°45'50" - 110°47'50" BT. Desa Mlatiharjo memiliki luas wilayah sebesar 3.57 km<sup>2</sup> (BPS Kabupaten Demak, 2017). Gambar 1. berikut menunjukkan area lokasi penelitian.

Letak geografis Desa Mlatiharjo berada di wilayah timur Kabupaten Demak dan memiliki relief dataran rendah ±6 meter di atas permukaan laut. Jarak tempuh ke ibukota kecamatan sejauh ±7 km, dan jarak tempuh ke Ibu Kota Kabupaten sejauh ±17 km. Desa ini memiliki jumlah penduduk sebesar 2.402 jiwa, dengan mayoritas mata pencaharian sebagai petani (BPS Kabupaten Demak, 2017). Desa Mlatiharjo memiliki perkembangan yang baik dimana desa ini merupakan desa inovasi pertanian dan sebagai cluster pertanian organik Jawa Tengah. Infrastruktur Desa Mlatiharjo sudah cukup bagus yang dapat dilihat dengan betonisasi jalan dan saluran irigasi yang memadai.



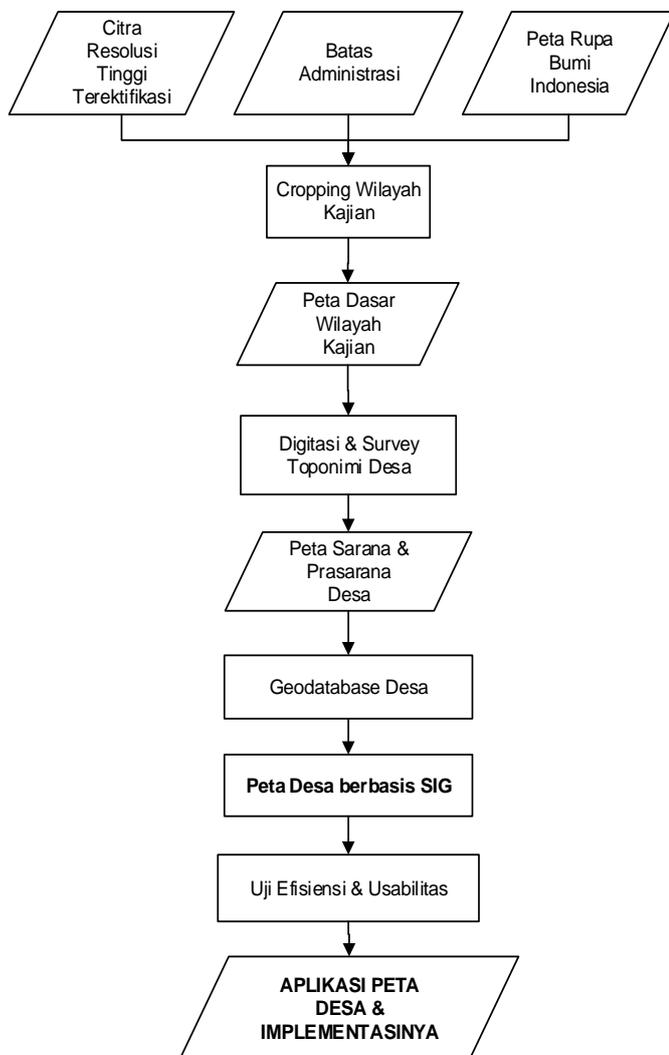
Gambar 1. Peta lokasi kajian

Data dan bahan yang telah dikumpulkan dalam program ini adalah sebagai berikut:

1. Data BPS Kabupaten Demak 2017
2. Citra Satelit Resolusi Tinggi 2016 (BIG)
3. Catatan demografi Desa Mlatiharjo, Demak
4. Perangkat lunak SIG: ArcGIS 10.4 (Esri Indonesia), dan CarryMap 3.12 (Data East)
5. Perangkat Keras: PC *Desktop*, *Tablet*, dan *Smartphone* berbasis Android

## 2.2. Metodologi

Metodologi pelaksanaan kajian dapat dilihat pada diagram alir pelaksanaan kajian yang disajikan pada gambar 2, yang menunjukkan bahwa luaran atau produk dari penelitian ini adalah peta desa, pembangunan peta desa berbasis SIG, pembangunan aplikasi peta desa berbasis komputer, dan pengujian efisiensi dan kebergunaan (usabilitas) aplikasi peta hasil, yang mendukung terselesenggaranya program pembangunan Data Spasial Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, Kabupaten Demak, guna membantu terciptanya infrastruktur daerah/nasional yang lebih lengkap.



Gambar 2. Diagram alir pelaksanaan kajian

Detail penjelasan mengenai diagram alir pelaksanaan kajian dapat dijelaskan sebagai berikut:

### a. Penentuan Batas Area Penelitian

Batas area penelitian ditentukan berdasarkan batas administratif desa yang dilaksanakan secara partisipatif dengan melibatkan aparat desa yang mengetahui batas desa secara tepat. Pelaksanaan penentuan batas Desa Mlatiharjo dilakukan secara teknis menggunakan bantuan citra satelit resolusi tinggi yang telah terortorektifikasi dan peta batas administrasi Kabupaten Demak. Jenis batas yang deliniasi adalah batas desa dan batas rukun warga (RW) di Desa Mlatiharjo.

### b. Digitasi Penggunaan Lahan Desa

Untuk melengkapi penyajian peta desa, maka perlunya visualisasi penggunaan lahan di desa. Penyajian penggunaan lahan dilakukan mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa dengan data dasarnya menggunakan citra satelit resolusi tinggi yang telah terortorektifikasi pada perekaman tahun 2015. Proses untuk mendapatkan peta penggunaan lahan dilakukan dengan cara digitasi on screen dengan perangkat lunak SIG.

### c. Survey Toponimi Sarana dan Prasarana Desa

Setelah diketahuinya batas wilayah desa, dilakukanlah survey toponimi sarana dan prasarana yang ada di Desa. Sarana dan prasarana desa yang disurvei yaitu perkantoran, sekolah, masjid/musholla, makam, lapangan, dan lain-lain. Selain hal tersebut, dilakukan survey jalan dan sungai yang ada di desa. Kategori dalam survey toponimi ini disesuaikan dengan klasifikasi sarana dan prasarana desa mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa. Survey toponimi ini dilakukan dengan penggunaan GPS navigasi dan aplikasi penentuan posisi yang ada pada smartphone untuk identifikasi posisi/lokasi sarana dan prasarana. Pelaksanaan survey ini juga didampingi oleh aparat desa untuk mengetahui sebaran sarana dan prasarana desa.

### d. Pembuatan Peta Desa Berbasis SIG

Dari data dasar yang diperoleh melalui kegiatan sebelumnya, dilakukan pembuatan peta dasar desa berbasis SIG. Peta Desa berbasis SIG merupakan data spasial yang didalam terdapat atribut keterangan dari data spasial tersebut dari layer-layer yang dibuat mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa. Peta dasar desa ini terdiri dari beberapa layer yaitu layer batas, layer jaringan jalan, jaringan sungai, sarana dan prasarana desa, dan layer penggunaan lahan.

### e. Pembuatan Aplikasi Peta Desa Berbasis Komputer

Pembuatan aplikasi Peta Desa dilakukan dengan menggunakan Carry Map, yang merupakan ekstensi dari perangkat lunak ArcGIS dalam membangun aplikasi peta desa berbasis komputer desktop. Pembangunan aplikasi peta desa divisualisasikan dengan simbologi yang mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa, melalui style geosiana desa. Pada akhirnya, aplikasi peta desa ini dapat dijalankan tanpa menggunakan perangkat lunak SIG utama dalam mengakses aplikasi tersebut.

### f. Pengujian Efisiensi dan Kebergunaan (Usabilitas) Aplikasi Peta Desa

Pengujian efisiensi dan kebergunaan aplikasi Peta Desa Mlatiharjo dilakukan secara objektif kepada perangkat Desa Mlatiharjo melalui pengisian kuesioner dan wawancara langsung kepada responden pengguna aplikasi peta Desa Mlatiharjo.

Pertanyaan pada kuesioner dibagi menjadi tiga bagian, yaitu bagian identifikasi responden, pengujian efisiensi aplikasi peta Desa Mlatiharjo, dan pengujian kebergunaan (usabilitas) peta Desa Mlatiharjo. Pengujian Efisiensi dan Kebergunaan Aplikasi, memiliki nilai tertinggi yang bisa didapatkan dari pengujian untuk masing-masing komponen adalah 100 sedangkan nilai terendahnya 40. Nilai tersebut didapatkan dengan mengalikan poin dan jumlah responden untuk setiap jawaban dari pertanyaan pada masing-masing komponen. Banyaknya kelas kriteria yang akan dibuat pada hasil akhir pengujian efisiensi dan kebergunaan ini adalah sebanyak 4 kelas, yaitu:

- A. Komponen Efisiensi
  1. Kriteria "Sangat Efisien"
  2. Kriteria "Efisien"
  3. Kriteria "Cukup Efisien"
  4. Kriteria "Kurang Efisien"
- B. Komponen Kebergunaan
  1. Kriteria "Sangat Berguna"
  2. Kriteria "Berguna"
  3. Kriteria "Cukup Berguna"
  4. Kriteria "Kurang Berguna"

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan dalam penelitian ini terbagi menjadi tiga bagian yaitu hasil pembentukan peta desa dari hasil penentuan batas desa, survey toponimi, dan digitasi penggunaan lahan, penyajian peta desa pada aplikasi di komputer atau personal computer (PC), dan hasil pengujian penggunaan (usabilitas). Penyajian peta desa dilakukan mengacu pada Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (PERKA BIG) No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa.

#### 1.1. Hasil dan Pembahasan Hasil Peta Desa Mlatiharjo

Hasil dalam penetapan batas desa didapat cakupan wilayah dari Desa Mlatiharjo seluas 357 hektar dengan batas administrasi rukun warga (RW) yang terdiri dari 4 (empat) RW. Hasil pemetaan batas desa yang dijadikan area kajian ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pemetaan batas wilayah desa

Untuk penetapan batas dilakukan secara kartometrik dengan partisipasi dari aparat dan masyarakat desa. Itu itu batas yang dihasilkan masih bersifat indikatif.

Hasil dari survey toponimi di area penelitian yaitu Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, Kabupaten Demak diperoleh rekapitulasi sarana dan prasarana yang ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Rekapitulasi sarana dan prasarana di Desa Mlatiharjo

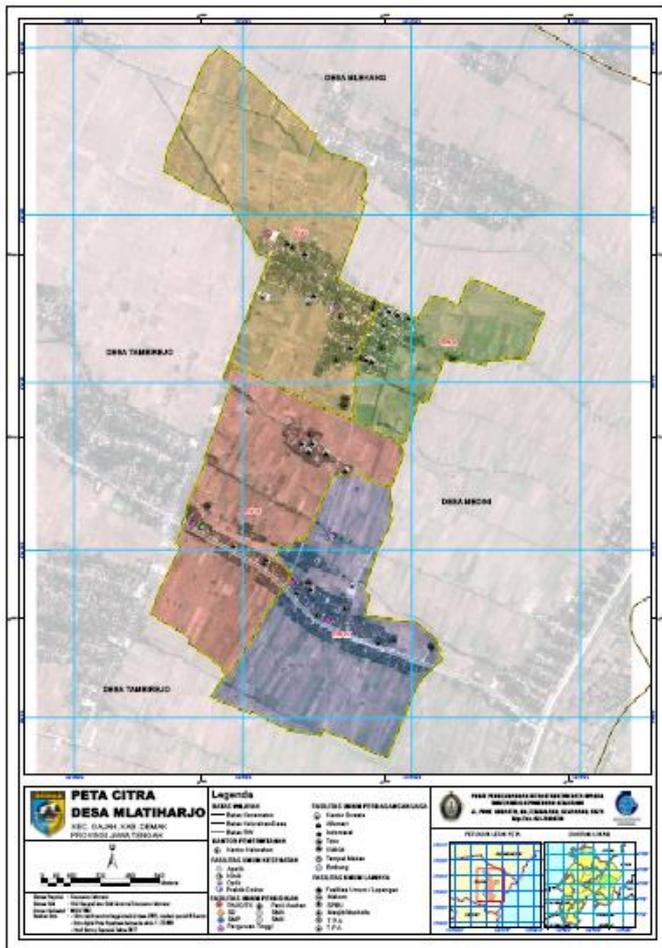
Jenis sarana dan prasarana	Jumlah
Agrowisata	2
Perkantoran	2
Makam	7
Penggilingan Padi	3
Sekolah	6
Tempat Ibadah	12
UKM	18
Unit Kesehatan	1

Berdasarkan hasil tersebut, sarana dan prasarana Desa Mlatiharjo didominasi UKM dengan jumlah cukup banyak yaitu 18 lokasi. Untuk sekolah cukup merata hanya untuk unit kesehatan masih kurang, hanya satu lokasi saja. Terkait sarana dan prasarana yang baik di Desa Mlatiharjo adalah terdapatnya agrowisata yang menjadi objek unggulan di Desa Mlatiharjo. Hasil pemetaan sarana dan prasarana Desa Mlatiharjo ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil pemetaan sarana dan prasarana serta penggunaan lahan

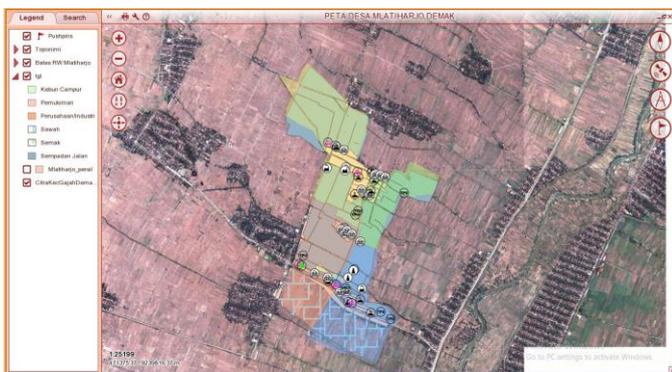
Dari ketiga peta tematik desa (peta batas desa, peta sarana prasarana, dan peta penggunaan lahan) tersebut kemudian dilakukan penyajian peta desa dengan kartografis yang sesuai dengan Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No. 3 Tahun 2016 tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa, dihasilkan peta desa yang merupakan luaran dari kegiatan ini, disajikan seperti Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Peta Desa dengan penyajian sesuai dengan Perka BIG no. 3 Tahun 2016

### 1.2. Hasil dan pembahasan Peta Desa Mlatiharjo berbasis SIG dan Aplikasinya

Dari pemetaan dasar desa dilakukan penambahan atribut yang diperlukan untuk tiap layer yang kemudian dijadikan geodatabase dalam perangkat lunak SIG sehingga dihasilkan Peta Desa berbasis SIG, dengan tampilan Gambar 6 sebagai berikut.

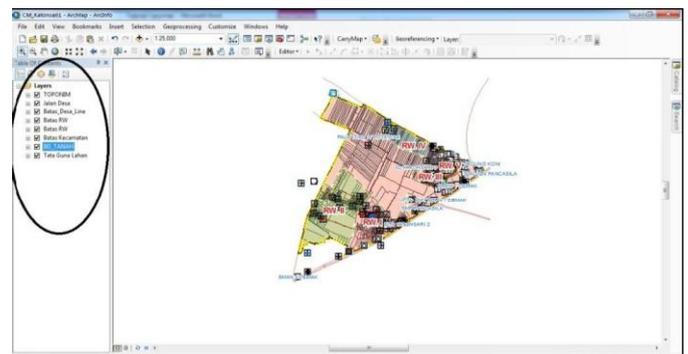


Gambar 6. Tampilan Aplikasi Peta Desa Mlatiharjo

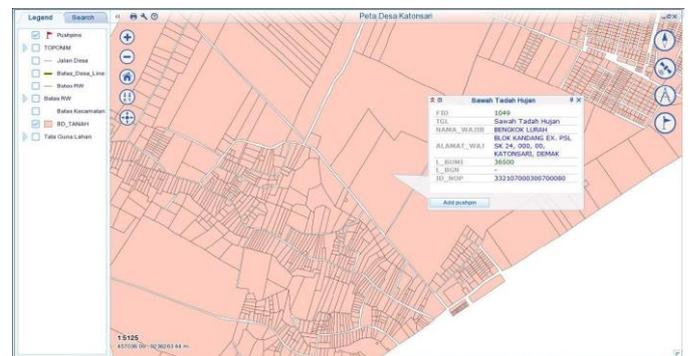
Dengan adanya peta desa berbasis Sistem Informasi Geospasial ini, pengguna aplikasi mampu melakukan analisis

se sederhana seperti pengukuran jarak, pengukuran luas, pencarian lokasi, dan lain-lainnya. Dengan peta desa berbasis Sistem Informasi Geospasial ini juga dapat dilakukan updating data, baik data spasial maupun data atribut sehingga perkembangan desa dapat direpresentasikan ke dalam aplikasi peta berbasis Sistem Informasi Geospasial tersebut.

Untuk Aplikasi Peta Desa berbasis komputer desktop mempermudah aparat desa melakukan presentasi desa di lingkungan warga maupun instansi pemerintah dan swasta mengenai promosi desa dan rencana pembangunan desa. Untuk fitur-fitur aplikasi yang dapat mendukung kegiatan tersebut yaitu (1) visualisasi layer-layer data spasial batas RW, batas dan kepemilikan persil, penggunaan lahan, dan titik-titik sarana dan prasarana desa; (2) Fitur pencarian kepemilikan persil berdasarkan data pajak bumi dan bangunan (PBB); (3) penarikan jarak dan luas dari lahan desa, seperti yang terlihat dalam gambar 7. Untuk Aplikasi Peta Desa berbasis *smartphone* membantu aparat desa meng-*update* data secara langsung di lapangan, dapat digunakan untuk navigasi yang ada di wilayah desa. Hal tersebut membantu sekali bagi aparat desa mengenali wilayah administrasinya sehingga dapat meningkatkan pelayanan terhadap warga desa. Kemudian fitur-fitur yang membantu tujuan tersebut yaitu sama dengan fungsi fitur dari aplikasi desktop ditambah dengan fungsi A-GPS sehingga lokasi *user* saat mengakses aplikasi pada *smartphone* dapat terdeteksi dalam aplikasi tersebut dan dapat mengambil titik baru saat melakukan *marking* di lapangan, seperti yang terlihat dalam gambar 8.

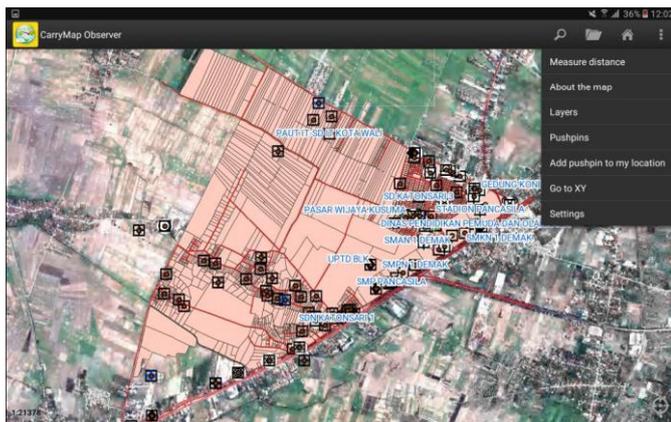


(1) Fitur visualisasi layer-layer peta desa



(2) Fitur pencarian data kepemilikan persil

Gambar 7. Fitur-fitur aplikasi Peta Desa Mlatiharjo berbasis komputer desktop



(1) Fitur visualisasi layer-layer pada *smartphone*



(2) Fitur A-GPS untuk mengetahui lokasi *user*

Gambar 8. Fitur-fitur aplikasi Peta Desa Mlatiharjo berbasis *smartphone*

### 1.3. Hasil dan Pembahasan Uji Efisiensi dan Kebergunaan (Usabilitas) Aplikasi Peta Desa Mlatiharjo

Hasil pengujian aplikasi peta Desa Mlatiharjo berbasis komputer yang dilakukan melalui penilaian dengan kuesioner terhadap beberapa responden, diperoleh nilai efisiensi penggunaan sangat efisien. Hal tersebut menggambarkan bahwa aplikasi peta Desa Mlatiharjo sangat efektif dalam menggambarkan kondisi sarana dan prasarana beserta data dan informasi mengenai kondisi Desa Mlatiharjo dengan aplikasi yang mudah diakses, seperti tercatat pada tabel 2. Sedangkan pengujian kebergunaan (usabilitas) terhadap aplikasi peta Desa Mlatiharjo diperoleh nilai sangat berguna, seperti tercatat pada tabel 3. Dengan demikian aplikasi peta Desa Mlatiharjo yang dihasilkan menurut hasil pengujian mampu memberikan data dan informasi yang jelas dan tepat dalam penyajiannya mengenai potensi desa yang ada.

Tabel 2. Penilaian Tingkat Efisiensi Aplikasi

No	Komponen Penilaian	Nilai
1	Bagaimana tampilan aplikasi peta desa Mlatiharjo berbasis SIG ini?	92
2	Apakah anda dapat dengan mudah menggunakan navigasi atau tombol-tombol pada aplikasi ini?	87
3	Apakah anda memahami fitur yang disajikan	88

aplikasi ini?

Rata-rata

89

Tabel 3. Penilaian Tingkat Kebergunaan Aplikasi

No	Komponen Penilaian	Nilai
1	Apakah anda merasa bahwa aplikasi peta desa Mlatiharjo berbasis SIG ini bermanfaat?	96
2	Apakah anda merasa membutuhkan aplikasi peta desa Mlatiharjo berbasis SIG tersebut suatu saat nanti?	84
Rata-rata		90

## 4. Kesimpulan

Dalam pembuatan peta Desa Mlatiharjo, dilakukan pelibatan aparat desa untuk mengetahui gambaran kondisi desa dan kemudian dibuat aplikasi sederhana yang mampu digunakan oleh pengguna dalam memperbaharui data desa, sehingga tercipta peta Desa Mlatiharjo berbasis sistem informasi geografis yang sesuai dengan kondisi sebenarnya di lapangan. Pemanfaatan aplikasi sistem informasi geografis untuk pemetaan desa dalam kajian ini menghasilkan peta desa yang handal dan akurat, serta mampu memberikan informasi yang lengkap mengenai aset maupun sarana dan prasarana yang ada di Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, kabupaten Demak. Berdasarkan pengujian keefisienan penggunaan aplikasi peta Desa Mlatiharjo memperoleh nilai sangat efisien dimana aplikasi dapat digunakan untuk mendapatkan data dan informasi secara jelas dan lengkap mengenai potensi desa dan sarana prasarana yang ada di Desa Mlatiharjo. Sedangkan berdasarkan hasil pengujian kebergunaan (usabilitas) diperoleh hasil bahwa aplikasi peta Desa yang dihasilkan penelitian ini memiliki nilai kebergunaan sangat berguna untuk mengidentifikasi potensi, aset, sarana dan prasarana yang ada di Desa Mlatiharjo, Kecamatan Gajah, Kabupaten Demak.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Badan Informasi Geospasial atas bantuan dana untuk melaksanakan penelitian ini, aparat Desa Mlatiharjo, dan kepada LPPM Universitas Diponegoro.

## 6. Referensi

- Badan Informasi Geospasial. 2016. *Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial Nomor 3 Tahun 2016 Tentang Spesifikasi Teknis Penyajian Peta Desa*. Bogor.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Kecamatan Gajah Dalam Angka 2017*.
- Badan Pusat Statistik. 2018. *Kabupaten Demak Dalam Angka 2018*.
- Budianto, Eko. 2010. *Sistem Informasi Geografis dengan Arc View GIS*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Hapsari, H. & Cahyono, A.B. 2014. *Pemetaan Partisipatif Potensi Desa (Studi Kasus: Desa Selopatak, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto)*. GEOID, Vol. 10 No. 1. pp. 99-103.
- Republik Indonesia. 2004. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2004 Tentang Pemerintah Daerah*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2004, Nomor 125. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Republik Indonesia. 2011. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2011, Nomor 49. Sekretariat Negara. Jakarta.

- Republik Indonesia. 2014. *Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa*. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2014, Nomor 7. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Setiawan, K. 2015. *Pemetaan Data Monografi Kecamatan Pringsewu Tahun 2014*. Laporan Tugas Akhir. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Lampung.
- Sudarsono, B dan Nugraha, A.L. 2018. *Kajian Pendampingan Aparat Desa Dalam Kemandirian Pemetaan Infrastruktur Dan Potensi Desa (Studi Kasus: Desa Katonsari, Kabupaten Demak)*. Jurnal Ellipsoida Vol 1 No 1. Teknik Geodesi FT Undip. Semarang
- Utami, Westi. 2013. *Infrastruktur Data Spasial Nasional/Daerah dalam Penyusunan Peta Risiko Bencana Sebagai Upaya Disaster Risk Reduction (DRR)*. Forum Ilmiah Tahunan Ikatan Surveyor Indonesia (ISI). Yogyakarta.

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS 3 DIMENSI UNTUK MENDUKUNG OPTIMALISASI MANAJEMEN ASET VERTIKAL

Nikma Fista Safrina., S.T.

SuperMap Software Co.,Ltd. , Indonesia

### ARTICLE INFO

Article History:

Keywords:

3D, 3D GIS, SuperMap, SuperMap GIS, 3D kadaster, aset manajemen

Corresponding Author:

Nikma Fista Safrina., S.T

Email: nikmafista@gmail.com

### ABSTRACT

Era digital berkembang sangat cepat di penjuru dunia. Perkembangan digital mulai diterapkan untuk mendukung optimalisasi pekerjaan di berbagai bidang, seperti manajemen aset. Indonesia merupakan negara yang mempunyai banyak pulau dan lahan yang luas. Berfokus pada daerah perkotaan, Indonesia memiliki banyak gedung tinggi seperti kantor, tempat tinggal, apartemen. Hal ini menunjukkan bahwa saat ini aset tidak hanya berupa tanah/bangunan. Namun dapat berupa lantai/ruangan.

Untuk menuju negara digital, menampilkan data dengan mudah dan informatif merupakan hal yang penting. Bisa dirasakan bahwa aset di era ini tumbuh secara vertikal di daerah perkotaan. Tulisan ini akan menunjukkan cara sederhana bagaimana menampilkan informasi dan analisis dalam model 3D mengenai informasi aset dari setiap lantai atau setiap ruangan di bangunan berdasarkan data 2D. Yang perlu kita persiapkan adalah data spasial dan atribut. Data spasial dibagi menjadi dua; yaitu lokasi bangunan dan denah lantai. Data atribut dibagi menjadi dua; yaitu informasi tentang aset dan ketinggian setiap lantai. Dari tulisan ini, penulis menarik kesimpulan bahwa membuat, menampilkan informasi serta melakukan analisis model 3D bangunan dapat dilakukan dengan sederhana. Hasil dari informasi dan model 3D dapat digunakan oleh pemerintah/system integrator dan lainnya untuk mendukung optimalisasi pengelolaan data dari aset vertikal.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara kepulauan dengan luas 1.913.578, 68 km<sup>2</sup> berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2016. Dari luas wilayah daratan Indonesia, area perkotaan menyumbang luas lebih sedikit dibanding dengan area pedesaan dan perkebunan. Namun dalam kurun waktu 10 tahun, kota di Indonesia berkembang dan menambah kurang lebih 31 kota baru dari hasil pemekaran kabupaten. Menurut data Badan Pusat Statistik, jumlah penduduk di wilayah perkotaan Indonesia mencapai lebih dari 50% jumlah penduduk di Indonesia. Hal ini mengakibatkan dampak, tidak seimbang nya lahan yang tersedia di perkotaan jika dibandingkan dengan jumlah penduduk. Untuk mendukung kenyamanan hidup di perkotaan, dewasa ini penduduk perkotaan lebih memilih untuk tinggal di gedung yang

tinggi seperti apartemen, rumah susun, residence, etc. Bahkan gedung perkantoran dan perbelanjaan di pusat kota, semakin hari semakin meningkat. Berkembangnya aset ke arah vertikal, merupakan hal yang perlu di perhatikan. Beberapa waktu terakhir. Namun jika melihat di area perkotaan, seharusnya ruang yang tumbuh ke atas menjadikan focus tersendiri bagi pemerintah, badan yang bertanggung jawab bahkan untuk perusahaan *developer* bangunan yang membutuhkan manajemen dari bangunan-bangunan pencakar langit tersebut.

Beberapa waktu terakhir, Badan Pertanahan Nasional menggalakkan percepatan pendaftaran persil di seluruh wilayah Indonesia. Fokus dari kegiatan Badan Pertanahan Nasional adalah melakukan pengukuran, pendataan, pencatatan dan penyesuaian data yang ada dengan data terukur yang baru, untuk mengoptimalkan sistem pendaftaran tanah di Indonesia. Selain

itu, data-data tersebut dapat digunakan untuk memonitoring dan dilakukan manajemen aset tanah di seluruh wilayah Indonesia.

Untuk mendukung kegiatan tersebut, penulis mencoba melakukan studi mengenai penggunaan sistem informasi geografis sebagai sarana untuk menampilkan data dan informasi aset vertikal secara 3 dimensi. Dikarenakan system pemetaan 2 dimensi yang selama ini dilakukan, kurang memadai untuk diterapkan pada aset vertical di perkotaan. Lokasi yang akan ditampilkan adalah gedung perbelanjaan di kota Jakarta Selatan, "Epicentrum Walk Sudirman" yang berada di Jalan HR. Rasuna Said, Karet Kuningan, Setia Budi, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12940. Studi ini menghasilkan sistem 3 dimensi yang berisikan nama pengguna lokasi, informasi lantai, informasi luas ruangan, koordinat, dan informasi lainnya. Sistem informasi ini dapat dipakai oleh masyarakat, pemerintah, ataupun perusahaan *developer* yang ingin melakukan monitoring dan manajemen terhadap asetnya, dan melakukan penjualan atau penyewaan terhadap aset ruangnya yang belum terhuni, etc.

Dengan pemanfaatan visualisasi dan informasi yang terintegrasi dalam system informasi 3 dimensi ini, dapat dilakukan analisis lanjutan yang dapat membantu beberapa sector pekerjaan, Analisis lanjutan mendukung pengguna dalam melakukan monitoring, perencanaan, dan pengambilan keputusan. Dalam penelitian ini, penulis memberikan beberapa hasil analisis yang dapat dilakukan menggunakan system informasi geografis terhadap data 3 dimensi. Salah satunya adalah perencanaan monitoring kriminalitas pada aset. Dalam lingkungan perkotaan, kerap kali terjadi pencurian aset atau tindakan criminal terhadap orang lain. Oleh karena itu pihak pemilik gedung biasanya akan memasang beberapa kamera CCTV yang tersebar di gedung. Perencanaan dan pengambilan keputusan dalam penempatan CCTV ini dapat didukung dengan menggunakan analisis system informasi geografis dalam data 3 dimensi.

Di kemudian hari, semakin berkembangnya teknologi dan berkembangnya area perkotaan, diharapkan semua aspek bisa menanamkan sistem informasi dalam bentuk 3 dimensi untuk aset vertical dan lebih banyak analisis yang dapat diterapkan dalam pekerjaan sehari-hari.

## 2. Data dan Metodologi

### 1.4. Data dan Lokasi

Penelitian ini menggunakan bahan utama dan bahan pendukung.

#### 2.1.1 Bahan Utama

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Data digitasi vektor 2 dimensi dari lokasi gedung Epiwalk Sudirman
- Data ketinggian setiap lantai dari gedung Epiwalk Sudirman
- Data denah lantai dari gedung Epiwalk Sudirman
- Data informasi setiap ruangan di setiap lantai dari gedung Epiwalk Sudirman
- Software Sistem Informasi Geografis; SuperMap iDesktop 9D.

#### 2.1.2 Bahan Pendukung

Bahan pendukung yang digunakan dalam penelitian meliputi:

- Gambar *texture* untuk gedung Epiwalk Sudirman  
Gambar *texture* dibagi menjadi dua, yaitu *side texture* dan *top texture*. *Side texture* akan digunakan sebagai warna dinding luar bagian samping gedung Epiwalk

Sudirman. *Top texture* akan digunakan sebagai warna dinding luar bagian atas gedung Epiwalk Sudirman.

- Simbol 3 dimensi untuk memperindah visualisasi dari lingkungan gedung Epiwalk Sudirman.

#### 2.1.3 Lokasi

Penelitian dilakukan untuk membuat sistem informasi 3 dimensi dari gedung perbelanjaan Epiwalk Sudirman yang berada di Kawasan Rasuna Epicentrum, Jalan HR. Rasuna Said, Karet Kuningan, Setia Budi, Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12940

#### 1.5. Metodologi

Penelitian ini menggunakan beberapa metodologi sistem informasi geografis meliputi:

- Digitasi lokasi dan menentukan system proyeksi dari denah lantai gedung Epiwalk Sudirman. Digitasi dilakukan menggunakan software SuperMap iDesktop 9D. *Feature* digitasi didefinisikan sebagai dataset region untuk mewakili denah lantai dari gedung Epiwalk Sudirman. Sebelum melakukan digitasi, perlu diperhatikan mengenai system koordinat yang akan dipakai. Penelitian ini menggunakan system koordinat longitude latitude datum WGS 1984. Data digitasi lokasi berdasarkan citra dari Epiwalk Sudirman dan dilakukan georeferensi terhadap koordinat tanah.
- Pengisian Data Atribut  
Data atribut berupa Tinggi lantai, Nama Penyewa lokasi, Luas area, Keliling area, dan Lantai. Pengisian data atribut dilakukan menggunakan software SuperMap iDesktop 9D.
- Integrasi data 2D dengan 3D. Sebelum melakukan integrasi, hal yang harus diperhatikan adalah semua data harus dalam satu system koordinat. Dalam SuperMap iDesktop 9D, visualisasi 3 dimensi dan 2 dimensi berada dalam tab berbeda namun terintegrasi. Jika model 3 dimensi belum mempunyai koordinat sesungguhnya, maka model 3 dimensi hanya dapat dibuka pada *Planar Scene*. Dalam penelitian ini, integrasi dilakukan dengan membuka data hasil digitasi Epiwalk Sudirman menggunakan *Spherical Scene* di software SuperMap iDesktop 9D. Data akan diberikan *styles* dengan menggunakan *extensions* berdasarkan data Tinggi Lantai yang sudah diisi dalam atribut. Pengisian *Bottom Altitude* ditunjukkan pada persamaan (1), (3), dan (5). Pengisian *Extensions* ditunjukkan pada persamaan (2), (4), dan (6).

$$a_{\text{lantai } 0} = \text{absolute} \quad (1)$$

$$b_{\text{lantai } 0} = t_{\text{lantai } 0} \quad (2)$$

$$a_{\text{lantai } 1} = t_{\text{lantai } 0} \quad (3)$$

$$b_{\text{lantai } 1} = t_{\text{lantai } 1} \quad (4)$$

$$a_{\text{lantai } 2} = t_{\text{lantai } 0} + t_{\text{lantai } 1} \quad (5)$$

$$b_{\text{lantai } 2} = t_{\text{lantai } 2} \quad (6)$$

Persamaan a menjadi:

$$a_{\text{lantai } (0+n)} = t_{\text{lantai } n} + t_{\text{lantai } n+1} \quad (7)$$

Persamaan b menjadi:

$$b_{\text{lantai } n} = t_{\text{lantai } n} \quad (8)$$

$$a = \text{Bottom Altitude}$$

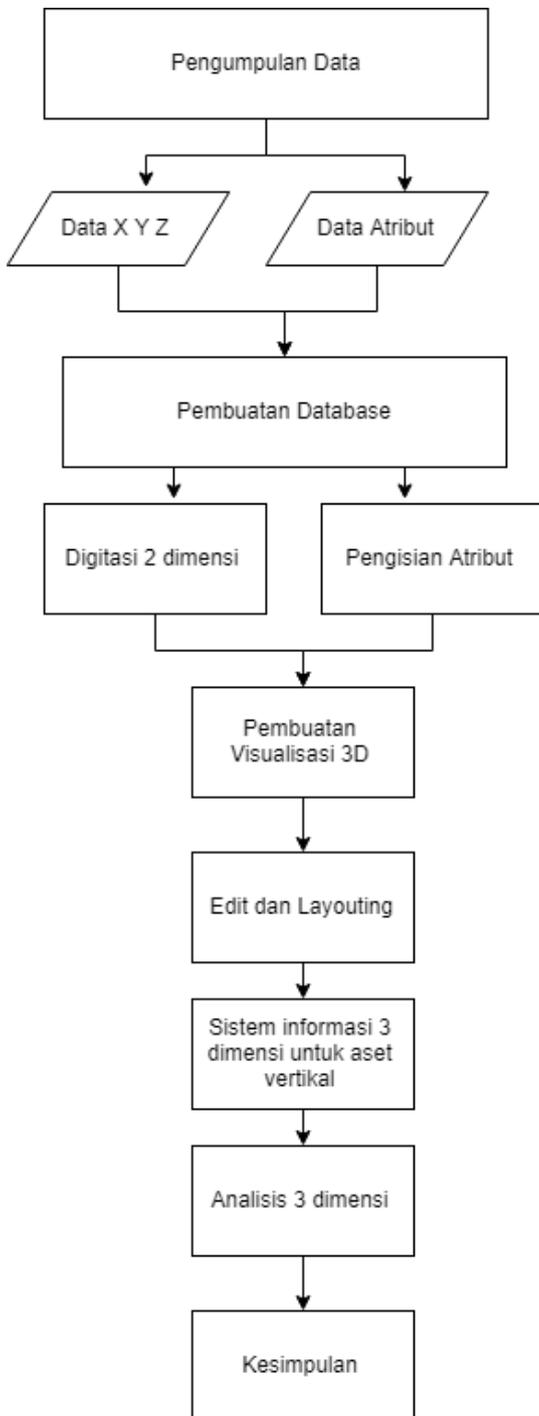
$$b = \text{Extensions}$$

$$t = \text{Tinggi}$$

1.6. Diagram alir penelitian

Berikut adalah diagram alir dari penelitian ini yang menampilkan tahap penelitian dari pengumpulan data, pemrosesan data, dan analisis data.

Diagram alir penelitian akan ditampilkan pada Gambar 1.

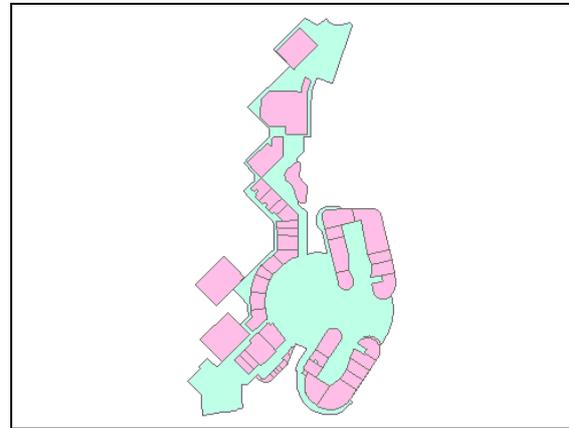


Gambar 1. Diagram alir penelitian

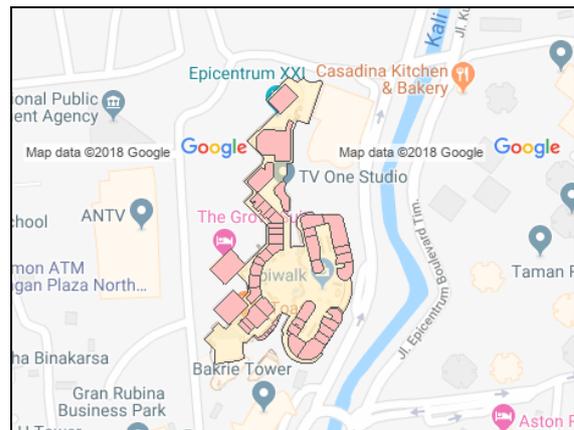
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Digitasi vektor 2 dimensi lokasi gedung Epiwalk Sudirman

Sistem koordinat yang dipakai adalah sistem koordinat longitude latitude, datum WGS 1984. Berikut hasil digitasi lokasi gedung Epiwalk Sudirman dan denah lantai yang ditunjukkan pada Gambar 2 dan Gambar 3.



Gambar 2. Hasil digitasi lokasi dan denah lantai gedung Epiwalk Sudirman



Gambar 3. Hasil overlay digitasi lokasi dan denah lantai gedung Epiwalk Sudirman dengan basemap online google maps.

3.2. Pengisian atribut

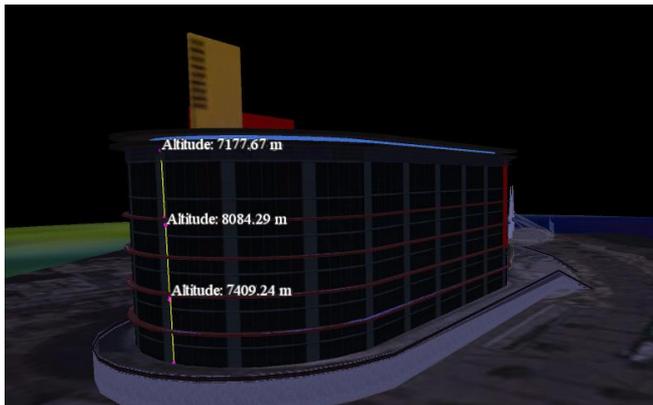
Atribut yang diisikan pada data hasil digitasi akan ditunjukkan pada Gambar 4.

No	Tinggi	Luas_Area	Keliling	Penyewa	Lantai
1	7.409	43.2278348845...	108.068450289...	Ichiban	0
2	7.409	46.3933011885...	120.347178123...	Rejuve	0
3	7.409	49.5960758651...	130.913628966...	Ace Hardware	0
4	7.409	50.5114616053...	143.345554882...	Sate Khas Sen...	0
5	7.409	29.5879559863...	19.4107775495...	Bebek Bengil	0
6	7.409	59.3746088869...	206.569319061...	Mama Malaka	0
7	7.409	50.6794365134...	141.370936893...	Asian Fusion ...	0
8	7.409	45.2202852128...	112.311206153...	Tawan	0
9	7.409	100.356176649...	492.101742343...	Daily Bread	0
10	7.409	63.6460874101...	242.183242735...	Mokka Coffee	0
11	7.409	68.7636765475...	263.441736736...	Orange Chicken	0
12	7.409	42.2883876546...	124.269845592...	Starbucks Coff	0

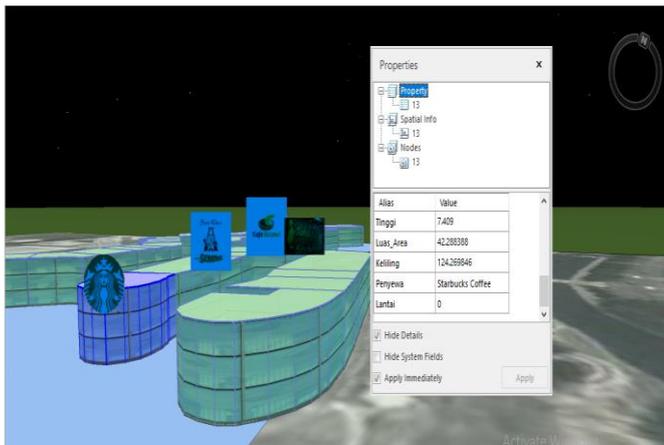
Gambar 4. Hasil pengisian atribut

3.3. Integrasi 2 dimensi dan 3 dimensi

Dari gambar 1 dan gambar 2 dapat dilihat bahwa sistem koordinat yang dipakai sesuai dengan koordinat yang sesungguhnya. Pada dasarnya pemetaan lahan secara digital hanya sampai pada digitasi vektor 2 dimensi dan pengisian atribut. Hal ini membatasi pengguna data untuk melihat data dalam bentuk yang sebenarnya dan melakukan analisis yang terbatas. Integrasi data hasil digitasi 2 dimensi dengan data 3 dimensi berdasarkan *bottom altitude* dan *extensions* dapat dilihat pada Gambar 5, Gambar 6 dan Gambar 7.

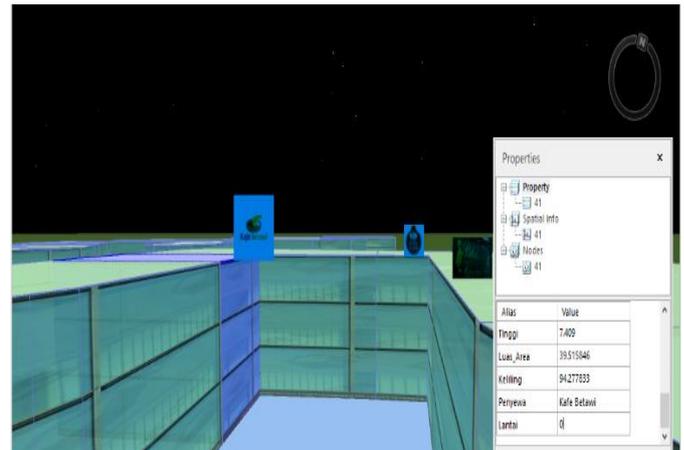


Gambar 5. Hasil bangunan 3 dimensi dengan tinggi sesuai gedung sebenarnya



Gambar 6. Contoh informasi aset “ruang” dalam bentuk 3 dimensi di gedung Epiwalk Sudirman Lantai 0

Dengan menggunakan teknologi system informasi geografis, informasi dalam data 3 dimensi dapat langsung dilihat secara visual dan secara tabular. Terlebih untuk teknologi advance, system informasi geografis membantu pengguna untuk dapat menyebarkan informasi kepada pengguna lain menggunakan platform lain seperti web ataupun *mobile*.



Gambar 6. Contoh informasi aset “ruang” dalam bentuk 3 dimensi di gedung Epiwalk Sudirman Lantai 0

Dapat dilihat pada gambar 2 dan gambar 6. Jika dibandingkan secara visual maka gambar 6 lebih menarik dan *informative*. Informasi yang ditampilkan lebih nyata dan dapat dibuat dengan sederhana. Informasi gedung Epiwalk ditampilkan secara terpisah namun tersusun di setiap lantainya. Dengan menggunakan system informasi geografis, memungkinkan pengguna untuk membuat layer setiap lantai berbeda. Ketika melakukan analisis, pengguna dapat mematikan layer yang tidak dibutuhkan sehingga membuat analisis lebih akurat dan mudah.

Poin penting dari informasi 3 dimensi adalah, aset di dalamnya semakin lama akan semakin dapat dipetakan lebih mendetail. Jika pengguna hanya memetakan aset sebatas dua dimensi, maka aset-aset detail yang tercakup di dalam satu ruangan akan sulit untuk di visualisasikan, diinformasikan dan di analisa. Dengan kemajuan teknologi, detail aset dalam bangunan psaat ini dapat digambarkan. Teknologi yang dapat digunakan salah satunya adalah *Building Information Modelling*. Namun, teknologi ini hanya dapat menggambarkan aset-aset secara keseluruhan tanpa memiliki nilai spasial, keruangan dan geografis.

Hasil dari penelitian ini menunjukkan, bahwa system informasi geografis 3 dimensi dapat mendukung teknologi *Building Information Modelling*. Jika BIM membantu pengguna untuk melakukan penggambaran model aset secara mendalam dan detil, maka SIG akan membantu pengguna untuk melakukan monitoring dan manajemen terhadap aset-aset tersebut. Jika digabungkan, hal ini akan membuat sistem pendaftaran aset di Indonesia akan berkembang ke arah teknologi digital. Secara sederhana, BIM membantu pengguna untuk desain dan implementation. Sedangkan SIG membantu anda dalam *operation* dan *maintenance*.

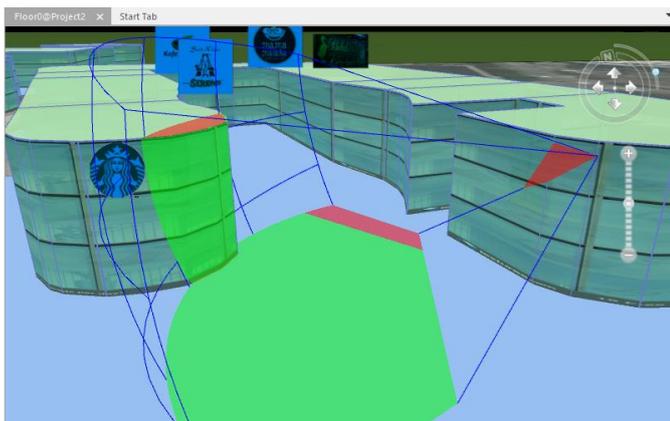
### 3.3. Analisis Lanjutan

Visualisasi dan informasi yang dimunculkan secara 3 dimensi cukup untuk memulai monitoring dan manajemen aset vertikal di wilayah perkotaan. Dari hal yang sederhana ini, di kemudian

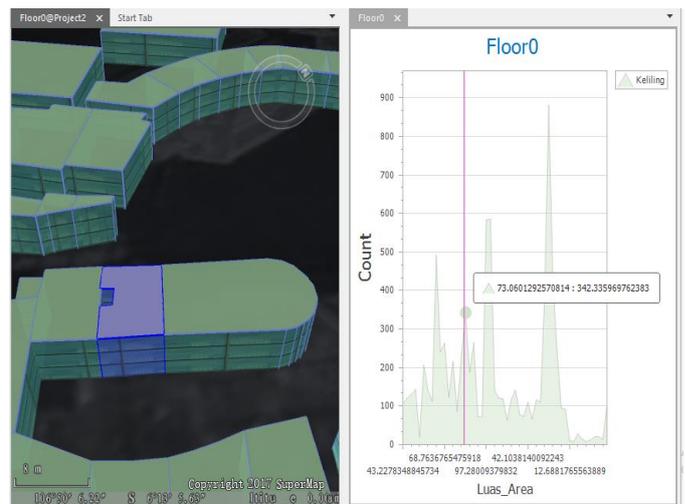
hari dapat dikembangkan menjadi data yang digunakan untuk melakukan perencanaan dan pengambilan keputusan.

Seperti yang kita tahu, bahwa sebenarnya aset terdiri dari berbagai macam yang ada di dalam ruangan tersebut. Untuk kebutuhan detail, teknologi yang saat ini sering digunakan untuk bangunan adalah teknologi BIM (Building Information Modelling). Namun pada penelitian ini, penulis hanya menampilkan bagaimana menampilkan informasi penting dari kesatuan aset dalam ruangan yang sebenarnya dapat membantu pekerjaan beberapa pihak. Dengan menggunakan konsep georafis, informasi sederhana ini dapat membantu analisis NJOP tiap lantai. Nilai komersial pada gedung bertingkat ditentukan oleh letak atau posisi setiap lantai. Jika ditinjau dari posisi lantai, besar NJOP untuk tiap bidang atau ruang per lantai dapat ditingkatkan, seperti semakin tinggi lantai makan semakin rendah pajak yang dapat di bayarkan.

Analisis teknologi yang lebih *advance* untuk aset manajemen vertikal ini adalah mendukung perencanaan dan pengambilan keputusan untuk perkotaan. Pada dasarnya, selama ini banyak dilakukan analisis hanya dengan mengandalkan data 2 dimensi. Seperti contoh, perencanaan penempatan kamera CCTV untuk meminimalisir kriminal pada gedung, dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi sistem informasi geografis. *Viewshed analysis* 3 dimensi, mempermudah pengguna untuk mengetahui bagian mana yang dapat dipantau dari CCTv dan bagian mana yang tidak. Contoh untuk analisis ini dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Contoh analisis lanjutan untuk monitoring aset dan perencanaan



Gambar 7. Contoh analisis lanjutan menggunakan statistik

Gambar 7 menunjukkan analisis lanjutan lainnya yang dapat dilakukan menggunakan sistem informasi geografis. Analisis yang dapat dilakukan adalah integrase antara data statistik dan data spasial. Seperti yang kita tahu, saat ini teknologi berkembang ke arah big data. Tidak diragukan lagi bahwa data spasial pun akan sangat berkaitan dengan hal tersebut.

Contoh analisis yang dapat dilakukan dengan data statistik dan integrasinya dengan spasial adalah data luas, data keliling, data pembayaran penyewa, data pemasukan pemilik gedung, data pengeluaran pemilik gedung. Pemilik gedung dapat memasukkan semua data pengeluaran dan pemasukan untuk dapat dikontrol menggunakan sistem informasi geografis. Seperti contoh data kelistrikan, dapat dimasukkan ke dalam setiap ruangan yang disewakan kepada oenyewa. Maka akan dapat dilihat pertumbuhan pengeluaran atau pengurangan pengeluaran setiap bulannya dari penghitungan statistic. Hal ini akan dapat dijadikan dasar untuk perencanaan dan pengambilan keputusan. Penyewa dapat melakukan pengusutan mengapa ruangan tersebut listrik sangat membengkak atau bahkan berkurang setiap bulannya.

Selain itu, menggunakan analisis ini pihak-pihak developer ataupun pemilik gedung dapat memanfaatkan untuk memonitoring *benefit and loss* dari setiap bulan ataupun tahun, dari semua aset yang dimilikinya.

Analisis lanjutan yang dapat kita lakukan dengan menggunakan sistem informasi geografis 3 dimensi tidak hanya membantu pekerjaan monitorin, perencanaan dan pengambilan keputusan dari pihak pemilik gedung atau *developer* gedung saja. Jika bicara kegunaan sistem informasi 3 dimensi untuk pemerintah, tentu saja hal ini akan sangat membantu penghitungan pajak yang lebih akurat. Selain keakuratan data karena tiap bangunan mempunyai pajak yang berbeda sesuai luas, lantai, bentuk dan lainnya, sistem informasi geografis juga mempermudah pekerjaan pemerintah untuk melakukan pengecekan pembayaran pajak oleh warga. Sama halnya

dengan sistem pendaftaran tanah di Indonesia, tanah sebagai aset, sebagai lahan di Indonesia. Begitu pula bangunan, ruangan dan aset yang terdapat di dalam gedung.

#### 4. Kesimpulan

Penulis menarik kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dengan mengambil beberapa poin penting, yaitu:

- a. Data spasial akan lebih mudah dipahami ketika ditampilkan dalam bentuk atau model yang sebenarnya.
- b. Sistem Informasi Geografis dapat membantu integrasi antara data 2 dimensi dan 3 dimensi menjadi lebih mudah.
- c. Sistem Informasi Geografis sangat memudahkan untuk menampilkan informasi dari asset vertikal, dan memudahkan melakukan analisis untuk kepentingan monitoring, planning, dan pengambilan keputusan.
- d. Data 3 dimensi dapat digunakan untuk melakukan analisis lanjutan dalam hal asset manajemen dan monitoring, sehingga dapat membantu pekerjaan perencanaan dan pengambilan keputusan dari beberapa aspek.
- e. Jika data yuridis dan data konstruksi bangunan tersedia, maka akan sangat mudah untuk diintegrasikan dengan data gedung 3 dimensi menggunakan sistem informasi geografis, untuk menambah pemanfaatan analisis data.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih untuk segenap panitia CGISE IV dengan dibentuknya wadah diskusi untuk pengenalan dan pemutakhiran teknologi spatial terkini. Tak lupa kepada SuperMap Software Co., Ltd. yang membantu terlaksananya penelitian sederhana dengan menyediakan license Software SuperMap iDesktop 9D dan referensi dari negara di luar Indonesia.

#### 6. Referensi

Kurdinanto. S. 1978. Pendaftaran Tanah. Bandung : Departemen Geodesi, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Teknologi Bandung.

- Cholis, N. 2008. Kadaster Tiga Dimensi (3D) Untuk Kepentingan Pendaftaran Tanah Terhadap Hak Milik Atas Satuan Rumah Susun (HMASRS). Bandung : Thesis Departemen Geodesi, Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan, Institut Gamba, P., Dell'Acqua, F., Houshmand, B. (2003). Comparison and fusion of LIDAR and InSAR digital elevation models over urban areas. *International journal of remote sensing* 24, 4289–4300.
- Marthe, E., Nurjati C., Rudianto R. (2009). Aplikasi Kadastral 3 Dimensi Guna Mengoptimalkan Sistem Informasi Pertanahan Properti Hak Milik atas Satuan Rumah SUsun (HMASRS) Studi Kasus: Pakuwon Trade Center.
- Wang, Laura. 2015. 2D & 3D Integration Geo-information Public Service Platform. *SuperMap Software Case Collection*.
- Wang, Laura. 2016. Real Estate GIS System. *SuperMap Software case Collection*.
- Wang, Laura. 2017. SuperMap Land Industry Solutions. *SuperMap Software Technical Documents*.
- Wahyudi, Eddhi. 2013. Penilaian Objek Tanah dan Bangunan Untuk Kepentingan PBB . <https://eddiwahyudi.com/2013/03/31/penilaian-objek-tanah-dan-bangunan-untuk-kepentingan-pbb-p2/>. (Accessed September 1, 2018)
- Wahyudi, Eddhi. 2013. Pajak Bumi dan Bangunan. <https://eddiwahyudi.com/perspektif-pajak-sebagai-sarana-pendukung-pembangunan/pajak-bumi-dan-bangunan-pbb/>. (Accessed September 1, 2018)
- Yuan, Jayson. 2017. SuperMap BIM and GIS. *SuperMap GTC collection*.
- Yuan, Jayson. 2017. The Application and Prospect of 2D&3D Integration GIS Technology. *SuperMap GTC Collection*.
- Xiaobo, Li. 2018. Thoughts and Information Support of Land and Space Management. *SuperMap GTC Collection*.

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# INSONERTIAL: Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa

Novandi Resya Riandika, Bella Nuraini, Arifian Kusuma Hapsari, Pachira Eizza Paramitha, Yusuf Harry Saputro\*  
Institut Teknologi Nasional, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available Online Day Month Year

**Keywords:** : energi matahari, angstrom-prescott model, aplikasi peta Online, fotovoltaik, smartcity

#### Corresponding Author:

Novandi Resya Riandika

Email: nr.riandika@gmail.com

### ABSTRACT

Indonesia merupakan negara kepulauan yang secara geografis terletak di garis khatulistiwa dan cukup banyak mendapatkan paparan sinar matahari. Maka dari itu energi matahari adalah energi alternatif yang potensial bagi Indonesia. Pulau Jawa merupakan pulau dengan tingkat konsumsi listrik terbesar di Indonesia. Namun hal tersebut tidak diimbangi akan kesadaran penggunaan energi tidak terbarukan / non renewable yang akan habis sewaktu – waktu. Penelitian ini dilakukan untuk memberikan informasi tentang energi matahari dan potensi penggunaannya untuk instalasi fotovoltaik pada rumah – rumah di kota – kota di Pulau Jawa secara komprehensif dalam bentuk aplikasi peta berbasis web. Penelitian dilakukan dari tahapan pengumpulan data seperti data Meteorologi BMKG, metadata stasiun UPT BMKG, serta data administrasi dari INA-Geoportal. Data tersebut kemudian dilakukan penyeleksian dan pengelolaan. Setelah itu dilakukan pemodelan Angstrom Prescott Model yang kemudian akan digunakan dalam perhitungan radiasi matahari global di Pulau Jawa. Hasil hitungan berupa radiasi global matahari kemudian dilakukan konversi menjadi data spasial sehingga dapat dilakukan interpolasi spasial menggunakan Inverse Distance Weighted (IDW) untuk mendapatkan radiasi global matahari di pulau jawa. Hasil interpolasi tersebut dilakukan analisis spasial dan pembobotan / scoring untuk mendapatkan nilai Global Horizontal Irradiance (GHI) dan nilai keluaran energi listrik (PV Output) sebagai parameter daerah potensial instalasi fotovoltaik di Pulau Jawa. Pada tahap akhir adalah pembuatan peta berbasis web menggunakan Web App Builder for ArcGIS dan mock up website menggunakan wix.com. Hasil akhir penelitian ini ialah berupa INSONERTIAL:Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa.

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan sebuah negara kepulauan terbesar di dunia. Secara geografis, Indonesia terletak di garis khatulistiwa yang beriklim tropis sehingga mendapatkan paparan sinar matahari hampir sepanjang tahun dan terdistribusi secara merata. Dengan radiasi rerata harian pancaran sinar matahari sebesar 4,5 kWh/m<sup>2</sup>, tenaga surya menjadi salah satu pilihan yang potensial untuk memenuhi kebutuhan energi listrik di Indonesia. (FIRM Project ESDM).

Berdasarkan data bahwa Indonesia adalah negara yang potensial untuk penggunaan energi matahari maka diperlukan adanya pemberian informasi yang komprehensif kepada masyarakat mengenai pemanfaatan energi matahari ini. Salah satunya ialah pemberian informasi mengenai penggunaan fotovoltaik bagi rumah – rumah di Pulau Jawa. Untuk mengetahui potensi energi matahari di suatu daerah di Pulau Jawa diperlukan parameter – parameter diantaranya ialah intensitas radiasi global matahari (*Global Horizontal Irradiance/GHI*) dan nilai keluaran energi listrik yang dihasilkan (*PV Output*). Parameter tersebut didapatkan melalui beberapa tahapan dan

analisis yang akan dijelaskan pada metodologi. Hasil dari parameter tersebut disajikan ke dalam suatu aplikasi peta berbasis web agar dapat diakses dengan mudah oleh pengguna. Tujuan aplikasi peta berbasis web ini ialah agar pengguna dapat mengetahui mengenai potensi energi matahari di Indonesia khususnya Pulau Jawa serta mengetahui apakah daerah / rumah mereka potensial untuk dilakukan instalasi fotovoltaik.

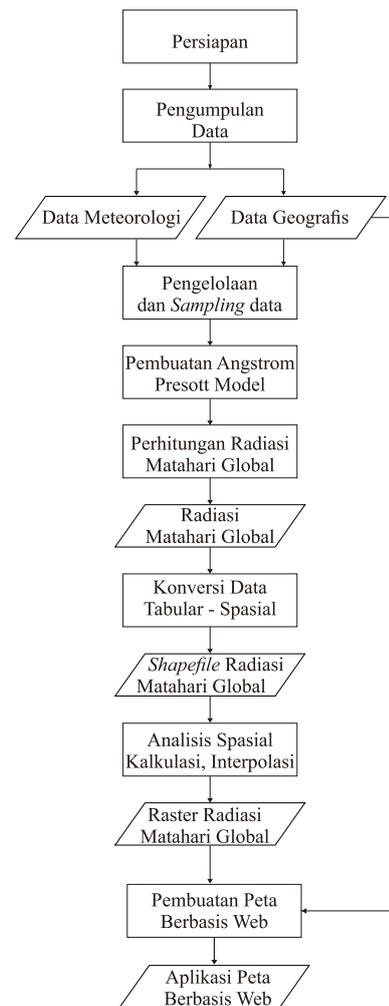
## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini ialah: Data Meteorologi Harian yang didapatkan dari Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG), Metadata Stasiun UPT yang didapatkan dari Badan Meteorologi dan Klimatologi (BMKG), dan data Batas Administrasi yang didapatkan dari InaGeoportal. Lokasi dari penelitian ini ialah Pulau Jawa.

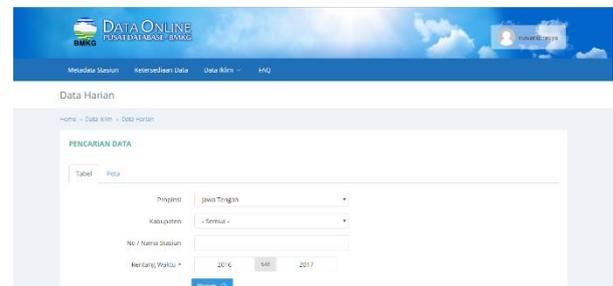
### 2.2. Metodologi

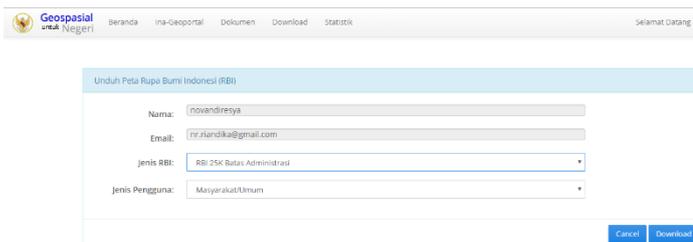
Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa ini dimaksudkan untuk mengetahui daerah di Pulau Jawa yang berpotensi dilakukan instalasi fotovoltaik dengan parameter Radiasi Global Matahari dan keluaran energi listriknya. Secara garis besar metodologi yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengumpulan data yaitu data meteorologi (lama penyinaran, temperatur, tekanan dsb) dan data geografis (metadata stasiun UPT BMKG, batas administrasi kabupaten di Pulau Jawa), pengelolaan dan manajemen data yang berisi seleksi dan penghapusan data yang tidak digunakan, pembuatan angstrom-prescott model sebagai model empiris hubungan lama penyinaran dan radiasi matahari global, perhitungan matematis radiasi matahari global di seluruh stasiun UPT di Pulau Jawa, konversi data tabular data radiasi matahari global di Pulau Jawa menjadi data spasial, analisis spasial meliputi kalkulasi radiasi matahari global dan *PV Output* serta interpolasi spasial, pembuatan peta berbasis web dan *mock up* web. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram alir berikut ini.



Gambar 2.1. Diagram Alir Metodologi

Pengumpulan data dilakukan secara tidak langsung yaitu dengan mengumpulkan data meteorologi dari *Website Data Online* BMKG (<http://dataonline.bmkg.go.id/home>) dan data geografis Metadata Stasiun UPT BMKG dari website yang sama serta data geografis batas administrasi dari *Website* InaGeoportal (<http://tanahair.indonesia.go.id/portal/landingpage>). Data meteorologi yang digunakan ialah data lama penyinaran. Ilustrasi pengumpulan data dapat dilihat pada gambar 2.2 a dan 2.2 b berikut:





Gambar 2.2 Pengumpulan data

- (a) Pengumpulan data meteorologi dari Data Online BMKG
- (b) Pengumpulan data geografis dari InaGeoportal

Pengelolaan dan sampling data ialah meliputi seleksi dan penghapusan data yang tidak digunakan. Data meteorologi yang sudah didapatkan kemudian dilakukan seleksi dan penghapusan data pada perangkat lunak *spreadsheet / microsoft excel*. Seleksi dilakukan dengan mengelompokkan data yang akan digunakan berdasarkan Stasiun UPT BMKG agar memudahkan proses pemodelan angstrom-prescott serta perhitungan radiasi global. Penghapusan data dilakukan terhadap *outliers* seperti data berisi angka 9999 dan 8888 yang berarti data tersebut tidak terekam dengan baik. Ilustrasi pengelolaan dan sampling data dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut:

Gambar 2.3 Pengelolaan dan Sampling Data

Metode untuk mendapatkan radiasi matahari global ada berbagai cara diantaranya menggunakan, *ANN Artificial Neural Network / Analisis korelasi dan kesesuaian*, Ekstraksi radiasi matahari global dengan data *MODIS*, hitungan dengan menggunakan pemodelan *Angstrom-Prescott*. Pada penelitian ini untuk mendapatkan radiasi matahari global ialah menggunakan metode hitungan dengan pemodelan *Angstrom-Prescott Model* pada penelitian ialah karena pertimbangan data, waktu, serta ketepatan. Data yang digunakan dalam perhitungan menggunakan pemodelan *Angstrom-Prescott* relatif mudah didapatkan, maka dari itu tidak akan memakan waktu yang lama, serta ketepatan dari metode ini ialah sangat baik dibanding dengan ekstraksi radiasi menggunakan data *MODIS* berdasarkan penelitian yang sudah ada sebelumnya.

Secara umum *Angstrom-Prescott Model* adalah model yang menjelaskan hubungan lama penyinaran dengan radiasi matahari global. Formulasi umum yang digunakan ialah radiasi matahari global dibanding dengan radiasi ekstraterrestrial global adalah sama dengan koefisien *angstrom* ditambah dengan lama penyinaran dibanding dengan kemungkinan paling lama penyinaran matahari. Koefisien angstrom adalah koefisien empiris yang didapatkan dari model empiris seperti model linier, regresi, dan sebagainya. Pada penelitian ini digunakan koefisien *angstrom*  $a = 0.3$  dan  $b = 0.4$  (Gana, 2013). Rumus yang digunakan dalam pemodelan *angstrom-prescott* dan perhitungan ialah sebagai berikut:

$$\frac{H}{H_0} = a + b \frac{n}{N_0}$$

Dimana :

H adalah radiasi global matahari rata-rata bulanan

$H_0$  adalah radiasi global ekstraterrestrial rata-rata bulanan

a dan b adalah koefisien *angstrom*

n adalah panjang hari

$N_0$  adalah kemungkinan maksimum pancaran matahari

Dari persamaan umum di atas, untuk mencari nilai radiasi global matahari dapat dijabarkan menjadi suatu persamaan kompleks sebagai berikut (Iqbal, 1983; Zekai 2008).

$$H_0 = \frac{24 \times Isc}{\pi} \left[ 1 + 0,033 \cos \frac{360n}{365} \right] \left[ \cos \varphi \cos \delta \sin Ws + \frac{2\pi Ws}{360} \sin \varphi \sin \delta \right]$$

Dimana *Isc* adalah konstanta matahari ( $=1367W/m^2$ ),  $\varphi$  adalah lintang tempat,  $\delta$  adalah deklinasi matahari, *Ws* adalah rata-rata sudut waktu terbit matahari. Dimana *Ws*, *N* dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\delta = 23.45 \times \sin \left[ \frac{360(n + 284)}{365} \right]$$

Dimana n adalah urutan hari dimulai dari satu Januari

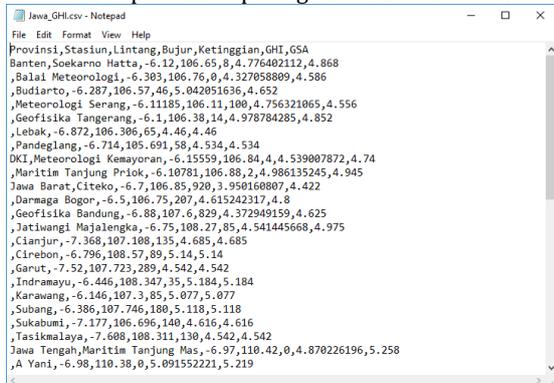
$$Ws = \cos^{-1}(-\tan(\varphi) \tan(\delta))$$

$$N = \frac{2 * Ws}{15}$$

Setelah dilakukan perhitungan hingga mendapat nilai H atau rata - rata bulanan radiasi global matahari di Pulau Jawa yang dapat dilihat pada gambar 2.4. maka tahapan selanjutnya adalah konversi data agar Data Radiasi Global Matahari yang berupa data tabular bisa menjadi data spasial yang selanjutnya digunakan untuk analisis spasial.

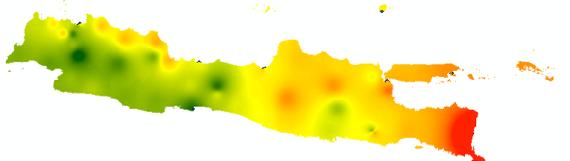
Gambar 2.4. Hasil Perhitungan Radiasi Global Matahari dengan Model *Angstrom Prescott*

Tahapan konversi data tabular menjadi data spasial ini dilakukan dengan merekap seluruh hasil hitungan radiasi global matahari di setiap Stasiun UPT di Pulau Jawa ke dalam suatu worksheet dengan format *Comma Space Delimited* (CSV). Susunan dari *Comma Space Delimited* ini ialah Provinsi, Stasiun, Lintang, Bujur, Ketinggian, nilai radiasi global matahari. Hasil dari konversi ini dapat dilihat pada gambar 2.5. dibawah.



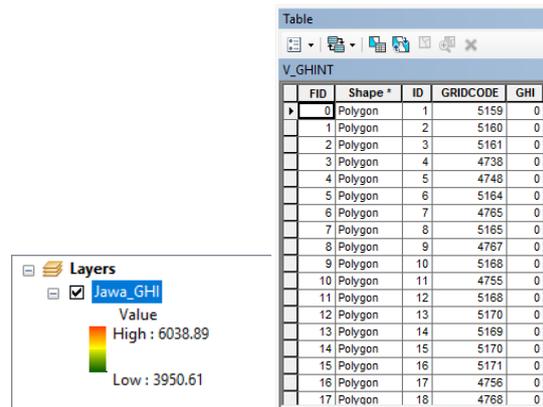
Gambar 2.5. Hasil konversi data tabular menjadi data spasial

Setelah data tabular dikonversi menjadi data spasial langkah selanjutnya ialah melakukan interpolasi nilai radiasi matahari global. Metode interpolasi yang dipilih dalam penelitian ini ialah *Inverse Distance Weighted (IDW)*. Hasil dari interpolasi ini dapat dilihat pada gambar 2.6. dibawah.



Gambar 2.6. Hasil Interpolasi *IDW* nilai radiasi global matahari seluruh Pulau Jawa.

Setelah didapatkan hasil interpolasi nilai radiasi global matahari seluruh Pulau Jawa, langkah selanjutnya ialah melakukan analisis spasial. Nilai radiasi global matahari hasil interpolasi yang dilakukan ialah masih berupa angka desimal dimana diperlukan proses untuk mengubahnya menjadi angka bulat/*integer*. Proses ini dilakukan dengan melakukan analisis spasial *Int*. Sebelumnya terlebih dahulu mengkonversi hasil interpolasi yang berupa data raster menjadi data vektor agar dapat dilakukan analisis spasial lanjutan. Ilustrasi proses ini dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Proses Analisis Spasial *Int*

Setelah itu mengubah satuan radiasi global matahari ke satuan standar kWh/m<sup>2</sup> dengan analisis spasial *math* sehingga didapatkan nilai seperti pada gambar 2.8. berikut.

FID	Shape	ID	GRIDCODE	GHI
0	Polygon	1	5159	5.159
1	Polygon	2	5160	5.16
2	Polygon	3	5161	5.161
3	Polygon	4	4738	4.738
4	Polygon	5	4748	4.748
5	Polygon	6	5164	5.164
6	Polygon	7	4765	4.765
7	Polygon	8	5165	5.165
8	Polygon	9	4767	4.767
9	Polygon	10	5168	5.168
10	Polygon	11	4755	4.755
11	Polygon	12	5168	5.168
12	Polygon	13	5170	5.17
13	Polygon	14	5169	5.169
14	Polygon	15	5170	5.17
15	Polygon	16	5171	5.171
16	Polygon	17	4756	4.756
17	Polygon	18	4768	4.768

Gambar 2.8. Radiasi Global Matahari dalam satuan kWh/m<sup>2</sup>

Langkah selanjutnya ialah menghitung nilai keluaran energi listrik (*PV Output*) dengan analisis *Math* dimana energy listrik ini dapat dirumuskan dengan.

$$E = A \times r \times H \times PR$$

Dimana

E = Energi Listrik / *PV Output* (kWh)

A = Total Solar Panel Area m<sup>2</sup>

r = Nilai efisiensi panel surya (%)

H = Jumlah radiasi global matahari dalam satu tahun (kWh/m<sup>2</sup>)

PR = *Performance Ratio* (Koefisien Pengurangan Energi)

Ilustrasi hasil hitungan *PV Output* dapat dilihat pada gambar 2.9.

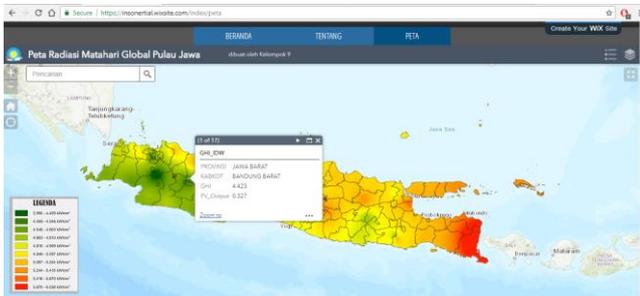
FID	Shape	ID	GHI	PV Output
0	Polygon	1	5,27	0,396
1	Polygon	2	5,28	0,396
2	Polygon	3	5,28	0,396
3	Polygon	4	5,28	0,396
4	Polygon	5	5,28	0,396
5	Polygon	6	4,87	0,366
6	Polygon	7	4,86	0,365
7	Polygon	8	5,28	0,396
8	Polygon	9	4,90	0,368
9	Polygon	10	5,28	0,396
10	Polygon	11	4,89	0,367
11	Polygon	12	5,28	0,397
12	Polygon	13	4,86	0,365
13	Polygon	14	5,28	0,396
14	Polygon	15	5,28	0,397
15	Polygon	16	5,29	0,397
16	Polygon	17	5,29	0,397

Gambar 2.9. Hitungan keluaran energi listrik PV Output

Hasil dari vektor radiasi global matahari se Pulau Jawa tersebut selanjutnya akan digunakan untuk pembuatan Peta berbasis web dengan platform *ArcGIS Online*. Untuk mendapatkan Peta berbasis web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa maka dilakukan overlay data radiasi global matahari se Pulau Jawa dengan data batas administrasi kabupaten se Pulau Jawa. Hasil Peta berbasis web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa tersebut dilakukan *hosting* ke web hosting agar dapat dibuat Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa, pada penelitian ini digunakan *WIX* sebagai web hostingnya. Setelah itu dilakukan *mock up* web agar tampilan web mudah digunakan dan menarik minat user. Pembuatan Peta berbasis Web dapat dilihat pada gambar 2.10. dan hasil Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.10. Peta Berbasis Web di ArcGIS Online



Gambar 2.11. Aplikasi Peta Berbasis Web Daerah Potensial Instalasi Fotovoltaik di Pulau Jawa

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini adalah aplikasi peta berbasis web yang menunjukkan potensi tenaga surya di Indonesia. Aplikasi

ini terdiri atas informasi mengenai fotovoltaik dan peta yang menunjukkan potensi tenaga surya dengan batasan sesuai studi area, yaitu di Pulau Jawa. Pembuatan peta dilakukan dengan platform *ArcGIS Online (free trial)*, sedangkan untuk tampilan website menggunakan *Wixsite* sebagai *hosting*. Aplikasi ini dapat diakses pada [www.insonertial.wixsite.com/index](http://www.insonertial.wixsite.com/index) melalui web browser. Aplikasi ini terdiri dari beberapa komponen, diantaranya :

Halaman 'Beranda' yang merupakan halaman awal yang muncul pada saat membuka website. Halaman ini menampilkan nama penelitian kami, *INSONERTIAL (Indonesia Solar Energy Potential)*, serta beberapa kalimat dengan background panel surya. Halaman 'Beranda' dapat dilihat pada gambar 3.1.a, 3.1.b, dan 3.1.c



Gambar 2.1.a. Halaman Beranda slide 1



Gambar 3.1.b. Halaman Beranda slide 2



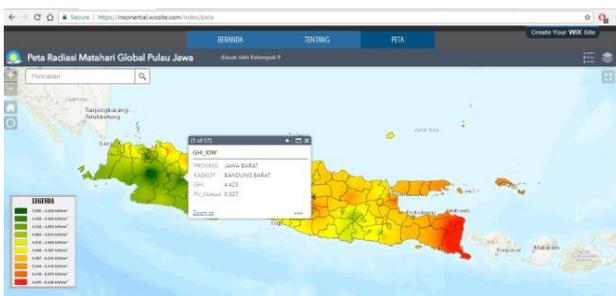
Gambar 3.1.c. Halaman Beranda slide 3

Halaman 'Tentang' yang berisi informasi umum mengenai latar belakang pembuatan *INSONERTIAL*, informasi umum mengenai fotovoltaik dan beberapa informasi lebih lanjut mengenai fotovoltaik dalam bentuk file yang dapat diunduh dari *link* yang disediakan. Halaman 'Tentang' dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Halaman Tentang

Halaman 'Peta'. Halaman ini menampilkan hasil analisis spasial dari data radiasi global matahari yang dihasilkan dari interpolasi metode *IDW*, dengan batasan berupa studi area (Jawa Barat). Halaman ini menampilkan legenda yang menginformasikan nilai *GHI* (intensitas lama penyinaran matahari) berdasarkan warna. Terdapat kolom pencarian untuk mengetahui nilai *GHI* pada suatu lokasi tertentu. Pada tampilan peta (apabila diklik pada suatu lokasi tertentu) akan muncul pop-up yang berisi informasi mengenai Provinsi, Kota/Kabupaten, nilai *GHI* serta *PV output* (arus listrik yang dapat dihasilkan) dari lokasi tersebut. Halaman Peta dapat dilihat pada gambar 3.3.



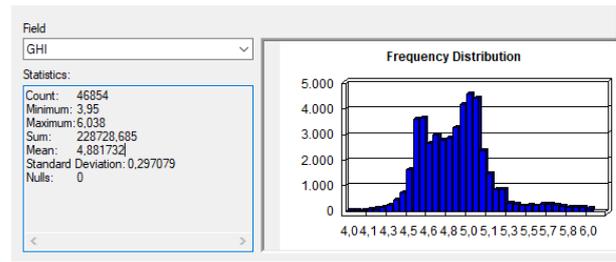
Gambar 3.3. Halaman Peta

Berdasarkan hasil analisis spasial, didapatkan hasil rata-rata nilai *GHI* di Pulau Jawa adalah sebesar 4.881732 kWh/m<sup>2</sup>. Berdasarkan hasil analisis spasial tersebut, dapat disimpulkan bahwa daerah yang paling potensial untuk instalasi fotovoltaik di Pulau Jawa adalah daerah Banyuwangi, Jawa Timur, karena merupakan daerah dengan nilai *GHI* tertinggi (sebesar 6.038 kWh/m<sup>2</sup> dengan nilai *PV Output* 0.446 kWh) yang diwakili dengan warna merah dan daerah yang paling tidak potensial untuk instalasi fotovoltaik adalah daerah sekitar Bogor, Jawa Barat, karena merupakan daerah dengan nilai *GHI* terendah (sebesar 3.950 kWh/m<sup>2</sup> dan nilai *PV Output* 0.292 kWh) yang diwakili oleh warna hijau tua. Hasil *GHI* tertinggi dan terendah dapat dilihat pada gambar 3.4 berikut,

FID	Shape *	PROVINSI	KABKOT	GHI	PV Output
3341	Polygon ZM	JAWA TIMUR	BANYUWANGI	6,038	0,446
3338	Polygon ZM	JAWA TIMUR	BANYUWANGI	6,037	0,446
3340	Polygon ZM	JAWA TIMUR	BANYUWANGI	6,037	0,446

FID	Shape *	PROVINSI	KABKOT	GHI	PV Output
1416	Polygon ZM	JAWA BARAT	BOGOR	3,95	0,292
1415	Polygon ZM	JAWA BARAT	BOGOR	3,954	0,292
1453	Polygon ZM	JAWA BARAT	BOGOR	3,956	0,292



Gambar 3.4 Hasil *GHI* Tertinggi dan Terendah serta rata – rata *GHI* di Pulau Jawa

Hasil tersebut dilakukan validasi dan asesmen untuk melihat kevalidan / kebenaran data. Validasi dilakukan berdasarkan perbandingan hasil nilai *GHI* hasil hitungan dengan nilai *GHI* ukuran yang didapatkan dari web penyedia radiasi global matahari yaitu *globalsolaratlas.info* sebanyak 10 sampel data, adapun hasil validasi tersebut dapat ditunjukkan dalam tabel 3.1. dan nilai kepercayaan hasil analisis regresi dapat dilihat pada tabel 3.2. dan gambar 3.5.

Tabel 3.1. Perbandingan Nilai Prediksi *GHI* Hitungan dengan Nilai *GHI* Ukuran *Global Solar Atlas (GSA)*

Titik Stasiun	Nilai <i>GHI</i> Hitungan (kWh/m <sup>2</sup> )	Nilai <i>GHI</i> Ukuran <i>GSA</i> (kWh/m <sup>2</sup> )
Soekarno Hatta	4.776	4.868
BMKG Tangerang	4.327	4.586
Darmaga Bogor	4.615	4.8
A Yani Semarang	5.091	5.219
Geofisika Yogyakarta	4.900	4.981
Kalianget	5.304	5.345
Karang Ploso	4.989	5.142
Meteorologi Juanda	5.401073769	5.542
Sangkapura	4.94616775	4.984
Geofisika Sawahan	4.653806147	4.86

Tabel 3.2. Uji validasi dengan analisis regresi

Statistik Regresi	Nilai
<i>Multiple R</i>	0.999893011
<i>R Square</i>	0.999786034
<i>Adjusted R Square</i>	0.888674922
<i>Standard Error</i>	0.077708471
<i>Total Sample</i>	10



Gambar 3.5. Hasil Perbandingan nilai *GHI* hitungan dengan nilai ukuran *GSA*.

#### 4. Kesimpulan

Hasil estimasi hitungan radiasi global matahari (*GHI*) terhadap nilai *GHI* ukuran *Global Solar Atlas* memiliki nilai regresi (*r*) sebesar 0.888674922 dan standard error sebesar 0.77708471 yang merupakan hasil yang baik dan memiliki tingkat kepercayaan yang baik pula. Dari hasil penelitian ini dapat diketahui daerah yang berpotensi untuk instalasi fotovoltaik di Pulau Jawa. Daerah Pulau Jawa yang memiliki potensi paling tinggi untuk instalasi fotovoltaik berada di provinsi Jawa Timur yaitu di daerah Banyuwangi karena memiliki pancaran sinar matahari yang lebih tinggi dan memiliki nilai *GHI* (*Global Horizontal Irradiance*) yang tinggi pula dengan nilai *GHI* 6.038 kWh/m<sup>2</sup> dengan nilai *PV Output* 0.446 kWh sehingga potensi instalasi fotovoltaik lebih besar dibandingkan daerah lain di Pulau Jawa. Dengan rata-rata nilai *GHI* di Pulau Jawa sebesar 4.881732 kWh/m<sup>2</sup> maka secara umum hampir di seluruh daerah di Pulau Jawa memiliki Potensi instalasi fotovoltaik yang baik.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada BMKG dan InaGeoportal atas ketersediaan data yang dapat diakses secara publik sehingga dapat penulis gunakan untuk penelitian ini.

Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Bapak Dr. Soni Dharmawan, S.T., M.T. atas bimbingan beliau selama melaksanakan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih pada segenap tim dalam penelitian ini atas kerjasamanya.

#### 6. Referensi

Amadeo T.H . 2016. A Map-based Food Portal dari tautan <http://petaboga.wixsite.com> Diakses pada 29 September 2016.

- Boediono, D., Koster W, DR. 2014. Teori dan Aplikasi Statistika dan Probabilitas Cetakan kelima. PT Remaja Rosdakarya, Bandung
- Carl, Caroline. 2014. Calculating Solar Photovoltaic Potential on Residential Rooftops in Kailua Kona, Hawaii, California.
- Chegar, M. 1998. Estimating Global Solar Radiation Using Sunshine Hours. Physics Institut Ferhat Abbas University, Setif.
- Hamdi, Saipul. 2013. Mengenal Lama Penyinaran Matahari Sebagai Salah Satu Parameter Klimatologi. Penelitian Pusat Sains dan Teknologi Atmosfer LAPAN, Bandung.
- Kementrian Energi dan Sumberdaya Mineral. 2016. Indonesian Solar PV Rooftop Program (ISRP), Indonesia.
- Mohanty, Parimita et all. 2016. Solar Radiation Fundamentals and PV System Components, India.
- Muzathik A.M et all. 2011. Daily global solar radiation estimate based on sunshine hours, Kuala Terengganu.
- Ozgur A.D et all. 2015. Comparing Spatial Interpolation Methods for Mapping Meteorological Data in Turkey, Turki.
- Perpina C.C et all. 2015. An Assesment of the regional for potential solar power generation in EU-28. Institute for Environment and Sustainability (IES), Ispra.
- Razmjoo, Ali et all. 2016. Using Angstrom-Prescott (A-P) Method for Estimating Monthly Global Solar Radiation in Kashan, Iran.
- Rumbayan, Meita et all. 2011. Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system, Tokyo.
- Tarigan, Elieser dan Djuwari, Purba Lasman. 2013. Assessment of Power Generation for Household in Surabaya Using SolarGIS-pv Planner Simulation, Surabaya.

## Prosiding CGISE

# Transformasi Sistem Pemantauan Bumi Nasional Bidang Maritim Berbasis Online

Gusti Darma Yudha<sup>1</sup>, Syaiful Muflichin Purnama<sup>2</sup>, Liana Fibriawati<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh - LAPAN

<sup>2</sup> Magister Teknik Geomatika, Fakultas Teknik - UGM

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

SPBN, ZPPI, Google Earth

#### Corresponding Author:

Gusti Darma Yudha

Email: gusti.darma@lapan.go.id

### ABSTRACT

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dan memiliki potensi untuk menjadi poros maritim dunia. Salah satunya adalah mengembangkan industri kelautan seperti perikanan dan pelayaran. Selain itu, perlu komitmen besar dalam memelihara dan mengelola sumber daya kelautan dengan fokus nelayan sebagai pilar utama. Hal ini sejalan dengan program presiden "Nawacita" yang berisi "Meningkatkan produktivitas dan daya saing masyarakat di pasar internasional sehingga Indonesia dapat bergerak maju dan bangkit bersama bangsa Asia lainnya" dan "Mencapai kemandirian ekonomi dengan memobilisasi sektor-sektor strategis ekonomi domestik". Karena ini, Pustekdata membangun Sistem Pemantauan Bumi Nasional (SPBN) berbasis di google earth. Sistem ini dibangun untuk memantau sumber daya alam di Indonesia. Dalam penelitian ini, akan difokuskan apakah ada kemungkinan mengganti sistem ini berdasarkan google earth khususnya informasi tentang distribusi mangrove dan Zona Potensi Penangkapan Ikan (ZPPI). Sistem ini dapat diganti karena sistem sekarang offline dan dalam memproses data melalui proses yang panjang. Selain kecepatan memperbarui data terasa kurang cepat. Penelitian ini akan menganalisis sistem yang ada yang akan menghasilkan kekurangan dan kelebihan. Kemudian hasil analisis apakah itu bisa diperbaiki atau harus diganti dengan sistem yang baru. Hasil penelitian ini akan memberikan saran kepada Pustekdata apakah dalam mendistribusikan data dan informasi penginderaan jauh sektor maritim kepada pemerintah daerah perlu diganti.

## 1. Pendahuluan

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia dan memiliki potensi untuk menjadi poros maritim dunia. Sumbu maritim adalah gagasan strategis yang diwujudkan untuk memastikan konektivitas antarpulau, pengembangan industri pelayaran dan perikanan, peningkatan transportasi laut dan fokus pada keamanan maritim. Selain itu, diperlukan komitmen besar dalam menjaga dan mengelola sumber daya kelautan dengan fokus nelayan sebagai pilar utama.

Untuk mewujudkan kesejahteraan masyarakat, pemerintah saat ini telah meluncurkan 9 agenda prioritas yang disebut NAWACITA. Pemerintah Indonesia dengan konsep Nawacita-nya

memiliki tujuan besar untuk menjadikan Indonesia sebagai poros maritim dunia (maritime fulcrum). Konsep ini memiliki 5 pilar, sebagai berikut: (a) Indonesia akan membangun kembali budaya maritim; (b) Indonesia akan memelihara dan mengelola sumber daya laut, dengan fokus pada pembangunan kedaulatan makanan laut, melalui pengembangan industri perikanan, dengan menempatkan nelayan sebagai pilar utama; (c) Indonesia akan mengutamakan pengembangan infrastruktur dan konektivitas maritim dengan membangun tol laut, pelabuhan laut dalam, logistik, industri perkapalan, dan pariwisata bahari; (d) Indonesia akan melakukan kerja sama maritim melalui peningkatan kapasitas diplomasi untuk menghilangkan sumber-sumber konflik laut, seperti pencurian ikan, pelanggaran kedaulatan, perselisihan teritorial, pembajakan dan pencemaran

laut, dan (e) Indonesia akan membangun kekuatan pertahanan maritim, sebagai bentuk tanggung jawab Indonesia dalam menjaga dan memastikan keselamatan pengiriman dan keamanan maritim.

Menurut Peraturan Presiden No. 16 tahun 2017, visi tuntutan dan kebutuhan maritim bagi bangsa Indonesia. Visi tersebut tertuang dalam visi Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia, yaitu Indonesia sebagai negara maritim yang berdaulat, maju, mandiri, tangguh dan mampu memberikan kontribusi positif terhadap keamanan dan perdamaian kawasan dan dunia sesuai dengan kepentingan nasional. Visi Poros Maritim Dunia dapat diwujudkan jika ada kebijakan dan program pendukung yang tepat, efektif dan kompetitif. Program pengembangan maritim tersebar di berbagai kementerian / lembaga.

Untuk mendukung program pemerintah, Pustekdata LAPAN mengembangkan sistem untuk membantu pemerintah memantau sumber daya alam kita. Pustekdata LAPAN membangun Sistem Pemantauan Bumi Nasional berdasarkan Google Earth. Sistem ini dibangun untuk memonitor sumber daya alam di Indonesia baik di darat maupun di lautan.

Sistem ini sejalan dengan reformasi birokrasi LAPAN. Dalam reformasi birokrasi, LAPAN memiliki program Wins Cepat. Program Quick Wins dilaksanakan untuk memberikan dampak positif jangka pendek yang dapat dirasakan oleh masyarakat sebagai hasil dari langkah reformasi birokrasi yang dilakukan oleh LAPAN. Program Quick Wins bermanfaat untuk mendapatkan momentum positif dalam melakukan reformasi birokrasi, serta meningkatkan kepercayaan publik (untuk memenangkan hati rakyat).

Berdasarkan program utama penguatan kompetensi dan layanan salah satu program Quick Wins LAPAN adalah layanan bank data penginderaan jauh nasional dan sistem pemantauan nasional bumi. LAPAN menyediakan layanan data untuk semua Kementerian, Lembaga dan daerah (berbasis provinsi) dan layanan informasi terkait dengan sumber daya alam (hutan, perkebunan dan pertanian) dan lingkungan (pemantauan daerah banjir, kekeringan, kebakaran hutan dan tanah longsor, gempa bumi dan tsunami). Layanan ini dilakukan oleh LAPAN sesuai dengan UU No. 21 tahun 2013 bahwa Deputi Indikator Terpencil melakukan fungsi pelaksanaan dan penyebaran informasi penginderaan jauh melalui pengelolaan SPBN.

Kemajuan teknologi satelit penginderaan jauh yang dapat menghasilkan data dan informasi terkait real time (up to date) dengan cakupan luas dan data historis yang baik memungkinkan LAPAN berkontribusi dalam upaya memantau kondisi sumber daya alam dan lingkungan dengan menggunakan data penginderaan jauh di wilayah Indonesia. Untuk mendukung program pemerintah dalam pengembangan maritim, LAPAN mengembangkan Potensi Daerah Perikanan (ZPPI) dan informasi pemantauan mangrove yang dioperasikan melalui Sistem Pemantauan Bumi Nasional.

Zona Produksi Zona Pemancingan Informasi Potensi (ZPPI) dilakukan setiap hari dengan parameter oseanografi diekstraksi dari data satelit penginderaan jauh yang direkam oleh Pustekdata LAPAN adalah satelit NOAA dengan sensor AVHRR untuk mendeteksi suhu permukaan laut (SPL) dan satelit Terra / Aqua yang membawa sensor Fashionable untuk mendeteksi suhu permukaan (SPL) dan klorofil-a. [10] Informasi spasial ZPPI diarahkan untuk dimanfaatkan oleh nelayan sebagai upaya untuk

meningkatkan tangkapan ikan dan efisiensi operasi penangkapan ikan.

LAPAN berpartisipasi dalam menyelesaikan "Satu Peta Mangrove" dengan kementerian / lembaga terkait BESAR, KLH, Kementerian Kehutanan, KKP dan Lahan Basah. Sesuai dengan Peraturan Presiden No. 73 tahun 2012, ekosistem mangrove adalah sumber daya lahan basah pesisir dan sistem pendukung kehidupan dan kekayaan alam yang bernilai sangat tinggi. Untuk mengatur pengelolaan ekosistem mangrove diperlukan koordinasi, integrasi, sinkronisasi dan sinergi lintas sektor, lembaga dan institusi.

Sarno, telah mengembangkan Sistem Pemantauan Bumi Nasional dengan perangkat lunak Google Earth untuk aplikasi Geospatial Web Services Viewer. Teknologi ini digunakan untuk menyajikan dan memvisualisasikan informasi geospasial pemanfaatan penginderaan jauh. Dalam mengembangkan sistem pemantauan bumi nasional, dibutuhkan waktu dan upaya yang cukup panjang. Karena dalam membangun sistem ini diperlukan 2 jenis informasi yaitu peta dasar dan informasi tematik (informasi ZPPI dan mangrove). Kedua jenis informasi harus dalam format kmz atau kml (Keyhole Markup Language) agar dapat dibuka menggunakan google earth. Ini adalah masalah tersendiri, karena format peta basis gambar biasanya GeoTIFF (.tiff) atau Er Mapper Raster Dataset (.ers) harus dikonversi ke kmz / kml. Proses konversi ini membutuhkan waktu lama dan kapasitas penyimpanan yang besar, apalagi dengan ukuran mosaik data gambar yang cukup besar.

## 2. Data dan Metodologi

Kami mencoba menganalisis alur proses yang dilakukan pada sistem saat ini. Ini bertujuan untuk mengetahui proses mana yang mungkin dioptimalkan. Sistem ini dibangun menggunakan dua jenis informasi, yaitu informasi peta dasar dan informasi tematik. Setelah mengetahui alur proses yang berjalan, kami mewawancarai secara mendalam para operator yang melakukan proses untuk mencari tahu berapa lama dan kapasitas yang diperlukan untuk membangun sistem pemantauan bumi nasional untuk provinsi. Tabel berikut (tabel 1, tabel 2 dan tabel 3) adalah waktu dan kapasitas penyimpanan yang diperlukan untuk menyiapkan peta dasar dan informasi tematik mereka berdasarkan wawancara dengan operator yang melakukannya:

Tabel 1. Waktu penyiapan peta tematik

Informasi	Proses	Waktu		
		Hari	Jam	Menit
	Unduh Data (USGS)	5	-	-
Pertanian (Banjir, Kekeringan,)	Pengolahan Data (satu pulau)	2	-	-
	Pemotongan, Konversi ke KMZ, Pengiriman	-	-	15

ke Pustekdata				
Hotspot	Unduh Data (CSV)	Harian		
	Pengolahan Data (Pemotongan, Konversi, Perhitungan)	-	-	30
Sistem Pemantauan Bahaya Kebakaran	Unduh Data	Harian		
	Pengolahan Data	-	3	-
Zona Potensi Ikan (otomatis)	Unduh Data	-	-	
	Pengolahan Data			5
Hutan Mangrove	Unduh Data (Katalog Landsat)	-	1	-
	Pengolahan Data (satu pulau)	3	-	-
Lahan Sawah	Unduh Data (Kementerian Pertanian)	-	1	-
	Pemotongan Data	-	-	10
Perkebunan	Unduh Data (Kementerian Pertanian)	-	1	-
	Pemotongan Data	-	-	10
Deforestasi (12 years)	Unduh Data	-	-	0
	Pengolahan Data	-	-	15
Deforestasi (2015-2016   Deforestasi, Hutan and Non-hutan)	Unduh Data (R&D Data)			
	Pengolahan Data			
Lahan Akses Terbuka	Unduh Data	-	-	-
	Pengolahan Data (Indonesia)	90	-	-
Danau	Unduh Data (R&D Data)			
	Pengolahan Data (Indonesia)			

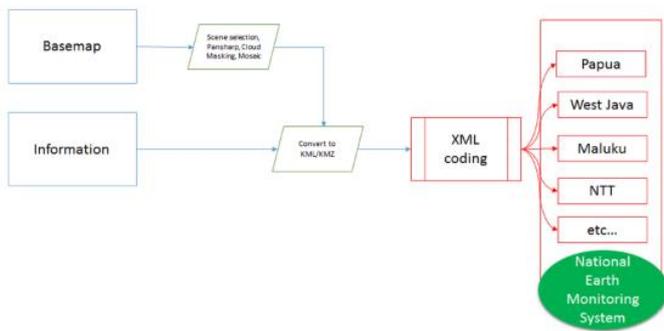
Tabel 2. Waktu penyiapan peta dasar

Data	Proses	Waktu		
		Hari	Jam	Menit
Landsat	Pemilihan data	4	-	-
	Pengolahan (kml)	16	1	-
Spot	Pemilihan data	3	-	-
	Pengolahan (kml)	20	-	-
Resolusi Sangat Tinggi	Pemilihan data	3	-	-
	Pengolahan (kml)	4	-	-

Tabel 3. Hasil dari penggunaan kapasitas penyimpanan untuk setiap provinsi.

Provinsi	Ukuran Data (Gb)
KALTENG	211.45
KALTIM	88.92
SULUT	20.64
MALUKU	391.74
JATIM	119.95
JABAR	55.12
SULSEL	49.18
NTB	64.63
SULTRA	96.73
SULBAR	38.98
SUMBAR	102.48
NTT	52.88
KALBAR	215.76
KALSEL	73.03
SUMSEL	256.20
LAMPUNG	51.83
JATENG	134.58
RIAU	161.83
PAPUA	291.95
KALTARA	74.25

Setelah wawancara, alur kerja sistem dapat digambarkan seperti yang ditunjukkan pada gambar di bawah ini pada gambar 1,

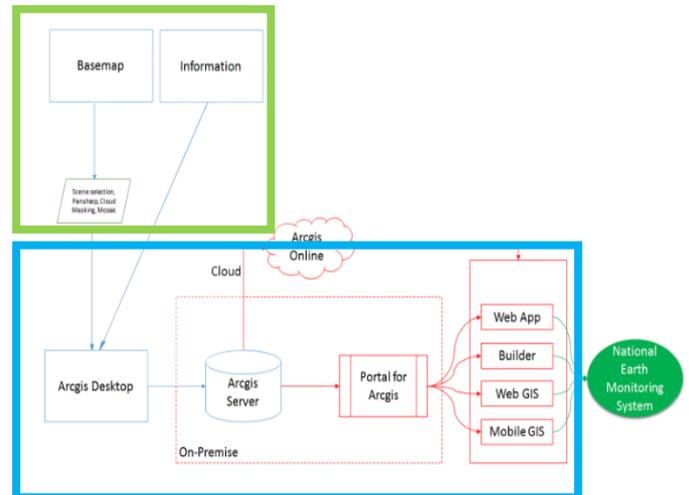


Gambar 1. Aliran proses umum membangun Sistem Pemantauan Bumi Nasional menggunakan Google Earth.

Karena kondisi data ini, kita perlu mencari kemungkinan untuk mengubah Sistem Berbasis Google Earth ke Sistem lain. Kami mencoba menggunakan ArcGIS untuk memberikan sistem ini kepada pengguna. Jadi, kita perlu menganalisa, apakah Sistem Berbasis ArcGIS dapat menggantikan Sistem Berbasis Google Earth? Apakah dengan sistem ArcGIS dapat mengurangi kebutuhan atau penggunaan waktu dan kapasitas penyimpanan? Jadi, pengguna tidak lagi harus menyediakan kapasitas penyimpanan yang cukup besar untuk sistem ini.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Kami menggunakan konsep Web-GIS untuk membangun sistem baru. ArcGIS dapat membantu membangun Web-GIS karena Web GIS adalah pola baru untuk memberikan kemampuan GIS dan merupakan pusat dari arah strategis Esri untuk mengimplementasikan GIS sebagai platform. Hasil dari penelitian ini adalah pengembang sistem masih perlu membangun peta dasar dan informasi tematik sebagai informasi dasar untuk sistem. Tetapi formatnya berbeda, jika kita menggunakan google earth, mereka perlu mengubah format base map (tiff) dan tematik (tiff & shp) ke format KMZ, jika kita menggunakan google earth mereka tidak perlu mengubahnya karena ArcGIS dapat menggunakan tiff atau format shp / vektor. Jadi logika akan memotong waktu pemrosesan peta dasar bangunan dan informasi tematik. Namun pada kenyataannya, informasi peta dasar membutuhkan lebih banyak waktu untuk membangun format tiff. Ketika mereka sedang memodelkan data penginderaan jauh, mereka memilih untuk menyimpan ke format tiff, itu membutuhkan lebih banyak waktu daripada menyimpan ke format "ers" (sebelum dikonversi ke kmz, mereka menyimpan ke format "ers"). Untuk informasi tematik (data vektor), Perbedaan antara sistem basis bumi google dengan sistem basis ArcGIS tidak terlalu signifikan. Sistem Google Earth perlu mengkonversi semua informasi tematik (format tiff dan shp) ke format KMZ. Tetapi jika menggunakan Sistem ArcGIS, kita tidak perlu mengkonversi. Hasil dari analisis penelitian ini dapat digambarkan sistem baru menggunakan ArcGIS seperti yang ditunjukkan di bawah ini pada gambar 2,



Gambar 2. Aliran proses umum membangun Sistem Pemantauan Bumi Nasional menggunakan ArcGIS.

Kotak hijau adalah metode yang ada untuk membangun sistem. Kami menambahkan beberapa proses untuk menyelesaikan sistem ini menggunakan ArcGIS (Kotak Biru). Dengan menambahkan proses, maka proses membangun sistem menjadi lebih panjang, karena kita masih membutuhkan peta dasar dan informasi untuk mempublikasikan menggunakan ArcGIS.

Di sektor Maritim, sistem ini memiliki 2 informasi seperti Potensi Zona Perikanan dan informasi Hutan Mangrove. Untuk Potensi Daerah Perikanan lebih sederhana, tidak perlu data raster karena pengguna hanya memerlukan informasi titik (data vektor) di mana lokasi potensi lokasi penangkapan ikan. Mereka hanya membutuhkan 5 menit untuk membuat informasi ini, sehingga kecepatan pengiriman dan pembaruan lebih cepat daripada informasi lainnya dan akan membantu nelayan Indonesia. Namun untuk informasi hutan mangrove, merupakan data raster dan vektor dan membutuhkan waktu lebih lama dari Potensi Fishing Zone.

Dan jika kita menggunakan ArcGIS, pengguna dapat mengakses informasi setiap saat dan dimana saja karena dapat diakses melalui web dan aplikasi mobile.



### 4. Kesimpulan

Dengan memanfaatkan Internet dapat mengakses Sistem Pemantauan Bumi Nasional menggunakan web. Sistem yang dibangun menggunakan ArcGIS memiliki keunggulan seperti jangkauan global; Banyak pengguna; Kemampuan lintas platform yang lebih baik; Biaya rendah sebagaimana yang dirata-rata oleh jumlah pengguna; Mudah digunakan; Pembaruan terpadu; Aplikasi beragam. Sistem Pemantauan Bumi Nasional berbasis

Google Earth dapat diganti menggunakan ArcGIS jika kita mempertimbangkan tentang kemudahan dan kecepatan akses informasi. Tetapi tidak akan mengurangi waktu dalam menyusun informasi baik peta dasar maupun informasi tematik.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Kami berterima kasih kepada Bapak Dedi Irawadi, Kepala Teknologi Penginderaan Jauh dan Pusat Data LAPAN, untuk mendukung kami. Kami juga ingin menunjukkan rasa terima kasih kami kepada Bapak Rubini Jusuf atas izin untuk menghadiri Seminar ini.

## 6. Referensi

- Office of Preidental Staff. 2015. *Indonesia sebagai Poros Maritim Dunia*.
- Wuryandani, et all. 2015. *Mewujudkan Agenda Prioritas NAWACITA*. (Jakarta: P3DI Setjen DPR RI dan Azza Grafika)
- Speech of President Joko Widodo at 9th East Asia Summit. Plenary Seasons, Nay Pyi Taw, Myanmar, 13 November 2014
- Attachment I of Regulation of the President of the Republic of Indonesia Number 16 Year 2017 on Maritime Policy of Indonesia. 2017. *Dokumen Nasional Kebijakan Kelautan Indonesia*.
- LAPAN. 2015. *Roadmap Reformasi Birokrasi LAPAN 2015-2019*.
- LAPAN. 2015. *Buku Saku Reformasi Birokrasi LAPAN*.
- LAPAN. 2013. *Undang-Undang N0 21 Tahun 2013 Tentang Keantariksaan*.
- Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. 2015. *Sistem Pemantauan Bumi Nasional*.
- LAPAN. 2015. *Pengembangan dan Penerapan Informasi Spasial dan Temporal Zona Potensi Penangkapan Ikan Berdasarkan Data Penginderaan Jauh*. (Jakarta : Crestpent Press.)
- Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. 2015. *Pedoman Pembuatan Informasi Spasial Zona Potensi Penangkapan Ikan Berbasis Data Satelit Penginderaan Jauh*.
- Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN. 2014. *Pemanfaatan Data Penginderaan Jauh untuk Kestraksi Informasi Mangrove*.
- Indonesia Government. 2012. *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 73 Tahun 2012 Tentang Strategi Nasional Pengelolaan ekosistem Mangrove*.
- Sarno. 2014. *Pengembangan Infrastruktur Informasi Sistem Pemantauan Bumi Nasional*. Seminar Nasional Penginderaan Jauh 2014. (Jakarta: SINASJA Proceeding)

## Prosiding CGISE

# PEMETAAN BATHIMETRI PERAIRAN DANGKAL MENGGUNAKAN USV UNTUK ANALISIS KEDALAMAN WADUK ( Studi Kasus ; Waduk Pendidikan Diponegoro Semarang )

B.D. Yuwono<sup>1</sup>, R. Pradipta<sup>2</sup>,

<sup>1,2</sup> Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

Batimetric, Echosounder, USV

#### Corresponding Author:

B.D. Yuwono

Email: bdyuwono92@gmail.com

### ABSTRACT

Survey batimetri atau Pemeruman merupakan survey perairan yang ditujukan untuk mendapatkan informasi kedalaman perairan. Hal ini juga termasuk pemeruman untuk perairan dangkal. Aplikasi survey batimetri antaralain digunakan pemantauan sedimentasi waduk, perencanaan, pemantauan maupun rekayasa. Adapun kendala dalam survey batimetri antara lain wahana maupun alat echosounder yang digunakan.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan visualisasi dan nilai kedalaman dari Waduk Diponegoro. Waduk Pendidikan Diponegoro masih dalam kategori perairan dangkal, oleh karea itu survei batimetri menggunakan wahana USV ( Unmanned Surface Vehicle ) yang dilengkapi dengan single beam echo sounder merk HUMMINBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2.

Analisis dilakukan untuk mendapatkan model interpolasi yang tepat. Hasil dari interpolasi akan memberikan gambaran mengenai penampang serta volume dari pada Waduk Pendidikan Diponegoro.

## 1. Pendahuluan

### 1.1. Latar Belakang

Pekerjaan survey pemeruman adalah proses dan aktivitas yang bertujuan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (seabed surface). Kegiatan dalam pengukuran, pengolahan dan penggambaran dasar perairan disebut dengan **survei batimetri**. Kontur kedalaman diperoleh dengan menginterpolasikan titi-titik pengukuran kedalaman bergantung pada skala model yang akan disajikan. Penggunaan peta dari survei batimetri antara lain untuk pemantauan waduk, survey pelabuhan, perencanaan dan rekayasa. Salah satu kendala yang dihadapi pada survei batimetri perairan dangkal adalah proses pemeruman masih dilakukan dengan manual.

Waduk Diponegoro merupakan waduk yang terletak di kampus Diponegoro Kelurahan Tembalang Kecamatan Tembalang. Adapun tujuan Waduk Diponegoro adalah untuk penyedia air bakuk, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro, untuk mengurangi debit banjir pada darah hilir, serta sebagai langkah untuk meningkatkan kapasitas resapan tanah sebagai langkah-langkah konservasi.

### 1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil survei batimetri menggunakan alat HUMMINGBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2.
2. Bagaimana Volumetrik yang dihasilkan dari survei batimetri menggunakan HUMMINGBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2.

### 1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan gambaran topografi dasar perairan di waduk Undip.
  2. Mengetahui perbandingan volumetrik yang dihasilkan dengan metode yang berbeda.
  3. Mendapatkan ketelitian dan akurasi dari alat HUMMINGBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2.
- Manfaat dari hasil penelitian ini ditinjau dari segi keilmuan dan rekayasa adalah sebagai berikut;
1. Keilmuan.  
Pemanfaatan penggunaan teknologi pemeruman untuk mendapatkan DTM.

2. Rekyasa  
Menghasilkan peta batimetri dikawasan waduk Undip.

#### I.4. Pembatasan Masalah

Adapun pembatasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alat echosounder yang digunakan adalah single beam HUMMINGBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2 dengan USV
2. Metode pengolahan Interpolasi data dilakukan dengan metode Inverse Distance to a Power (IDP), Krigging, dan Triangulation with Linear Interpolation.

Kementerian Pekerjaan Umum Indonesia mendefinisikan bendungan sebagai bangunan yang berupa tanah, batu, beton, atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat juga dibangun untuk menampung limbah tambang atau lumpur. Fungsi utama sebuah bendungan adalah untuk menstabilkan atau menciptakan pemerataan aliran air sungai baik dengan cara menampung persediaan air sungai yang berubah sepanjang tahun maupun dengan melepas air tampungan itu secara terprogram melalui saluran air yang dibuat khusus di dalam tubuh bendungan sesuai kebutuhan (Sidharta, 1997).

Berdasarkan fungsinya, bendung dapat diklasifikasikan menjadi bendung penyadap (digunakan sebagai penyadap aliran sungai untuk berbagai keperluan seperti irigasi, air baku dan sebagainya), bendung pembagi banjir (dibangun di percabangan sungai untuk mengatur muka air sungai, sehingga menjadi pemisahan antara debit banjir dan debit rendah sesuai dengan kapasitasnya) dan bendung penahan pasang (dibangun di bagian sungai yang dipengaruhi pasang surut air laut antar lain untuk mencegah masuknya air asin) (Mawardi & Memed, 2004).

Survei adalah kegiatan terpenting dalam menghasilkan informasi hidrografi, seperti penentuan posisi laut dan penggunaan sistem referensi, pengukuran kedalaman, pengukuran arus, pengukuran sedimen, pengamatan pasut, pengukuran detil situasi dan garis pantai. (Djunarsjah dan Poerbandono, 2005)

Salah satu tujuan survei hidrografi adalah untuk memetakan topografi dasar laut dan perairan lainnya atau secara spesifik disebut sebagai pemetaan batimetri. Pemetaan batimetri merupakan keperluan mendasar dalam rangka penyediaan informasi spasial untuk kegiatan, perencanaan dan pengambilan keputusan yang berkaitan dengan informasi di bidang kelautan (Soeprapto, 2001).

Pemeruman adalah proses dan aktivitas yang ditunjukkan untuk memperoleh gambaran (model) bentuk permukaan (topografi) dasar perairan (*seabed surface*). Proses penggambaran dasar perairan tersebut (sejak pengukuran, pengolahan hingga visualisasinya) disebut sebagai survei batimetri. (Triatmodjo, 1999)

*Echosounder* adalah alat untuk mengukur kedalaman air dengan mengirimkan tekanan gelombang dari permukaan air ke dasar air dan dicatat waktunya sampai *echo* kembali ke dasar air.

Adapun kegunaan dasar dari *echosounder* yaitu menentukan kedalaman suatu perairan dengan

mengirimkan tekanan gelombang dari permukaan ke dasar air dan dicatat waktunya sampai *echo* kembali dari dasar air. Data tampilan juga dapat dikombinasikan dengan koordinat global berdasarkan sinyal dari satelit GPS yang ada dengan memasang antena GPS apabila terdapat fitur GPS pada *echosounder* (Tomy, 2017)

*Triangulasi with Linear Interpolation* di SURFER menggunakan triangulasi *Delaunay* yang optimal. Algoritma ini menciptakan segitiga dengan menggambar garis diantara titik data. Poin asli dihubungkan sedemikian rupa sehingga tidak ada tepi segitiga yang dipotong oleh segitiga lainnya. Hasilnya adalah tambal sulam permukaan segitiga sejauh luas grid. Cara ini adalah interpolator yang tepat. Setiap segitiga mendefinisikan sebuah bidang di atas nodus grid yang terletak di dalam segitiga, dengan kemiringan dan ketinggian segitiga yang ditentukan oleh tiga titik data asli yang mendefinisikan segitiga. Semua node grid dalam segitiga yang diberikan didefinisikan oleh permukaan segitiga. Karena data asli digunakan untuk menentukan segitiga, data dikenali sangat dekat. *Triangulasi with Linear Interpolation* bekerja paling baik bila data Anda merata di area grid. Kumpulan data yang berisi daerah jarang menghasilkan segi segitiga yang berbeda pada peta (Yang.dkk, 2004).

*Unmanned surface vessels* (USV) juga disebut dengan *Autonomous Surface Craft* (ASC) merupakan sistem kapal yang digunakan tanpa adanya campur tangan operator. Alat ini merupakan salah satu perkembangan dari teknologi yang dapat digunakan termasuk kepentingan sains, pemetaan batimetri, penelitian robotika, pertahanan dan keperluan umum (Justin, 2008). USV dikendalikan secara otomatis dengan memberikan perintah-perintah seperti *waypoint*, atau secara manual dengan menggunakan *remote control* dari *Ground Control Station* (GCS) (Okta, 2017).

Wahana USV yang digunakan dalam penelitian ini adalah kapal dengan *multi-hull* yang memiliki 4 lambung disebut juga *quadmaran* atau *Quadramaran* untuk stabilisasi yang lebih tinggi dan memperkenalkan struktur baru dalam fenomena sintesis yang sulit untuk diselesaikan yang sering ditemukan pada proses struktur design kapal di masyarakat (Niranjan dan Nagesh, 2015).

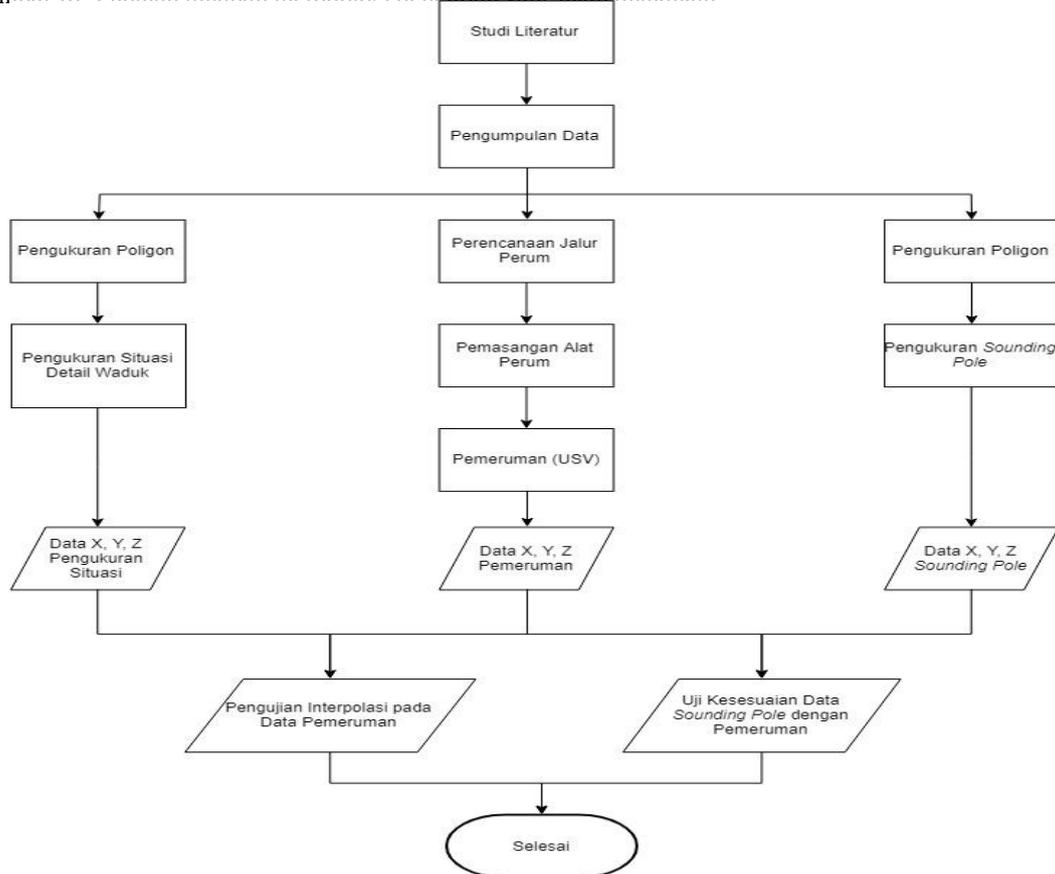
GPS adalah singkatan dari *Global Positioning System* yang merupakan sistem untuk menentukan posisi dan navigasi secara global dengan menggunakan satelit. Sistem yang pertama kali dikembangkan oleh Departemen Pertahanan Amerika ini digunakan untuk kepentingan militer maupun sipil (survei dan pemetaan) (Winardi, 2006).

Sistem DGPS dalam metode secara kinematik (*kinematic positioning*) supaya dapat menentukan posisi kapal dalam waktu yang sangat singkat (*real time*), sekaligus menentukan arah dan kecepatan kapal untuk melakukan survei (Djunasjah dan Poerbandono, 2005).

## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Pengolahan Data

Berikut Gambar III. 1 adalah tahapan metodologi penelitian yang akan dilakukan



Gambar III. 1 Diagram Alir Penelitian

## 2.2. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Total Station Topcon GTS 255
2. Wahana USV Quadramaran.
3. HUMMINGBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2

## 2.3. Mempersiapkan Kapal USV

Untuk pelaksanaan pemeruman menggunakan kapal remote control yang memiliki tipe Multihull ( Quadramara). Dimensi kapal yaitu LOA ( Length Over All ) 70cm, LWL (Length Water Line) 66cm, lebar 26cm, tinggi 17 cm, tinggi lambung kapal 8cm. Untuk kelengkapan pemeruman dipasang alat-alat tambahan seperti penyangga transducer, aki sepeda motor. Adapun gambar Kapal Quadramaran dapat disaji pada gambar 2.



Gambar 2 Kapal *Quadramaran* siap untuk pemeruman ( Pradipta, 2018)

## 2.4. Pengukuran rata-rata tinggi air sesaat

Untuk mendapatkan elevasi waduk dilakukan pengukuran rata-rata tinggi air waduk sesaat menggunakan pengamatan rambu ukur yang terdapat pada waduk dengan interval 15 menit. Selama pengukuran batimetri berlangsung untuk koreksi kedalaman. Perlu diperhatikan batas air yang tergenang dengan mencatat elevasi rambu yang sudah terpasang fix dengan bangunan yang berada ditengah waduk

## 2.5. Pemeruman dengan USV

Pada pelaksanaan akuisisi menggunakan USV melalui *remote control*. Perlu diperhatikan tentang jalur pemeruman. Kapal *Quadramaran* memiliki kecepatan 10 knot. Pengaturan *chart speed* pada sonar *echosounder* sebesar 5 mengindikasikan setiap 1 detik *echosounder* memancarkan 5 gelombang.

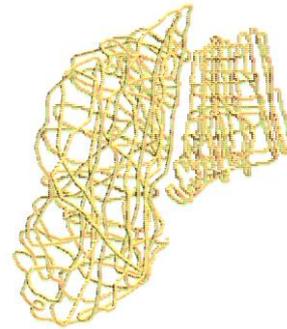
## 2.6. Pengukuran situasi detail Waduk.

Pengukuran terestris disekitar tubuh waduk digunakan untuk melengkapi data pinggiran waduk. Pekerjaan ini bertujuan untuk mendapatkan tepi genangan waduk sehingga dapat melengkapi data pada peta batimetri. ta pada peta batimetri.

### 2.7. Pengukuran dengan *sounding pole*

Untuk mendapatkan elevasi yang digunakan sebagai validasi dari hasil pemeruman maka dilakukan pengukuran kedalaman langsung menggunakan metode *sounding pole* dengan alat Total Station.

Untuk titik pengukuran *sounding pole* diusahakan sama dengan titik yang diambil pada saat pemeruman sehingga akan mendapatkan nilai elevasi yang *reliable*.



Gambar 3. Plotting Jalur Pemeruman

## 3. Hasil dan Analisis

### 3.1. Hasil Koreksi dan analisis pengukuran tinggi air waduk sesaat

Pemeruman elevasi air waduk Undip dilakukan dengan mengamati rambu ukur yang telah terpasar pada badan waduk yang digunakan untuk membuka dan menutup saluran air yang mengarah ke turbin. Pengamatan dilakukan dalam interval 15 menit selama pemeruman berjalan. Pengamatan telah dilakukan selama 4 jam. Sehingga diperoleh tinggi air waduk Undip yang tersaji pada tabel 1.

Tabel 1. Pencatatan waktu dan tinggi air (Pradipta, 2018)

No	Waktu Pengamatan (WIB)	Tinggi air pada rambu (m)
1.	6.30	174,1
2.	6.45	174,1
3.	7.00	174,1
4.	7.15	174,1
5.	7.30	174,1
6.	7.45	174,1
7.	8.00	174,1
8.	8.15	174,1
9.	8.30	174,1
10.	8.45	174,1
11.	9.00	174,1
12.	9.15	174,1
13.	9.30	174,1
14.	9.45	174,1
15.	10.00	174,1
16.	10.15	174,1

Berdasarkan pengukuran tinggi air pada rambu disimpulkan tidak mengalami perubahan yang signifikan sehingga hasil pemeruman tidak perlu dilakukan pengurangan terhadap rata-rata tinggi waduk.

### 3.2. Hasil dan Analisis Pemeruman dan Pemetaan Waduk

Hasil pemeruman Waduk Pendidikan Undip Tembalang menggunakan wahana USA Quadramaran kemudian dilakukan plotting untuk mendapat visualiasinya. Adalah hasil plotting jalur pemeruman tersaji pada gambar 3.

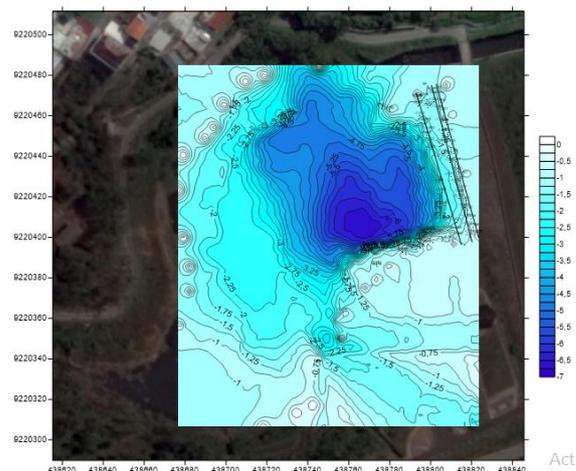
Pengukuran Waduk menghasilkan data pemeruman dengan rentang kedalaman -0.10m sd 6.90m. Dari hasil tersebut kemudian dikurangkan dengan kedalaman *tranduser* dan *draft tranduser*. Sehingga hasil akhir kedalaman minimum adalah -0,27m dan data kedalaman maksimum sebesar -7.07m.

### 3.3. Pembuatan Peta Batimetri

Pembuatan peta batimetri untuk penelitian ini dilakukan dengan berbagai macam metode Interpolasi, diantaranya sebagai berikut:

### 3.4. Pembuatan Peta Batimetri dengan Interpolasi IDW

Untuk mendapatkan gambaran hasil dari peta batimetri data hasil pemeruman dilakukan interpolasi Hasil dari pemeruman . Dari data yang diperoleh setelah menggunakan interpolasi IDW ( *Invers Distance Weight* ). Data pemeruman terlebih dahulu dikoreksi dengan *draft transducers* dan rata-rata tinggi air waduk sesaat kemudian dibuat kontur dengan interval 0,25 (kontur minor 0,25 dan kontur major 1,25) Plotting kontur hasil pengolahan IDW seperti pada gambar 4.

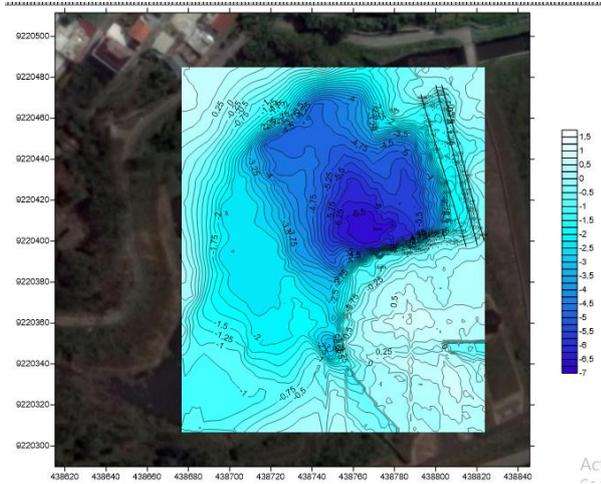


Gambar 4 Peta Batimetri Waduk Undip dengan Interpolasi Triangulasi with IDW

### 3.5. Pembuatan Peta Batimetri Waduk Pendidikan Diponegoro dengan Interpolasi Krigging

Pengolahan Data menggunakan interpolasi Krigging. Hasil dari pengolahan dengan interpolasi

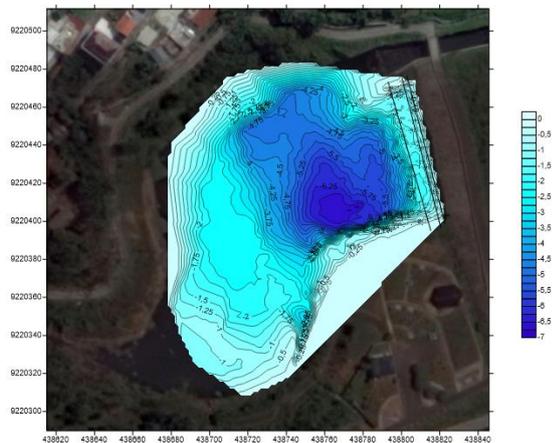
Krigging adalah peta Batimetri yang sebelumnya telah direksi dengan *draft transducers* dan rata-rata tinggi air waduk sesaat kemudian dibuat kontur dengan interval 0,25 (kontur minor 0,25 dan kontur major 1,25) tersaji dalam gambar 5.



Gambar 5. Peta Batimetri Waduk Undip dengan Interpolasi Krigging.

### 3.6. Pembuatan Peta Batimetri Waduk Pendidikan Diponegoro dengan Interpolasi Triangulation with Linear Interpolation

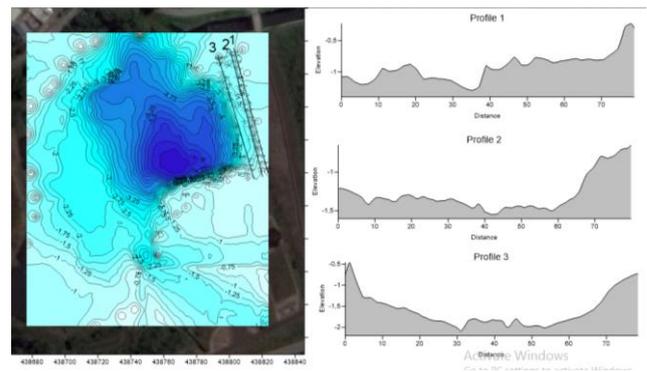
Dari data yang diperoleh setelah dikoreksi dengan *draft transducers* dan rata-rata tinggi air waduk sesaat kemudian dibuat kontur dengan interval 0,25 (kontur minor 0,25 dan kontur major 1,25) n metode *Triangulation with Linear Interpolation* seperti pada gambar 6.



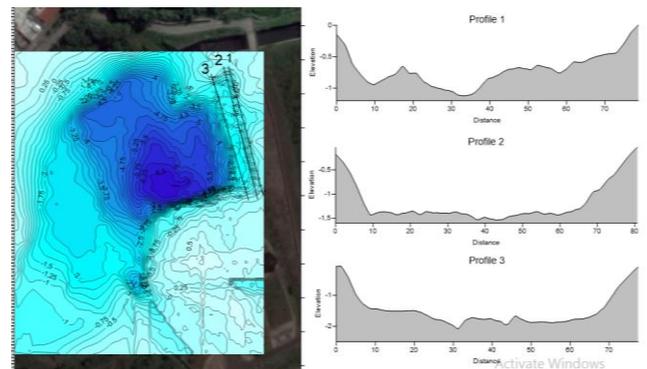
Gambar 6. Peta Batimetri Interpolasi Triangulasi with Linear Interpolation.

### 3.7. Profil Memanjang Waduk Pendidikan Diponegoro

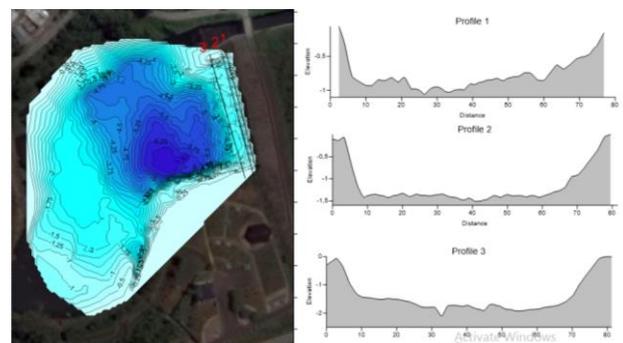
Pemeruman yang dilakukan di Waduk Pendidikan Diponegoro dilakukan pembentukan profil memanjang dari hasil pembentukan DTM dari metode Interpolasi Krigging, IDP, Triangulation with Linear Interpolation. Hasil profil memanjang pada masing masing dapat ditunjukkan pada gambar 7 . Dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:



Gambar 7. Profil Memanjang metode IDW



Gambar 8. Profil Memanjang metode Krigging



Gambar 9. Profil Memanjang *Triangulation with Linear Interpolation*)

Masing masing metode interpolasi memiliki kebelihan dan kelemahan masing-masing. Metode IDW tersaji pada gambar 7. Pemberian bobot pada data semalam interpolasi, sehingga pengaruh satu titik relatif terhadap titik lainnya akan berkurang jika jarak te terhadap node semakin jauh. Pada gambar 8, Interpolasi Krigging menjadi baik digunakan ketika hubungan jarak atau arah dari data yang akan diproses sudah diketahui, Pada gambar 9. menunjukkan bahwa untuk *Triangulation with Linear Interpolation* memiliki profil yang cenderung *smooth* dan halus

### 3.8. Hasil dan Analisis Ketelitian

Perhitungan volume waduk Undip pada masing – masing metode interpolasi menunjukkan perbedaan yang signifikan. Hasil perhitungan volume dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Perhitungan volume Waduk

No	Metode Interpolasi	Volume (m3)
1.	Inverse Distance Weight	58346,757
2.	Krigging Triangulation with Linear	44452,465
3.	Interpolation	45169,392

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dari penggunaan metode interpolasi yang berbeda menghasilkan perbedaan hasil volume yang diperoleh
2. Penggunaan interpolasi hendaknya memperhatikan sebaran titik titik hasil survei

##### 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan uji kedalaman menggunakan *dual beam*
2. Jalur pemeruman perlu didesain agar lebih baik agar detail dari topografi dasar perairan dapat diketahui.
3. Perlu dilakukan pemantauan secara berkala untuk mendapatkan volume sedimentasi waduk.

#### 5. Daftar Pustaka

Bhadriraju, N., I. N. Niranjan Kumar. 2015. *Design of a Quadramaran*. India. Department of Marine Engineering. Andhra University.

- Djunarsjah, E., Poerbandono. 2005. *Survei Hidrografi*. Bandung: Refika Aditama.
- Ferriska, Okta. 2017. *Survei Batimetri Di Perairan Dangkal Dengan Menggunakan Wahana USV (Unmanned Surface Vehicle)*. Surabaya. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Manley, Justin. 2008. *Unmanned Surface Vehicles, 15 Years of Development*. Cambridge. Massachusetts Institute of Technology.
- Mawardi, Erman Drs., dan Ir. Moch. Memed. 2004. *Desain Hidraulik Bendung Tetap*. Bandung. Penerbit Alfabeta.
- Pradipta, 2018, ANALISIS KETELITIAN HUMMINBIRD HELIX 5 CHIRP SI GPS G2 DENGAN MENGGUNAKAN USV (Unmanned Surface Vehicle), Tugas Akhir, Teknik Geodesi Universitas Diponegoro
- SK, Sidharta. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Badan Penerbit Gunadarma.
- Soeprapto. 2001. *Survey Hidrografi, Buku Ajar*. Yogyakarta Jurusan Teknik Geodesi UGM.
- Suhari, Ketut Tomy. 2017. *Pemetaan Batimetri Kawasan Perairan Dangkal Menggunakan Shumoo (Small Hydrography Mariner Boundary Boat)*. Malang. Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional Malang.
- Standar Nasional Indonesia 7646. 2010. *Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder*. Jakarta. Badan Standardisasi Nasional
- Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta : Beta Offset
- Winardi. 2006. *Penentuan Posisi Dengan GPS untuk Survei Terumbu Karang*. Jakarta: Puslit Oseanografi-LIPI.
- Yang, dkk. 2004. *Twelve Different Interpolation Methods: A Case Study Of Surfer 8.0*. Taiwan. Feng Chia University, National Chung Hsing University.

Conference of Geospatial Information Science and Engineering-CGISE

Yogyakarta, 25 Oktober 2018

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# PERHITUNGAN DATA PASANG SURUT AIR LAUT MENGGUNAKAN METODA *ADMIRALTY* UNTUK MENENTUKAN KONSTANTA HARMONIK PASANG SURUT AIR LAUT STUDI KASUS : DERMAGA BELANGBELANG – MAMUJU SULAWESI BARAT

Ahmad Lufti Ibrahim<sup>1</sup>, Jeri Kurniawan<sup>2</sup>, Dessy Apriyanti<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut, Indonesia

<sup>2,3</sup> Universitas Pakuan, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

Admiralty, tide, Sulawesi Barat

Corresponding Author: Lecturer

Author's name: Dessy Apriyanti

Email: [dessy.apriyanti22@gmail.com](mailto:dessy.apriyanti22@gmail.com)

### ABSTRACT

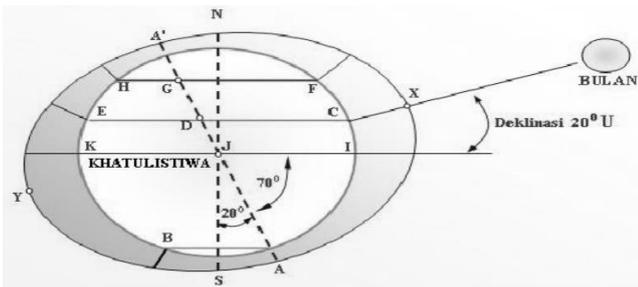
Indonesia merupakan salah satu Negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa (*equator*). Pada garis khatulistiwa (*equator*) pasang surut harian ganda adalah tetap, pada titik I adalah air pasang dan pada J meridian 90° adalah air surut. Pada titik K dengan meridian 180° jauh daripada titik I adalah pasang dan ketinggiannya hampir sama seperti dititik I. Jangkauan untuk pasang surut ini tidak sebesar jangkauan sewaktu bulan berada pada deklinasi 0°. Pasang surut harian ganda akan selalu melintas kebelakang, karena pasang surut ini menghasilkan gaya akibat pergeseran dan inersial air laut (Priyana,1994). Di Indonesia, kota Pontianak merupakan salah satu kota yang dilintasi oleh garis khatulistiwa (*equator*). Menurut data pasang surut dengan kurun waktu 1988-1992, kota Pontianak berada pada elevasi +1.437 meter dan surut terendah -0,263 meter. Dari kondisi ini, maka saat hujan dengan intensitas tinggi akan menyebabkan genangan pada sebagian besar Kota Pontianak.

Dalam pelaksanaan perhitungan pasang surut air laut terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan konstanta harmonik pasang surut selama periode waktu tertentu diantaranya adalah metode *Admiralty* dan metode *Least Square*. Konstanta harmonik yang dihasilkan kedua metode ini dapat digunakan dalam melakukan prediksi pasang surut untuk waktu yang akan datang. Perhitungan metode *Admiralty* menghasilkan 9 komponen pasang surut, yaitu komponen Diurnal (K1, P1 dan O1), komponen semi-diurnal (M2, K2, S2 dan N2) dan komponen kuartier-diurnal (M4 dan MS4), komponen-komponen tersebut mempresentasikan jenis pasang surut. Perhitungan metode *Least Square* dilakukan dengan mengabaikan faktor meteorologis, namun dapat diturunkan dengan menggunakan nilai persamaan yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, analisa harmonik pasut metode *Least Square* dapat juga dilakukan dengan menggunakan software *Microsoft Excel* (Ongkosongo, 1989).

## 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan negara maritim dengan luas perairan laut yang diperkirakan sebesar 5,1 juta kilo meter persegi dan garis pantai sepanjang kurang lebih 80.791 kilo meter (Soeprapto, 2001). Dalam kondisi wilayah perairan ini banyak aktivitas masyarakat yang terfokus pada bidang kelautan, tetapi aktivitas tersebut senantiasa menuntut ketersediaan sumber informasi kelautan yang akurat. Salah satu bentuk dari informasi kelautan adalah pasang surut (pasut). Data pasang surut di Indonesia disediakan oleh dua instansi pemerintah yaitu Badan Informasi Geospasial (BIG) dan Dinas Hidro-Oseanografi (DISHIDROS) TNI AL. Kejadian pasang surut ini dalam sehari rata-rata akan terjadi dua kali pasang dan dua kali surut. Pasang dan surut air laut dipengaruhi oleh gaya gravitasi bulan, bumi dan matahari.

Indonesia merupakan salah satu Negara yang dilintasi oleh garis khatulistiwa (*equator*). Pada garis khatulistiwa (*equator*) pasang surut harian ganda adalah tetap, pada titik I adalah air pasang dan pada J meridian  $90^\circ$  adalah air surut. Pada titik K dengan meridian  $180^\circ$  jauh daripada titik I adalah pasang dan ketinggiannya hampir sama seperti dititik I. Jangkauan untuk pasang surut ini tidak sebesar jangkauan sewaktu bulan berada pada deklinasi  $0^\circ$ . Pasang surut harian ganda akan selalu melintas kebelakang, karena pasang surut ini menghasilkan gaya akibat pergeseran dan inersial air laut (Priyana,1994).



Gambar 1.1. Contoh pengaruh bulan pada titik deklinasi  $20^\circ$

Di Indonesia, kota Pontianak merupakan salah satu kota yang dilintasi oleh garis khatulistiwa (*equator*). Menurut data pasang surut dengan kurun waktu 1988-1992, kota Pontianak berada pada elevasi +1.437 meter dan surut terendah -0,263 meter. Dari kondisi ini, maka saat hujan dengan intensitas tinggi akan menyebabkan genangan pada sebagian besar Kota Pontianak (UGM, 2004).

Pengetahuan tentang pasang surut ini dapat dimanfaatkan untuk berbagai kegiatan kelautan. Dalam hal perencanaan pengelolaan wilayah pesisir seperti pembuatan pelabuhan, bangunan pemecah gelombang, jembatan laut, pemasangan pipa bawah laut dan lain sebagainya, bahkan dalam kegiatan penangkapan ikan sampai peluncuran satelit. Berikut metode kerja dalam pengamatan atau pengukuran data pasang surut :

1. Pengamatan data pasang surut air laut dilakukan setiap 1 jam sekali.

2. Kemudian dicatat data ketinggian muka air laut rata-ratanya kedalam bentuk tabel sesuai dengan tanggal dan waktu pengamatan.
3. Setelah data terkumpul semua sesuai dengan periode waktu yang ditentukan, maka data tersebut dihitung menggunakan metode perhitungan yang diminta dan dibuat laporan hasil praktikum sebagai pertanggungjawaban.

Dalam pelaksanaan perhitungan pasang surut air laut terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan konstanta harmonik pasang surut selama periode waktu tertentu diantaranya adalah metode *Admiralty* dan metode *Least Square*. Konstanta harmonik yang dihasilkan kedua metode ini dapat digunakan dalam melakukan prediksi pasang surut untuk waktu yang akan datang. Perhitungan metode *Admiralty* menghasilkan 9 komponen pasang surut, yaitu komponen Diurnal (K1, P1 dan O1), komponen semi-diurnal (M2, K2, S2 dan N2) dan komponen kuartier-diurnal (M4 dan MS4), komponen-komponen tersebut mempresentasikan jenis pasang surut. Perhitungan metode *Least Square* dilakukan dengan mengabaikan faktor meteorologis, namun dapat diturunkan dengan menggunakan nilai persamaan yang telah ditetapkan. Dalam penelitian ini, analisa harmonik pasut metode *Least Square* dapat juga dilakukan dengan menggunakan software *Microsoft Excel* (Ongkosongo, 1989).

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

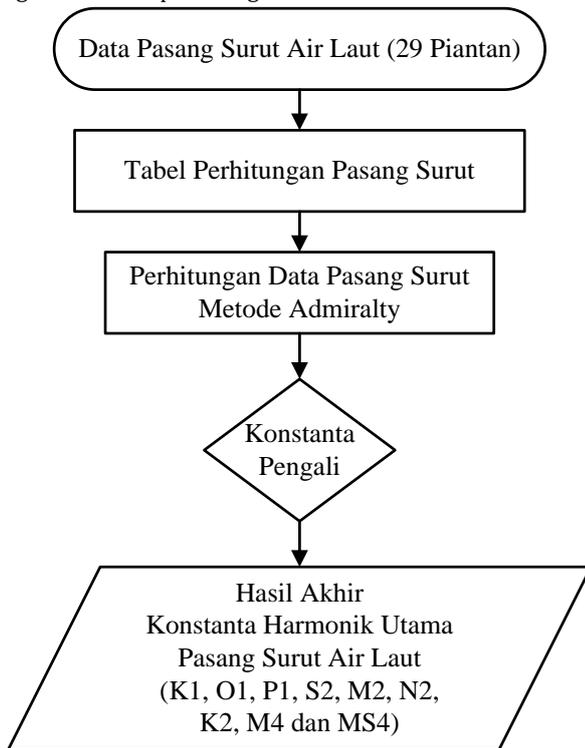
Sebelum dilakukan input data pasang surut kedalam tabel perhitungan, terlebih dahulu kita harus melakukan studi kasus yaitu pengambilan data sekunder berupa hasil pengamatan pasang surut daerah Dermaga Belangbelang - Mamuju Sulawesi Barat yang posisinya terletak pada koordinat  $02^\circ 40' 30.0''$  S ;  $118^\circ 52' 03.7''$  T, dan waktu pengamatannya berdasarkan waktu standar GMT+8 (*Greenwich Mean Time*) atau dalam waktu lokal WITA (waktu Indonesia bagian tengah), serta tanggal pengamatannya dimulai dari tanggal 4 November 2014 sampai dengan tanggal 2 Desember 2014. Kemudian data yang diperoleh dimasukkan kedalam tabel perhitungan metoda *Admiralty*. Pada tabel perhitungan data pasang surut metode *Admiralty* ini terdapat bagian baris dan kolom, dimana bagian baris menunjukkan waktu pengamatan dari pukul 00.00 sampai 23.00 dan bagian kolom menunjukkan tanggal selama 29 piantan atau 30 hari pengamatan.

### 2.2. Metodologi

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini ditempuh dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Mempelajari teori yang berkaitan dengan pasang surut air laut, teori pengolahan data pasang surut metode *Admiralty*.
2. Melaksanakan proses input data secara manual kedalam tabel perhitungan metode *Admiralty*, mengitung data secara manual maupun dengan program komputer.

Secara umum, metodologi penulisan laporan penelitian ini digambarkan seperti diagram di bawah ini :



Gambar 2.1 Metodologi Pelaksanaan penelitian

Proses pengolahan data pasang surut ini menggunakan tabel metode *Admiralty* dilakukan dengan perhitungan secara manual dan menggunakan program *Microsoft Excel 2013* sebagai pembantu perhitungan pormula dan tampilan tabelnya. Proses pengolahan data pasang surut ini melibatkan jumlah data selama 30 hari pengamatan atau biasa disebut 29 piantan dan konstanta pengali yang telah ditetapkan, selanjutnya data dan konstanta tersebut akan di analisa dengan perhitungan metode *Admiralty* sehingga menjadi konstanta harmonik pasang surut air laut pada lokasi studi kasus yang telah dilaksanakan.

Pelaksanaan perhitungan ini membutuhkan tabel *Admiralty* dengan spesifikasi dimensi yang cukup besar, karena dalam pelaksanaan perhitungannya memakan kolom pada tabel metode *Admiralty* yang relatif sangat banyak, waktu pelaksanaan perhitungannyapun akan relatif lama karena penulis harus memperhatikan nilai konstanta pengali yang telah ditetapkan tersebut. Hal ini juga bergantung pada perangkat komputer berspesifikasi yang mendukung perhitungan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Setelah perhitungan pada skema I, skema II, skema III, skema IV, skema V, skema VI, skema VII dan skema VIII terselesaikan, maka hasil akhir dari perhitungan metode *Admiralty* akan didapatkan yaitu berupa nilai konstanta harmonik utama pasang surut. Namun sebelum itu penulis harus melakukan perhitungan untuk menentukan nilai K2 dan P1 terlebih dahulu yang terdapat pada tabel hasil terakhir.

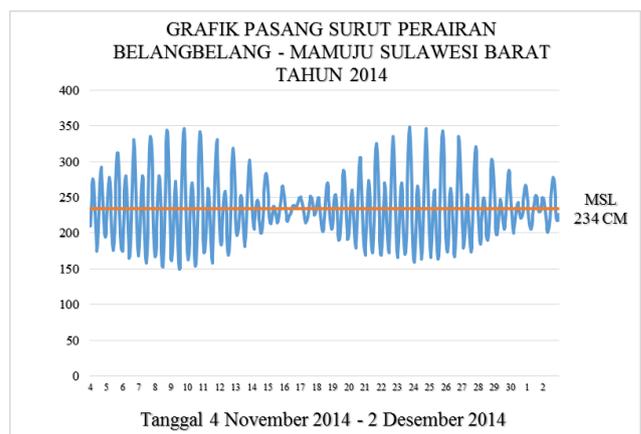
Tabel 3.1 Data Hasil Perhitungan K2 dan P1

M2, O1, M4	=	W = 0 : w = 0
S2	=	f = 1 : V, u = 0
N2, MS4	=	f, u sama dengan M2
M4	=	f = (f M2) ^ 2 = 1.07 V = (VM2) x 2 = 157,28 u = (u M2) x 2 = 1,27
MS4	=	V = V M2 = 78,64
K2	=	A = A S2 x 0,27 = 8,98 S = g S2 = 197,50
P1	=	A = A K1 x 0,33 = 7,43 g = g K1 = 271,26

Tabel 3.2 Konstanta Harmonik Pasang Surut

HASIL AKHIR										
	S <sub>0</sub>	M <sub>2</sub>	S <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	K <sub>1</sub>	O <sub>1</sub>	M <sub>4</sub>	MS <sub>4</sub>	K <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>
A C m	23 4	40	33	4	23	17	0	1	9	7
g°		11 7	19 8	7 9	27 1	21 8	28 2	32 0	19 8	27 1

Setelah perhitngan metode *Admiralty* dilaksanakan sampai dengan selesai dan didapatkan nilai S0 atau MSL (*mean sea level*), maka dapat dibentuk grafik pasang surut pada lokasi studi kasus di Dermaga Belangbelang – Mamuju Sulawesi Barat. Berikut dibawah ini bentuk grafik pasang surut tersebut :



Gambar3.1 Grafik pasang surut

#### 4. Kesimpulan

Dari hasil perhitungan data pasang surut air laut menggunakan metoda *Admiralty* untuk menentukan konstanta harmonik pasang surut air laut dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Perhitungan dengan metode *Admiralty* yaitu hitungan untuk mencari harga amplitudo (A) dan beda fase (g0) dari data pengamatan selama 29 piantan atau selama 30 hari pengamatan dan muka air laut rata rata atau mean sea level (S0) yang sudah terkoreksi. Secara garis besar tahapan perhitungan dengan menggunakan metode *Admiralty* adalah sebagai berikut :

- a. Kelompok hitungan 1

Pada hitungan kelompok ini ditentukan pertengahan pengamatan, bacaan tertinggi dan terendah. Bacaan tertinggi menunjukkan kedudukan muka air laut tertinggi dan bacaan terendah menunjukkan kedudukan muka air laut terendah.

- b. Kelompok hitungan 2

Menentukan bacaan positif (+) dan negatif (-) untuk kolom X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dalam setiap hari pengamatan.

- c. Kelompok hitungan 3

Menentukan pengisian pada kolom X0, X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 dalam setiap hari pengamatan. Kolom X0 berisi perhitungan mendatar dari hitungan X1 pada kelompok hitungan 2 tanpa memperhatikan tanda (+) dan (-). Kolom X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 merupakan penjumlahan mendatar dari X1, Y1, X2, Y2, X4 dan Y4 pada kelompok hitungan 2 dengan memperhatikan tanda (+) dan (-) harus ditambah dengan besaran konstanta ketentuan.

- d. Kelompok hitungan 4

Untuk pengamatan 29 piantan, besaran yang telah ditambah dengan besaran konstanta ketentuan dapat selanjutnya menghitung X00, Y00 sampai dengan X4d, Y4d. Dimana arti index sebagai contoh :

Indeks 00 untuk X berarti X00

Indeks 00 untuk Y berarti Y00

Indeks 4d untuk X berarti X4d

Indeks 4d untuk Y berarti Y4d

- e. Kelompok hitungan 5 dan kelompok hitungan 6

Perhitungan pada kelompok ini sudah memperhatikan sembilan unsur utama pembangkit pasang surut (M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, M4 dan MS4). Untuk perhitungan kelompok hitungan 5 mencari nilai X00, X10, selisih X12 dan Y1b, selisih X13 dan Y1c, X20, selisih X22 dan Y2b, selisih X23 dan Y2c, selisih X42 dan Y4b dan selisih X44 dan Y4d. Serta untuk perhitungan kelompok hitungan 6 mencari nilai Y10, jumlah Y12 dan X1b, jumlah Y13 dan X1c Y20, jumlah Y22 dan X2b, jumlah Y23 dan X2c, jumlah Y42 dan X4d dan jumlah Y44 dan X4d.

- f. Kelompok hitungan 7 dan 8

Pada kelompok ini akan dilakukan penentuan besarnya P.R cos r, P.R sin r, menentukan besaran p, besaran f, menentukan harga V untuk tiap unsur utama pembangkit pasang surut (M2, S2, K2, N2, K1, O1, P1, M4 dan MS4), dan menentukan harga u serta harga p dan harga r. Akhirnya dari perhitungan ini juga akan ditentukan harga w dan (1+W), besaran g, kelipatan dari 3600 serta amplitudo (A) dan beda fase (g0).

2. MSL (*mean sea level*) atau DT (duduk tengah) adalah permukaan air laut yang didefinisikan sebagai nilai tinggi permukaan air laut rata-rata. MSL (*mean sea level*) ini diperoleh melalui perhitungan data pasang surut air laut menggunakan metode *Admiralty*, pada area pengukuran studi kasus diwilayah Dermaga Belangbelang - Mamuju Sulawesi Barat berdasarkan pengamatan pasang surut air

laut selama 29 piantan didapat nilai MSL (*mean sea level*) yaitu 234 cm.

3. Dari nilai konstanta harmonik pasang surut air laut yang telah dihitung, maka didapatkan hasil analisa jenis pasang surut pada lokasi studi kasus daerah Dermaga Belangbelang - Mamuju Sulawesi Barat yang posisinya terletak pada koordinat 02° 40' 30.0" S ; 118° 52' 03.7" T, dan waktu pengamatannya berdasarkan waktu standar GMT+8 (*Greenwich Mean Time*) atau dalam waktu lokal WITA (waktu Indonesia bagian tengah), serta tanggal pengamatannya dimulai dari tanggal 4 November 2014 sampai dengan tanggal 2 Desember 2014 adalah Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Semi - Diurnal*).

#### Hasil Jenis Pasang Surut

Setelah didapatkan hasil akhir dari perhitungan data pasang surut air laut metode *Admiralty* ini, maka berdasarkan konstanta harmonik pasang surut tersebut dapat dibuat analisa pasang surut air laut tersebut. Jadi jenis pasang surut untuk daerah Dermaga Belangbelang - Mamuju Sulawesi Barat adalah Campuran Condong ke Harian Ganda (*Mixed Semi - Diurnal*).

Tabel 4.1 Hasil Analisa Jenis Pasang Surut

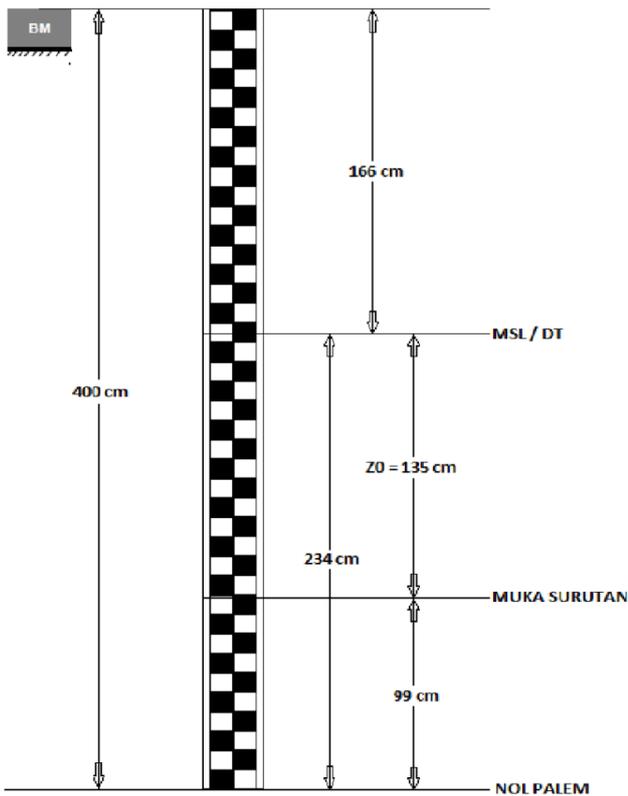
-	= Harian Ganda Beraturan ( <i>Semi Diurnal</i> )
0.544	= Campuran Condong ke Harian Ganda ( <i>Mixed Semi - Diurnal</i> )
-	= Campuran Condong ke Harian Tunggal ( <i>Mixed - Diurnal</i> )
-	= Harian Tunggal Beraturan ( <i>Diurnal</i> )

#### Sketsa Kedudukan Benchmark (BM) Pasang Surut

Setelah didapatkan analisa jenis pasang surut air laut metode *Admiralty*, maka berdasarkan konstanta harmonik pasang surut tersebut dapat ditentukan sketsa kedudukan benchmark (BM) pasang surut air laut pada wilayah Dermaga Belangbelang - Mamuju Sulawesi Barat. Berikut dibawah ini nilai kedudukan *Benchmark (BM)* dan sketsa kedudukan *Benchmark (BM)* tersebut :

Tabel 4.2. Hasil perhitungan untuk menentukan kedudukan Benchmark (BM)

F ( <i>Formzahl</i> )	0,544
MSL / DT	234 cm
LLWL	99 cm
HHWL	370 cm
Z0	135 cm



Gambar 4.1. Sketsa kedudukan Benchmark (BM) terhadap MSL (mean sea level)

## 5. Ucapan Terima Kasih

Bersama dengan ini pula, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Rochman Djaja, M.Surv., Sc, selaku Ketua Jurusan Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor.
2. Ibu Dra. Diah Kirana Kresnawati M.Sc, selaku Sekretaris Jurusan Program Studi Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan, Bogor.

## 6. Referensi

Anonim., Menghitung Pasut Metode Admiralty., <https://auflakings.wordpress.com>., Diakses pada tanggal 19 Desember 2015.

- Arifin, Samsul., 2014., Analisa Harmonik Pasang Surut., Universitas Brawijaya Malang, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan.
- Belkampz, Z., 2015., Teori Pasang Surut., <http://dokumen.tips/documents/amad-teori-pasang-surut.html>., Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.
- Darniati., 2013., Pasang Surut dan Gelombang., <http://darnygeocli.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.
- Duha Ohara., 2014., Pasang Surut Air Laut., <http://oharaduha.blogspot.co.id/>., Diakses pada Tanggal 19 Desember 2015.
- Febrian., 2012., Pasang Laut., <http://febrian-tekniksipil.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 19 Desember 2015.
- Herugio., 2010., Pasang Surut Air Laut Adalah., <http://herugio1.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.
- Huda, A., 2013., Pasang Surut Air Laut Pelabuhan Tanjung Mas Semarang., Diakses pada tanggal 28 Desember 2015.
- Imam, Mudi., 2014., Gelombang Arus dan Pasang Surut Air Laut., <http://imammahmudi7.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 28 Desember 2015.
- ITB., Laboratorium Oseanografi Pantai Program Studi Oseanografi., 2001., Modul II : Analisa Harmonik Pasut Laut Dengan Metoda Admiralty 15 dan 29 hari.
- Noviandri, Mita., Nurrifal, Akbar., 2013., Makalah Pasang Surut Air Laut., <http://sainsgeografi.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 26 Desember 2016.
- Sains., 2013., Makalah Pasang Surut Air Laut., <http://sainsgeografi.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 19 Desember 2015.
- Santo Silalahi., Modul 1 Admiralty., <https://www.academia.edu>., Diakses pada tanggal 19 Desember 2015.
- Widjayakusuma, H. 2011., Makalah Pasang Surut Full Page. <http://hendrawidjayakusuma.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.
- Zaim, M., 2012., Pasang Air Laut., <http://mahranzaim.blogspot.co.id>., Diakses pada tanggal 26 Januari 2016.

## Prosiding CGISE

### Akuisisi Data Stasiun Pasang Surut untuk Datum Pasang Surut 2036

Dina Fitriana<sup>1</sup>, M. Irpan Setyawan<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Badan Informasi Geospasial, Indonesia

#### ARTICLE INFO

*Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:*

*Keywords:*

datum pasang surut badan informasi geospasial

*Corresponding Author:*

Dina Fitriana

Email: [dina.fitriana@big.go.id](mailto:dina.fitriana@big.go.id)

#### ABSTRACT

Stasiun pasang surut merupakan salah satu infrastruktur untuk memperoleh data informasi geospasial dasar. Dengan pengamatan minimal 1 tahun kita bisa mengetahui tipe pasang surut di suatu lokasi. Tentu saja tipe pasang surut suatu lokasi dengan lokasi lain berbeda. Perbedaan itu disebabkan oleh berbagai faktor seperti bentuk garis pantai, bentuk topografi laut, serta letak posisi geodetik. Saat ini sudah ada 138 Stasiun Pasut yang beroperasi di seluruh Indonesia di Pulau Sumatera, Pulau Jawa, Pulau Kalimantan, Pulau Sulawesi, di Pulau Papua, Kepulauan Ambon dan Kepulauan Bali dan Nusa Tenggara. Tujuan dari pengelolaan stasiun pasang surut adalah mendapatkan data Pasut di semua lokasi yang ada di Indonesia. Datang pasang surut tersebut diperoleh dari minimal pengamatan 1 tahun sampai 18 tahun sesuai dengan amanat Undang-Undang Informasi Geospasial. Interval 18 tahun berdasarkan sebuah asumsi bahwa muka laut rata-rata hasil pengamatan 18 tahun diasumsikan berhimpit dengan Geoid. Untuk itu, Badan Informasi Geospasial sebagai satu-satunya instansi pemerintah yang memiliki dan mengelola Stasiun Pasut terbanyak di Indonesia sudah mempersiapkan sistem akuisisi data pasang surut yang handal yang terdiri dari peralatan elektronis, komunikasi data, sistem power, referensi bacaan peralatan, dan keamanan peralatan. Peralatan elektronik yang dimaksud disini adalah sensor yang digunakan untuk membaca tinggi muka air laut dan merekam serta menyimpan data bacaan. Komunikasi data yang digunakan adalah GPRS atau internet dengan melakukan coding tertentu data yang direkam dan disimpan tadi, akan dikirim ke kantor melalui internet. Referensi bacaan peralatan mengacu pada bacaan palem yang ditempatkan di sekitar area stasiun. Rumah pasang surut dan keberadaan operator pasang surut merupakan komponen yang menjamin keamanan setiap stasiun pasang surut. Rumah pasut melindungi semua peralatan elektronik dari gangguan alam serta memberikan keamanan dan kenyamanan bagi personil yang melakukan survei perawatan dan perbaikan stasiun, sedangkan operator pasang surut memantau kondisi fisik stasiun setiap hari. Operator Pasang Surut adalah personil yang ditunjuk dengan Surat Keputusan Deputi Informasi Geospasial Dasar untuk menjadi operator di stasiun pasang surut, operator-operator ini merupakan orang yang kesehariannya beraktivitas di sekitar stasiun. Diharapkan dengan sistem yang handal ini Indonesia akan punya dan pasut yang berasal dari data pengamatan selama 18 tahun itu nanti di tahun 2036.

## 1. Pendahuluan

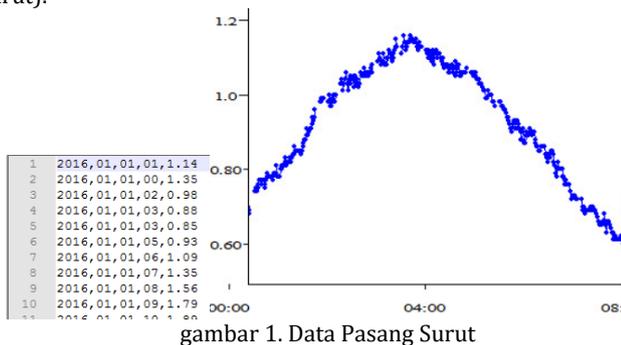
Menurut Abidin (2000), ketinggian yang umum digunakan sehari-hari adalah ketinggian yang mengacu terhadap geoid (tinggi orthometrik). Stasiun pasang surut menjadi bagian yang sangat penting dalam acuan vertikal. Untuk bisa dijadikan acuan vertikal idealnya interval data yang dimiliki setiap stasiun pasang surut adalah 18 tahun pengamatan. Karena lamanya data yang diinginkan maka dibutuhkan infrastruktur geospasial yang handal yang bisa mendukung tujuan tersebut. Pada tulisan ini akan dilaporkan tentang sebaran stasiun pasang surut serta infrastruktur pasang surut yang sudah dimiliki Badan Informasi Geospasial.

## 2. Data dan Metodologi

Berikut ini adalah penjelasan tentang akuisisi data pasang surut yang dimiliki Badan Informasi Geospasial.

### 2.1. Data dan Lokasi

Data pengamatan pasang surut yang diamati memiliki spesifikasi adalah interval pengamatan 1 menit, target data 1 data pengamatan per jam. Stasiun Pasang Surut beroperasi 24 jam sehari 365 hari per tahun. Format data yang dihasilkan dari stasiun pasang surut dalam textfile, yang berisi tentang hubungan waktu pengamatan dengan nilai ketinggian permukaan air laut pada saat tersebut (gambar 1. Data Pasang Surut).



gambar 1. Data Pasang Surut

Lokasi pengamatan tersebar di 138 titik stasiun pasang surut di seluruh Indonesia, seperti yang terlihat pada gambar 2. Sebaran Stasiun Pasang Surut di Indonesia sampai 2018.



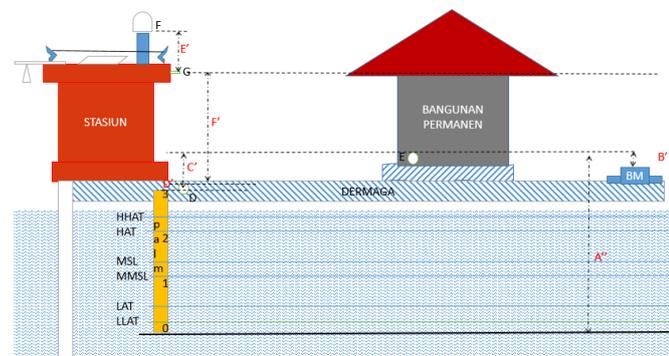
gambar 2. Sebaran Stasiun Pasang Surut Indonesia

### 2.2. Metodologi

Metode pengamatan stasiun pasang surut adalah pengamatan langsung di lapangan dengan menempatkan peralatan di sebuah

bangunan permanen, penyeragaman sejak 2018 adalah sebagai berikut :

- Sensor. Sensor yang menggunakan beberapa buah sensor di lapangan yang bertujuan untuk mendapatkan data sebanyak-banyaknya sesuai dengan prinsip pengukuran geodesi bahwa makin banyak data pengukuran makin baik data yang didapatkan.
- Data Logger, berfungsi untuk merekam data dan mengkonversi kode dari sensor menjadi angka matematis yang dapat dianalisa oleh analis data, serta menyimpan dan mengirimkan data ke server (untuk input Sistem Monitoring)
- Power atau sumber tenaga yang digunakan pada umumnya adalah tenaga surya dengan kekuatan 100 Ah.
- Referensi (komponen referensi berlapis, baru berlaku sejak 2018). Yang dimaksudkan referensi bacaan disini adalah acuan bacaan yang digunakan oleh sensor pasang surut. Referensi utama adalah palm, yang kemudian palm ini diikatkan ke BM-Pasut. Backup referensi juga ada yang berfungsi menjaga bacaan tetap pada nilai awalnya yaitu TAP, PIN, dan TIP. TAP adalah titik acuan pasut, PIN adalah titik acuan di bangunan pasut dan TIP adalah titik ikat pasut. Selain itu ditambahkan juga GPS@Pasut yaitu pilar GPS di atas rumah pasut. Hubungan dari masing-masing referensi dapat dilihat pada gambar 3. Referensi Stasiun Pasang Surut



#### Keterangan

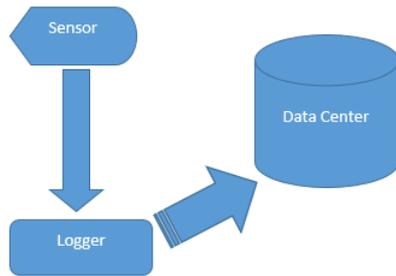
- A'' : Beda Tinggi antara titik nol palem (0 meter) ke BM (dihitung)
- B' : Beda Tinggi dari BM ke TIP (diukur)
- C' : Beda Tinggi dari TAP ke TIP (diukur)
- D' : Beda Tinggi dari palem (dari angka 3 meter) ke TAP (diukur)
- E' : Beda Tinggi dari PIN ke GPS@Pasut (diukur)
- F' : Beda Tinggi dari TAP ke PIN (diukur)
- D : TAP
- E : TIP
- F : PIN
- G : GPS@Pasut

gambar 3. Referensi Stasiun Pasang Surut

- Rumah Pasang Surut (Rumah Pasut) adalah bangunan permanen yang dibangun didermaga bertujuan untuk mengamankan peralatan dari bahaya alam dan bahaya lain yang mengganggu terlaksananya pengamatan pasut. Cek ke

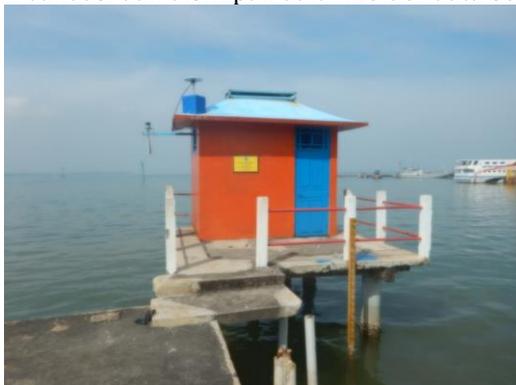
gambar 5, untuk melihat rumah stasiun pasang surut.

- f. Komunikasi data, menggunakan gprs yang mengirim data semi realtime per 5 menit dikirim ke server di Data Center Badan Informasi Geospasial.
- g. Operator pasut adalah warga sekitar stasiun yang ditunjuk dengan SK Deputi. Operator ini bertugas mengawasi keamanan stasiun dan membantu perbaikan ringan distasiun seperti penggantian pinto, kusen, atau aki.



gambar 4. proses pengamatan pasang surut

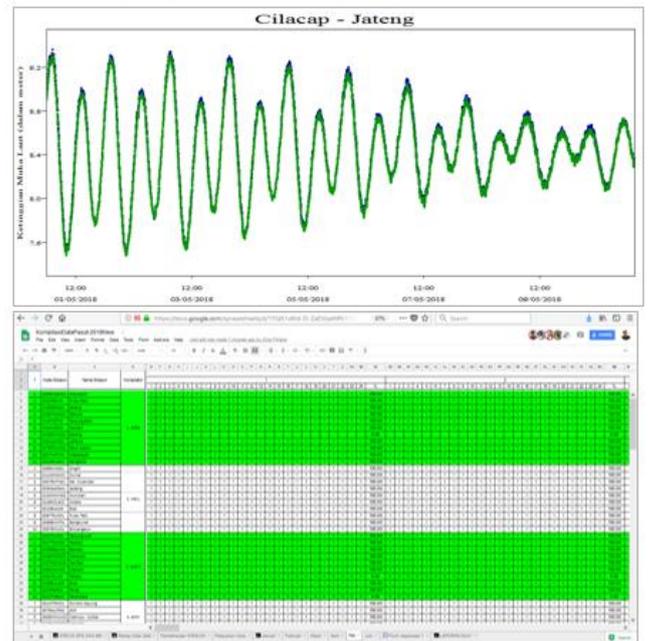
Sensor di stasiun pasang surut melakukan pengamatan selama 24 jam dengan interval pengamatan 1 menit. Data yang direkam oleh sensor disimpan oleh Logger. Di dalam logger diinstal program yang dapat mengkonversi bacaan sensor menjadi angka numerik yang dapat dianalisa dan dengan program tersebut juga, logger dapat mengirimkan data yang tersimpan didalamnya, pengiriman data dilakukan melalui jaringan gprs. Data yang dikirim disimpan dalam server di Data Center Badan Informasi Geospasial. Data yang masuk ke dalam server akan dimonitor oleh analis data (gambar 6) kemudian akan dilakukan validasi dan disimpan dalam folder data bersih.



gambar 5. rumah stasiun pasut

Dalam pengelolaan stasiun pasang surut yang menggunakan peralatan elektronik sering terjadi permasalahan seperti aki drop, sinyal komunikasi melemah, solarcell yang kotor, palem patah, gangguan tersebut dapat terjadi karena peralatan yang sudah lama beroperasi (alat rusak), bisa juga karena gangguan manusia yang tidak bertanggungjawab, atau bisa juga karena faktor alam. Curah hujan yang tinggi misalnya membuat solarcell tidak dapat bekerja maksimal

menyerap panas tenaga matahari sehingga cadangan power di baterai menjadi sangat sedikit dan mengganggu kestabilan peralatan. Rata-rata umur baterai adalah 2-3 tahun beroperasi. Kerusakan disebabkan oleh manusia yang pernah terjadi adalah pencurian baterai di stasiun, dan kerusakan alami yang pernah terjadi adalah tsunami. Selain itu ada faktor lain seperti pelebaran dermaga sehingga membuat stasiun pasang surut harus dipindahkan ke lokasi lain yang diizinkan oleh pemilik lahan.



gambar 6. Proses Monitoring Data

Lokasi penempatan stasiun pasang surut memang bukan di area milik Badan Informasi Geospasial, melainkan kerjasama dengan pihak lain diantaranya Dinas Perikanan, Pelindo, Perhubungan Laut.

Publikasi dan layanan data pasang surut dapat dinikmati oleh pengguna melalui website [www.tides.big.go.id](http://www.tides.big.go.id) (gambar 8) dan deskripsi Stasiun Pasang Surut dapat diakses melalui [www.srgi.big.go.id](http://www.srgi.big.go.id) (gambar 9) yang menyajikan data secara semi realtime. Untuk mendapatkan data yang sudah divalidasi Badan Informasi Geospasial sudah menerapkan pelayanan satu pintu yaitu melalui [info@big.go.id](mailto:info@big.go.id) dan complain terhadap layanan dapat dikirim ke [srgi@big.go.id](mailto:srgi@big.go.id)

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penyeragaman metode pengamatan pasang surut sudah dilakukan di lokasi berikut ini (gambar 7), artinya dilokasi tersebut sudah terdapat referensi yang berlapis yang diharapkan dapat menjaga keakuratan data pasang surut selama 18 tahun ke depan atau lebih.

Komponan referensi yang berlapis ini diharapkan dapat menjaga keakuratan data pasang surut mengingat banyak sekali gangguan yang tidak bias dikontrol seperti bencana alam yang merusak infrastruktur di lapangan, pelebaran dermaga sehingga letak stasiun pasang surut harus dipindahkan, ataupun karena kerusakan alami bangunan pasang surut yang sudah rusak

karena usia. Dengan referensi yang berlapis antara palem, tap, tip, pin, dan gpaspasut diharapkan ada salah satu yang bias ditemukan untuk dijadikan acuan jika stasiun mengalami relokasi.

GPSpasut yang dibangun diatas rumah pasut dan pengukuran beda tinggi yang dilakukan rutin setiap perawatan stasiun pasang surut selain untuk referensi juga bermanfaat untuk melihat geodinamika pergerakan vertikal di lokasi stasiun pasang surut.

#### 4. Kesimpulan

Stasiun pasang surut yang sudah menerapkan referensi pemetaan yang berlapis ada 55 stasiun dari total 138 stasiun yang dikelola Badan Informasi Geospasial. masih ada 80 stasiun lagi yang akan dilengkapi, berdasarkan laporan sampai bulan Agustus 2018.

Dengan telah diterapkannya sistem pengelolaan pasang surut yang dilakukan saat ini, diharapkan data pengamatan pasang surut yang panjang (18 tahun) dapat diperoleh. Sehingga pada tahun 2036 kita sudah memiliki muka laut rata-rata hasil dari

pengamatan 18 tahun yang dianggap berimpit dengan geoid, artinya geoid bisa kita sentuh.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Apresiasi yang setinggi-tingginya kepada kepala bidang dan seluruh staff bidang jaring kontrol horizontal dan vertikal Pusat JKGG, Badan Informasi Geospasial yang sudah bekerja keras menjamin stasiun pasang surut dapat beroperasi penuh setiap harinya.

#### 6. Referensi

- Abidin, H. Z. (2000). Penentuan Posisi Dengan GPS dan Aplikasinya (3 ed.). Jakarta: P.T. Pradnya Paramita,  
39\_SNI 7924-2013\_Instalasi Stasiun Pasut  
25\_SNI 7963-2014\_Pengamatan Pasang Surut

**Prosiding CGISE**

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

**Analisis Perbandingan Pemantauan Penurunan Muka Tanah Metode Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar dan Persistent Scatterer Interferometric Aperture Radar di Wilayah Pesisir Semarang dan Demak Tahun 2016 - 2017**Reyhan Azeriansyah<sup>1</sup><sup>1</sup> Magister Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada, Indonesia**ARTICLE INFO***Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:* DInSAR, PMT, PS-InSAR, SAR, StaMPS*Corresponding Author:*

Reyhan Azeriansyah

Email: reyhanazeriansyah@mail.ugm.ac.id

**ABSTRACT**

Penurunan muka tanah merupakan fenomena yang sedang terjadi di wilayah pesisir Indonesia khususnya Kota Semarang dan Kabupaten Demak yang disebabkan oleh berbagai aspek alami maupun buatan. Salah satu metode penginderaan jauh untuk memantau penurunan muka tanah dengan memanfaatkan citra SAR dengan metode Interferometric Synthetic Aperture Radar (InSAR). Pada prosesnya InSAR untuk pemantauan penurunan muka tanah terbagi menjadi dua yakni menggunakan sepasang citra SAR (Differential InSAR) dan beberapa citra SAR secara multi-temporal (Persistent Scatterer InSAR) yang salah satunya adalah metode StaMPS (Stanford Method of Persistent Scatterers). Dari kedua hasil tersebut akan dianalisis keandalan antara kedua metode tersebut dengan memanfaatkan citra SAR Sentinel-1 dalam pemantauan penurunan muka tanah di wilayah pesisir Kota Semarang dan Demak pada tahun 2016 - 2017. Hasil akhir dari penelitian ini adalah peta penurunan muka tanah metode DInSAR, PS-InSAR serta perbandingan hasil antara kedua metode tersebut dengan data yang dianggap benar yakni pengamatan GNSS Tahun 2017 agar dapat diketahui keandalan kedua metode.

**1. Pendahuluan**

Penurunan muka tanah merupakan suatu proses gerakan penurunan muka tanah yang didasarkan atas suatu datum atau kerangka referensi geodesi tertentu akibat berbagai macam variabel (Marfai and King 2006). Fenomena ini yang terjadi di wilayah Semarang dan Demak terutama wilayah yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa. Penyebab terjadinya fenomena ini terutama akibat hilangnya daerah resapan air, struktur geologi dan semakin banyaknya aktifitas manusia untuk menggunakan air tanah melebihi kapasitasnya. Fenomena ini telah banyak dilakukan pengamatan secara geodetik baik secara pengukuran terestrial maupun penginderaan jauh (Abidin, Andreas et al. 2010). Salah satu teknologi penginderaan jauh yang dapat digunakan adalah InSAR.

InSAR merupakan bagian dari sistem radar yang mana memiliki prinsip pengukuran jarak dari sensor ke target (Ismullah 2002). InSAR terbagi menjadi dua metode untuk pemantauan deformasi yakni *Differential INSAR* menggunakan dua pasang citra dan *Persistent Scatterers INSAR* menggunakan lebih dari 4 citra secara multi temporal. DInSAR adalah teknik akuisisi dua citra SAR berpasangan kombinasi data citra kompleks pada posisi spasial yang sama atau posisinya sedikit berbeda pada area sama dengan melakukan perkalian konjugasi berganda yang hasilnya berupa model elevasi digital (DEM) atau pergeseran suatu permukaan bumi (Cumming 2005). PS InSAR merupakan pengembangan metode DInSAR yang dapat memantau deformasi berdasarkan objek tetap yang ada di permukaan bumi (Ferrarti et al, 1999 dalam (Prasetyo 2014)). Salah satu metode PS yang berkembang adalah metode Stanford Method of Persistent Scatterers (StaMPS) yang dapat

mengidentifikasi dan mengekstraksi deformasi tidak hanya objek tetap tetapi juga objek yang tidak tetap berdasarkan tingkat kecerahan dari pantulan citra SAR atau *Amplitude Dispersion* (Hooper 2006).

Kedua metode ini memiliki banyak kelebihan dan kekurangan. Pada penelitian ini akan dibahas tentang kehandalan dari metode DInSAR dan metode PS-InSAR dalam memantau penurunan muka tanah di Kota Semarang dan Demak pada tahun 2016 sampai tahun 2017 menggunakan citra Sentinel-1 yang merupakan satelit SAR terbaru dari *Europe Space Agency* (ESA) menggunakan sensor *C-band* (européenne 2012). Hasil akhir dari penelitian ini adalah nilai penurunan muka tanah berdasarkan metode DInSAR, penurunan muka tanah berdasarkan metode PS-InSAR dan perbandingan hasil metode DInSAR dan PS-InSAR dengan pengamatan GNSS tahun 2017 (Kasfari, Yuwono et al. 2018) dengan harapan kedua metode ini dapat menjadi pertimbangan dalam pemantauan geodinamika dengan cakupan yang luas dan hasil yang handal.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam pengolahan merupakan citra SAR Sentinel-1A dengan tipe akuisisi *Interferometric Wide Swath* (IW) tingkat *Level - 1 Single Look Complex* (SLC) selama satu tahun dari bulan April 2016 sampai Juni 2017 dengan rincian pada Tabel 1.

Tabel 1 Citra SAR yang digunakan

No.	Citra SAR	Akuisisi	Arah Orbit
1	Sentinel-1A	16 April 2016	<i>Descending</i>
2	Sentinel-1A	8 Mei 2016	<i>Descending</i>
3	Sentinel-1A	01 Juni 2016	<i>Descending</i>
4	Sentinel-1A	19 Juli 2016	<i>Descending</i>
5	Sentinel-1A	12 Agustus 2016	<i>Descending</i>
6	Sentinel-1A	26 September 2016	<i>Descending</i>
7	Sentinel-1A	23 Oktober 2016	<i>Descending</i>
8	Sentinel-1A	16 November 2016	<i>Descending</i>
9	Sentinel-1A	10 Desember 2016	<i>Descending</i>
10	Sentinel-1A	27 Januari 2017	<i>Descending</i>
11	Sentinel-1A	21 April 2017	<i>Descending</i>
12	Sentinel-1A	03 Mei 2017	<i>Descending</i>
13	Sentinel-1A	20 Juni 2017	<i>Descending</i>

Lokasi penelitian merupakan 13 kecamatan Kota Semarang dan 1 kecamatan Kabupaten Demak yang berbatasan langsung dengan Laut Jawa dengan rincian seperti pada Gambar 1 berikut.

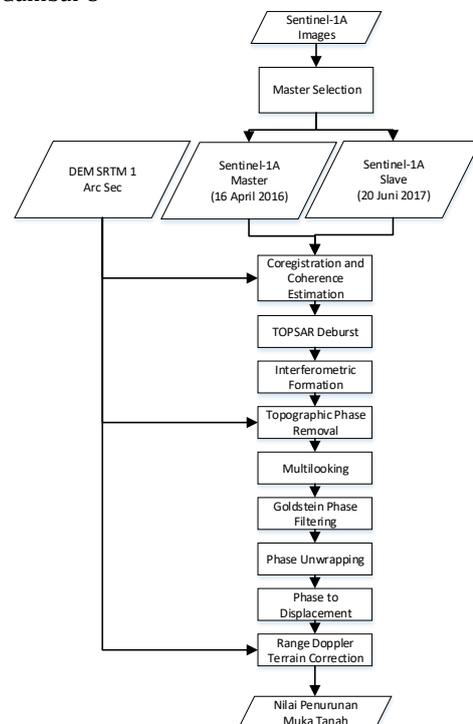


Gambar 1 Lokasi Penelitian

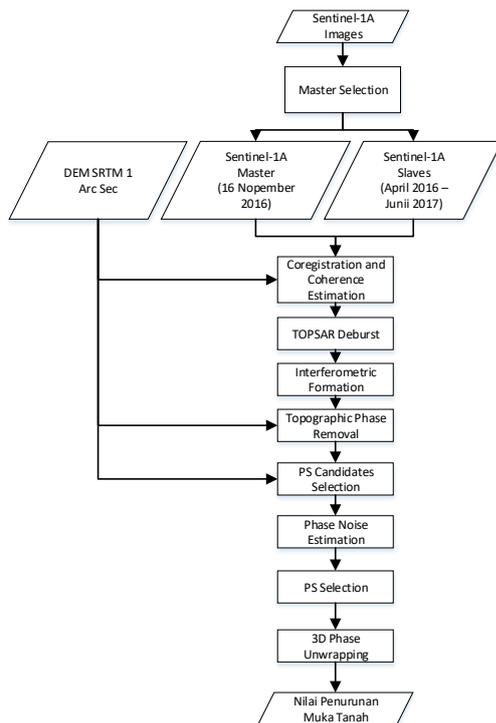
Kota Semarang terdiri dari Kecamatan Gajahmungkur, Candisari, Semarang Selatan, Ngaliyan, Semarang Barat, Semarang Tengah, Semarang Timur, Semarang Utara, Pedurungan, Gayamsari dan Genuk. Kabupaten Demak hanya Kecamatan Sayung

### 2.2. Metodologi

Proses DInSAR menggunakan dua buah citra SAR sedangkan PS-InSAR menggunakan 13 buah citra SAR. Pada beberapa prosesnya, proses pada DInSAR dan PS-InSAR akan menggunakan DEM SRTM 1-Arc Sec. Secara garis besar proses dari penelitian ini dibagi menjadi dua tahapan yakni tahapan pemrosesan *Differential Interferometric SAR* yang dijelaskan pada Gambar 2 dan pemrosesan *Persistent Scatterers Interferometric SAR* pada Gambar 3



Gambar 2 Diagram Alir DInSAR



Gambar 3 Diagram Alir PS-InSAR

Kedua proses antara DInSAR dan PS-InSAR memiliki beberapa kesamaan dan perbedaan. Kesamaan kedua metode tersebut terdapat pada pemrosesan dari pencocokan sepasang citra SAR atau koregistrasi hingga proses eliminasi fasa topografi atau *topographic phase removal*. Selebihnya proses awal dan akhir antara kedua metode tersebut berbeda.

Pada tahap awal penentuan citra *master* dan *slave* pada DInSAR dilakukan secara sederhana yang mana citra *master* merupakan citra akuisisi paling tua dan *slave* merupakan citra termuda dari sepasang citra SAR. Sedangkan pada PS-InSAR penentuan *master* dilakukan dengan melakukan estimasi *baseline* tiap citra untuk mengetahui citra utama dengan *baseline* terpendek.

Selain itu pada proses DInSAR dilakukan proses *filtering* dengan metode *Goldstein Phase Filtering* untuk mereduksi *noise* fasa untuk meningkatkan kualitas dari proses mengubah fasa relatif menjadi fasa absolut yang disebut *phase unwrapping* (Goldstein and Werner 1998). Sedangkan pada PS-InSAR *filtering* dilakukan pada proses metode *StaMPS* dengan estimasi *noise* fasa tiap piksel hasil *interferogram*.

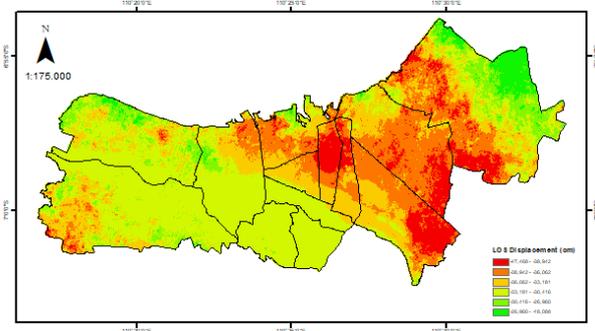
Tahap akhir dari DInSAR akan dapat langsung diproses dari nilai fasa ke dalam beda tinggi setelah melewati *phase unwrapping*. Berbeda dengan hasil PS-InSAR harus melalui proses *StaMPS* yang terdiri dari penentuan kandidat piksel dengan menggunakan *amplitude dispersion index*, estimasi dan reduksi *noise* fasa, penentuan kandidat piksel terkoreksi untuk pengubahan fasa ke beda tinggi, proses *3D phase unwrapping* dengan parameter planimetrik dan waktu dan estimasi nilai penurunan muka tanah baik rata-rata per tahun maupun *time series* (Habib, Labbassi et al. 2017).

Tahap akhir dari pengolahan adalah perbandingan kedua metode yakni DInSAR dan PS-InSAR dengan data pengamatan GNSS tahun 2017-2018 di Kota Semarang.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Differential Interferometric SAR

Berdasarkan hasil metode DInSAR didapatkan nilai maksimum penurunan muka tanah sebesar -41,692 cm dan minimum penurunan muka tanah sebesar -11.391 cm dari April 2016 – Juni 2017 pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Metode DInSAR

Nilai hasil metode DInSAR pada masing-masing kecamatan di Kota Semarang tersaji pada Tabel 2.

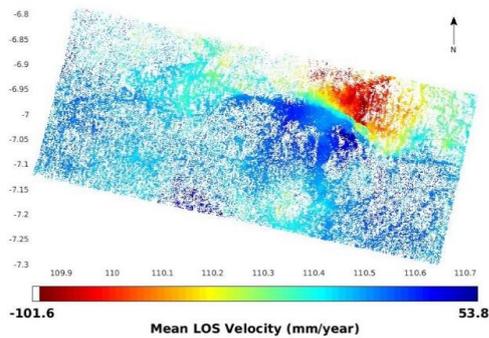
Tabel 2 Hasil Metode DInSAR

No.	Kecamatan	Maksimum (cm)	Rerata (cm)	Minimum (cm)
1	Gajahmungkur	-25.841	-31.819	-35.040
2	Candisari	-29.383	-31.910	-33.352
3	Semarang Selatan	-28.729	-32.178	-35.234
4	Ngaliyan	-25.020	-32.437	-43.222
5	Semarang Barat	-24.473	-32.614	-41.789
6	Semarang Tengah	-30.745	-35.313	-40.772
7	Semarang Timur	-32.050	-38.334	-44.573
8	Semarang Utara	-25.082	-35.326	-42.174
9	Tugu	-20.227	-31.539	-40.770
10	Pedurungan	-28.184	-37.123	-47.468
11	Gayamsari	-30.768	-36.720	-44.204
12	Genuk	-24.132	-36.992	-46.284
13	Sayung	-18.089	-33.217	-45.451

Berdasarkan hasil metode DInSAR seluruh kecamatan yang menjadi area penelitian mengalami penurunan muka tanah dengan intensitas lebih dari 15 cm dari bulan April 2016 – Juni 2017.

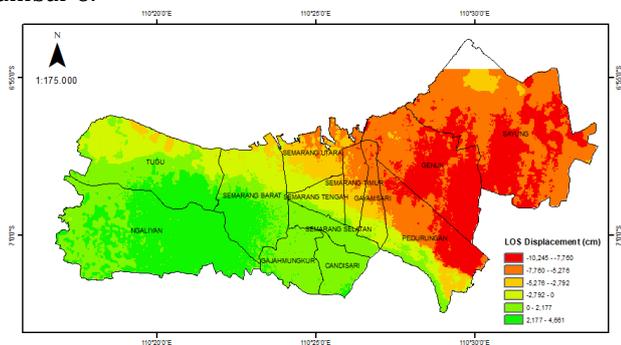
#### 3.2. Persistent Scatterers Interferometric SAR

Hasil dari PS-InSAR merupakan *Mean LOS Velocity* dengan nilai maksimum penurunan muka tanah -10,16 cm dan maksimum kenaikan muka tanah sebesar 5,38 cm pada Gambar 5.



Gambar 5. Hasil Metode PS-InSAR

Hasil ini kemudian dirapatkan dengan teknik interpolasi *kriging* berdasarkan area penelitian yang terjadi pada Gambar 6.



Gambar 6. Hasil Metode PS-InSAR

Nilai hasil PS-InSAR pada masing-masing kecamatan di Kota Semarang tersaji pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Metode PS-InSAR

No.	Kecamatan	Maksimum (cm)	Rerata (cm)	Minimum (cm)
1	Gajahmungkur	3,047	1,707	0,667
2	Candisari	2,738	1,573	0,586
3	Semarang Selatan	2,566	1,292	-0,946
4	Ngaliyan	4,661	2,453	-0,422
5	Semarang Barat	3,606	0,696	-5,143
6	Semarang Tengah	1,756	-1,545	-5,986
7	Semarang Timur	0,876	-4,460	-8,041
8	Semarang Utara	0,201	-4,113	-9,231
9	Tugu	4,057	0,548	-4,148

No.	Kecamatan	Maksimum (cm)	Rerata (cm)	Minimum (cm)
10	Pedurungan	2,512	-5,366	-10,245
11	Gayamsari	0,838	-4,179	-8,403
12	Genuk	-4,795	-8,020	-10,239
13	Sayung	-3,805	-7,346	-10,111

Berdasarkan hasil metode PS-InSAR penurunan muka tanah tertinggi terjadi pada Kecamatan Pedurungan sebesar -10,245 cm dan Kecamatan Genuk sebesar -10,239 cm. Beberapa kecamatan berdasarkan metode PS-InSAR mengalami kenaikan tertinggi sebesar 4,661 cm di Kecamatan Ngaliyan dan 4,057 cm di Kecamatan Tugu.

### 3.3. Perbandingan DInSAR dan PS-InSAR

Perbandingan dilakukan pada 6 titik sampel yang tersebar pada area penelitian terhadap metode DInSAR dan PS-InSAR dengan data pengamatan GNSS tahun 2017 seperti yang terlihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Titik Pengukuran GNSS

Berdasarkan hasil perbandingan antara metode DInSAR dan PS-InSAR dengan pengamatan GNSS tahun 2017 pada Tabel 4 diketahui bahwa kedua metode tersebut memiliki hasil yang berbeda apabila dibandingkan dengan data pengamatan GNSS yang dilakukan di area penelitian. Perbedaan yang signifikan terjadi pada metode DInSAR yang memiliki rerata perbedaan -29.067 cm sedangkan metode PS-InSAR memiliki rerata perbedaan 4.893 cm. Berdasarkan hasil ini metode PS-InSAR memiliki hasil yang mendekati dengan nilai dari pengamatan GNSS.

Tabel 4 Perbandingan DInSAR dan PS-InSAR dengan Pengamatan GNSS

No.	Titik Pengamatan GNSS	Latitude	Longitude	Pengamatan GNSS (cm)	DInSAR (cm)	PS-InSAR (cm)	Selisih DInSAR dan GNSS (cm)	Selisih PS-InSAR dan GNSS (cm)	
1	N259	-6.972	110.442	-3.440	-33.090	0.572	-29.650	4.012	
2	SMK3	-6.979	110.377	-2.180	-32.355	0.898	-30.175	3.078	
4	SP05	-6.936	110.499	-3.380	-32.292	0.903	-28.912	4.283	
5	CTRM	-6.918	110.515	-10.030	-41.402	-5.175	-31.372	4.855	
6	K371	-6.921	110.489	-5.800	-31.030	2.436	-25.230	8.236	
							Rerata (cm)	-29.067	4.893
							S. Deviasi (cm)	2.080	1.767

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dapat disimpulkan bahwa kedua metode mampu mengidentifikasi geodinamik baik penurunan muka tanah atau kenaikan muka tanah dengan cakupan yang sangat luas. Pada prosesnya kedua metode memiliki perbedaan terutama dari segi tahapan dan jumlah citra yang digunakan. Perbandingan hasil pengamatan GNSS dengan kedua metode menunjukkan bahwa hasil PS-InSAR mendekati dengan hasil pengukuran GNSS dengan rerata perbedaan 4.893 cm sedangkan metode DInSAR memiliki perbedaan yang jauh dengan pengamatan GNSS dengan rerata perbedaan sebesar -29.067 cm. Metode PS-InSAR dapat dijadikan salah satu solusi lain dalam pengamatan geodinamik terutama penurunan muka tanah.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih kepada civitas akademika Departemen Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada dan Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro yang telah membantu dari segi penyediaan data, tenaga, pikiran dan sumber daya pada penelitian ini.

#### 6. Referensi

Abidin, H. Z., et al. (2010). Studying Land Subsidence in Semarang (Indonesia) Using Geodetic Methods.

Cumming, I. G. (2005). Digital processing of synthetic aperture radar data : algorithms and implementation. *F. H.-c. Wong. Boston ; Artech House.*

Européenne, A. S. (2012). Sentinel-1: ESA's Radar Observatory Mission for GMES Operational Services, ESA communications production.

Goldstein, R. M. and C. L. Werner (1998). "Radar interferogram filtering for geophysical applications." *Geophysical research letters 25(21): 4035-4038.*

Habib, A., et al. (2017). Land deformation monitoring using PS-InSAR technique over Sahel-Doukkala (Morocco). *Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP), 2017 International Conference on, IEEE.*

Hooper, A. J. (2006). Persistent scatter radar interferometry for crustal deformation studies and modeling of volcanic deformation.

Ismullah (2002). Model Tinggi Digital Hasil Pengolahan Radar Interferogrametri Satelit Untuk Wilayah Berawan : Studi Kasus Gunung Cikurai Jawa Barat. *Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung. Doktor.*

Kasfari, R., et al. (2018). Pengamatan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2017. *Jurnal Geodesi Undip 7(1): 120-130.*

Marfai, M. A. and L. King (2006). Impact of the escalated tidal inundation due to land subsidence in a coastal environment. *Geophysical Research Abstracts.*

Prasetyo, Y. (2014). Analisis Optimasi dan Estimasi Penentuan Penurunan Muka Tanah Menggunakan Teknik Light Permanent Scatterer Interferometric Synthetic Aperture Radar (LPS-InSAR): Studi Kasus Cekungan Bandung. *Departemen Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung. Doktor.*

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# Perhitungan Pergeseran Lokal Sesar Baribis menggunakan Parameter Kutub Euler Blok Sunda

Ridho Ilahi<sup>1</sup>, Leni Sophia Heliani<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

**Keywords:** Analisis Pergeseran, Parameter Kutub Euler, GAMIT 10.5, Sesar Baribis.

#### Corresponding Author:

Ridho Ilahi

Email: ridho.ilahi@mail.ugm.ac.id

### ABSTRACT

Pulau Jawa memiliki kondisi geodinamika yang tinggi yang berasal dari proses subduksi lempeng Indo-Australia terhadap Tatanan Blok Sunda. Proses subduksi Pulau Jawa menghasilkan kenampakan geologi regional di daratan Pulau Jawa yang ditandai dengan pola sesar. Sesar mengarah timur-barat merupakan sesar yang paling dominan di Pulau Jawa, membentang dari Jawa bagian barat hingga Jawa bagian timur. Salah satu sesar yang diindikasikan sebagai sesar aktif mengarah timur-barat adalah sesar Baribis yang berada di barat Pulau Jawa. Tercatat, telah terjadi gempa bumi yang disebabkan aktivitas sesar Baribis yaitu enam event gempa dalam kurun waktu tahun 2009 hingga 2015. Analisis pergeseran di sekitar sesar Baribis dibutuhkan dalam mendeteksi aktivitas sesar Baribis. Metode yang digunakan adalah perhitungan kecepatan lokal sesar Baribis menggunakan parameter kutub Euler Blok Sunda. Titik pantau deformasi yang digunakan sebanyak 7 buah pada epoch 2015, 2016 dan 2017 serta diikatkan ke 11 stasiun IGS dan ITRF 2008. Perhitungan kecepatan titik pantau deformasi menggunakan perangkat lunak GAMIT 10.6 secara simultan untuk semua epoch. Perhitungan kecepatan regional Blok Sunda menggunakan perangkat lunak Euler Pole Calculator yang dijalankan di MATLAB, sedangkan kecepatan lokal didapatkan dari residu kecepatan hasil pengolahan GAMIT terhadap kecepatan regional Blok Sunda. Kecepatan lokal titik pantau deformasi yang dihasilkan memiliki arah dan besar yang variatif dan berbeda terhadap arah pergeseran Blok Sunda sehingga dapat diindikasikan terjadi pergeseran lokal yang hanya disebabkan oleh sesar Baribis. Besar kecepatan lokal berkisar dari 2 mm s.d 9 mm per tahun, dengan arah dominan ke barat daya. Berdasarkan hasil pengolahan, sesar Baribis merupakan segmen sesar mengarah timur-barat yang aktif.

## 1. Pendahuluan

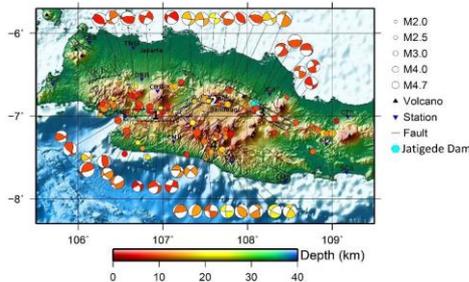
### 1. Latar Belakang

Pulau Jawa memiliki kondisi geodinamika yang tinggi. Kondisi ini disebabkan letak Pulau Jawa yang berada di sekitar zona subduksi, antara lempeng indo-australia terhadap Tatanan Blok Sunda. Lempeng Indo-Australia bergerak ke arah utara (Bock, 2003), sedangkan Tatanan Blok Sunda bergerak ke arah selatan dengan kecepatan 6 s.d. 10 mm per tahun

(Simons dkk., 2007) dan merupakan segmen yang terpisah dari Lempeng Eurasia (Fitch, 1972; Cardwell dan Isacks, 1978; Curray, 1989; Hall dan Nichols, 2002).

Zona Subduksi menyebabkan terjadi kenampakan tektonik regional di daratan Pulau Jawa yang ditandai dengan pola sesar. Prasetyadi dkk (2011) menyatakan salah satu segmen sesar aktif Pulau Jawa mengarah timur-barat adalah sesar Baribis, yang memanjang dari Majalengka hingga Subang (Pusat

Studi Gempa Nasional, 2017). Keaktifan Sesar Baribis dibuktikan dengan event gempa yang telah terjadi. Tercatat, dalam kurun waktu 2009 hingga 2015 terjadi enam event gempa yang ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Event Gempa di Sekitar Sesar Baribis

Aktivitas sesar baribis dapat ditentukan melalui perhitungan pergeseran dengan memanfaatkan data multi epoch dari pengamatan GPS dan parameter kutub euler Blok Sunda. Setiap lempeng atau blok memiliki parameter kutub euler masing-masing sehingga besar pergerakan dari sebuah lempeng atau blok dapat dikuantifikasi (Thatcher, 2009 di dalam Kuncoro, 2013). Nilai kecepatan pergeseran di sekitar Sesar Baribis dapat digunakan sebagai dasar dalam kegiatan mitigasi bencana sehingga dapat meminimalisir dampak yang terjadi.

## 2. Tinjauan Pustaka

Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi empat lempeng regional aktif. Salah satu lempeng atau blok yang menyusun Kepulauan Indonesia adalah Blok Sunda. Telah banyak dilakukan penelitian terkait aktivitas Blok Sunda, seperti Bock dkk. (2003) dan Michel dkk. (2001). Pulau Jawa merupakan batas selatan Blok sunda (Kuncoro dkk., 2015) sehingga arah pergerakannya sama dengan arah pergerakan Blok Sunda yang bergerak ke tenggara (Yudistira, 2015; Bock, 2003).

Zona subduksi di selatan Pulau Jawa menyebabkan terbentuk tektonik regional di daratan Pulau Jawa yang ditandai dengan pola sesar. Abidin dkk. (2009) menentukan besar pergerakan horizontal di sekitar sesar Baribis. Besar yang dihasilkan berkisar antara 1 cm hingga 2.1 cm menggunakan data pengukuran bulan Juni 2007 dan November 2007. Selain sesar Baribis, Honggorahardjo (2009) melakukan pendeteksian pergeseran di sekitar sesar Cimandiri dengan hasil besar pergeseran 0.1 hingga 2 cm.

Dari penelitian yang telah dilakukan, diperlukan penelitian untuk mengetahui pergeseran di sekitar sesar Baribis dengan data yang terbaru, sehingga dapat digunakan dalam kegiatan yang terkait mitigasi bencana di sekitar Sesar Baribis.

## 3. Landasan Teori

### 1) Parameter Kutub Euler Untuk Estimasi Kecepatan Lempeng

Kecepatan pergerakan dari sebuah lempeng di permukaan bumi dapat di buktikan dengan teori parameter rotasi Euler. Kutub Euler dari suatu lempeng tertentu diatas

permukaan bumi ditentukan oleh posisi lintang dan bujur dari sumbu rotasi serta kecepatan rotasi sudut. Setiap lempeng memiliki tiga parameter yang berbeda dan bersifat unik. Kemudian, dengan mengasumsikan bumi berbentuk bola, kecepatan perubahan posisi stasiun x yang berada pada lempeng j dapat dinyatakan sebagai hasil kali dari vektor kecepatan angular dan vektor posisi (Goudarzi dkk., 2014). Kecepatan perubahan posisi stasiun x yang berada pada lempeng j sesuai pada persamaan (1).

$$v_x^j = X_x \times \Omega^j = \begin{bmatrix} 0 & z & -y \\ -z & 0 & x \\ y & -x & 0 \end{bmatrix}_x \times \begin{bmatrix} \omega_x \\ \omega_y \\ \omega_z \end{bmatrix}^j \quad (1)$$

Keterangan rumus:

$v_x^j$  : vektor kecepatan pergerakan

$x_x, y_x, z_x$  : vektor posisi pada stasiun x

$\omega_x, \omega_y, \omega_z$  : Kecepatan angular / vektor Euler dari suatu lempeng j

### 2) Vektor Kecepatan

Besar kecepatan titik pantau deformasi dapat dihitung menggunakan konsep kalman filtering. Dalam perhitungan, diperlukan dua buah koordinat yang sama dalam epoch yang berbeda. Tahap perhitungan seperti persamaan (2),(3) dan (4) (Modifikasi Acar dkk., 2004)

$$E_j^{k+1} = E_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)V_{Ej} + \frac{1}{2}(t_{k+1} - t_k)^2 a_{Ej} \quad (2)$$

$$N_j^{k+1} = N_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)V_{Nj} + \frac{1}{2}(t_{k+1} - t_k)^2 a_{Nj} \quad (3)$$

$$U_j^{k+1} = U_j^{(k)} + (t_{k+1} - t_k)V_{Uj} + \frac{1}{2}(t_{k+1} - t_k)^2 a_{Uj} \quad (4)$$

Konsep kalman filtering dapat diterapkan untuk menghitung kecepatan dari titik pantau deformasi dengan persamaan (5),(6) dan (7) (Modifikasi EHIGIATOR-IRUGHE, 2014)

$$V_{Ej}^{k+1} = \frac{E_j^{k+1} - E_j^k}{\Delta t_{k+1,k}} \quad (5)$$

$$V_{Nj}^{k+1} = \frac{N_j^{k+1} - N_j^k}{\Delta t_{k+1,k}} \quad (6)$$

$$V_{Uj}^{k+1} = \frac{U_j^{k+1} - U_j^k}{\Delta t_{k+1,k}} \quad (7)$$

## 2. Data dan Metodologi

### 1. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas (1) data pengamatan GPS yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial berupa tujuh titik pantau deformasi pada epoch 2015, 2016 dan 2017. Tujuh titik pantau deformasi tersebut adalah titik yang tersebar di sekitar sesar Baribis, yang menggunakan stasiun CORS BIG, yaitu BAKO, CRKS, CBTU, CPWK, CLBG, CSUM dan CROL. Persebaran titik pantau deformasi di sekitar sesar Baribis sesuai dengan gambar 2. (2) Data RINEX 11 stasiun IGS sebagai titik referensi, (3) data koreksi atmosfer dan data koreksi pasang surut bumi sebagai input dalam pengolahan menggunakan software GAMIT GLOBK 10.6,

(4) parameter kutub euler Blok Sunda hasil penelitian Kuncoro (2018), berupa lintang, bujur dan kecepatan sudut rotasi beserta simpangan baku untuk menghitung kecepatan regional Blok Sunda seperti ditunjukkan tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kutub Euler Blok Sunda

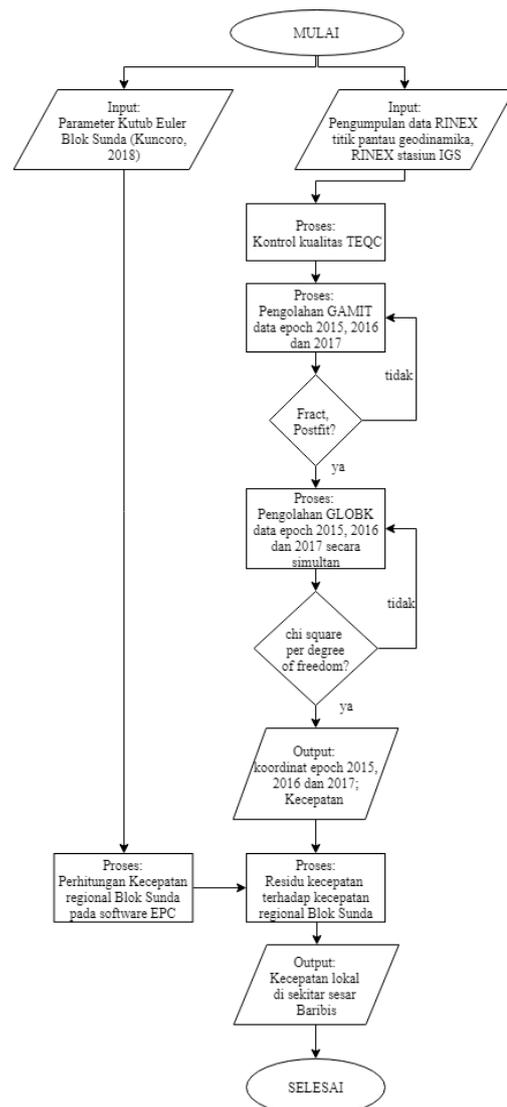
$\lambda$ (bujur)	$\varphi$ (lintang)	Angular Velocity	$\sigma\lambda$	$\sigma\varphi$	$\sigma$ Angular Velocity
46,2	-89,4	0,327	2,8	0,6	0,008



Gambar 2. Pesebaran Titik Pantau Deformasi

## 2. Metodologi

Metodologi penelitian yang digunakan terdiri atas dua kegiatan utama, yaitu pengumpulan data sekunder serta pengolahan data. Gambar 3 menunjukkan diagram alir yang dilakukan dalam penelitian ini. Dimulai dari tahap cek kualitas data rinex, pengolahan menggunakan GAMIT, GLOBK, serta perhitungan residu antara kecepatan yang dihasilkan dari perangkat lunak GAMIT terhadap kecepatan regional Blok Sunda yang dihasilkan dari perangkat lunak EPC.



Gambar 3. Diagram Alir Penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

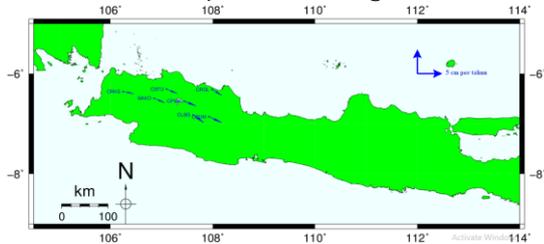
1. Koordinat Titik Pantau Deformasi Epoch 2015, 2016 dan 2017

Pengolahan tujuh titik pantau deformasi di sekitar sesar Baribis menggunakan perangkat lunak GAMIT GLOBK 10.6 menghasilkan koordinat serta simpangan baku titik pantau deformasi. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan koordinat pada epoch 2015, 2016 dan 2017 dalam fraksi meter.

2. Kecepatan Hasil GAMIT GLOBK

Selain menghasilkan keluaran koordinat dan simpangan baku, pengolahan menggunakan GAMIT GLOBK 10.6 juga menghasilkan kecepatan yang berada di titik pantau deformasi yang menunjukkan besar pergeseran titik pantau deformasi yang berada di sekitar sesar Baribis. Perhitungan kecepatan dilakukan secara simultan menggunakan data *epoch* 2015, 2016 dan 2017 secara bersamaan. Tabel 3 menunjukkan besar kecepatan total titik pantau deformasi dalam fraksi meter.

Metode simultan yang digunakan menghasilkan kecepatan yang berkisar dari 2.3 s.d. 2.9 cm per tahun, sedangkan arah yang dihasilkan semua titik bergeser menuju tenggara. Arah yang sama menunjukkan pergeseran yang terjadi dipengaruhi oleh dua hal, yaitu pergerakan Blok Sunda dan Pergerakan lokal yang disebabkan oleh sesar Baribis. Visualisasi kecepatan pergeseran titik pantau deformasi ditunjukkan melalui gambar 4.

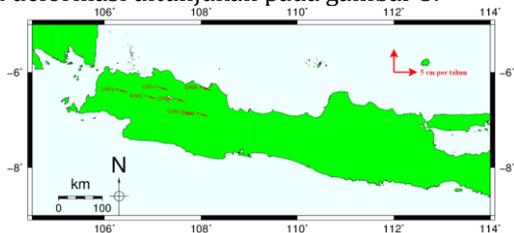


Gambar 4. Visualisasi Kecepatan Pergeseran Aspek Horizontal

### 1. Kecepatan Regional Blok Sunda

Kecepatan regional Blok Sunda dihitung menggunakan parameter kutub euler Blok Sunda sesuai Tabel 1 yang dijalankan di perangkat lunak Euler Pole Calculator. Keluaran menghasilkan kecepatan regional tujuh titik pantau deformasi yang hanya melibatkan parameter kutub euler kecepatan Blok Sunda. Tabel 4 merupakan hasil kecepatan regional Blok Sunda tujuh titik pantau deformasi di sekitar sesar Baribis dalam fraksi meter.

Besar kecepatan Blok Sunda di tujuh titik pantau deformasi sebesar 2.4 cm per tahun menuju tenggara. Visualisasi besar kecepatan Blok Sunda di tujuh titik pantau deformasi ditunjukkan pada gambar 5.



Tabel 2. Koordinat Titik Pantau Deformasi Epoch 2015, 2016, dan 2017

No	Stasiun	2015			2016			2017		
		Easting	Northing	Up	Easting	Northing	Up	Easting	Northing	Up
1	BAKO	11818099.92	-722580.96	158.12	11818099.94	-722580.97	158.13	11818099.97	-722580.98	158.12
2	CRKS	11754559.54	-707760.41	43.35	11754559.56	-707760.42	43.35	11754559.59	-707760.42	43.40
3	CBTU	11849722.76	-702238.87	64.59	11849722.78	-702238.88	64.60	11849722.81	-702238.89	64.60
4	CPWK	11882389.46	-729267.07	108.51	11882389.49	-729267.08	108.51	11882389.52	-729267.09	108.51
5	CLBG	11894844.04	-759693.05	1329.73	11894844.07	-759693.07	1329.77	11894844.09	-759693.08	1329.76
6	CSUM	11927849.57	-763530.39	482.45	11927849.60	-763530.40	482.45	11927849.63	-763530.42	482.46
7	CROL	11947934.30	-702709.61	32.24	11947934.32	-702709.62	32.22	11947934.35	-702709.63	32.21

Tabel 3. Kecepatan Titik Pantau Deformasi Hasil Pengolahan GAMIT GLOBK 10.6

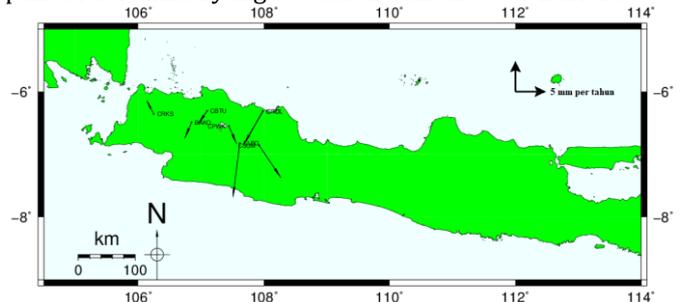
No	Stasiun	Kecepatan			Simpangan Baku			Azimuth(°)
		Northing	Easting	Up	Northing	Easting	Up	
1	BAKO	-0.00969	0.02224	0.00375	0.00061	0.00073	0.00152	113.5428

Gambar 5. Visualisasi Kecepatan Pergeseran Blok Sunda di Titik Pantau Deformasi

### 2. Kecepatan Lokal Titik Pantau Deformasi

Kecepatan lokal titik pantau deformasi dihitung dengan melakukan residu antara kecepatan hasil pengolahan GAMIT GLOBK terhadap kecepatan regional Blok Sunda. Kecepatan lokal merupakan kecepatan yang hanya dipengaruhi oleh aktivitas sesar Baribis tanpa di pengaruhi besar pergerakan Blok Sunda. Tabel 5 menunjukkan hasil Kecepatan lokal tujuh titik pantau deformasi di sekitar sesar Baribis dalam fraksi meter.

Kecepatan lokal di sekitar sesar Baribis menghasilkan besar kecepatan antara 2 mm s.d 9 mm, sedangkan untuk arah kecepatannya didominasi menuju barat daya. Titik BAKO, CROL dan CBTU bergerak menuju arah barat daya. Titik CSUM bergerak menuju selatan, CLBG bergerak menuju arah tenggara dan CRKS bergerak menuju arah barat laut. Variasi besar kecepatan lokal dan arah kecepatan titik pantau yang tersebar di sekitar sesar Baribis merupakan indikasi bahwa sesar Baribis merupakan sesar aktif yang perlu dilakukan banyak kajian. Gambar 6 merupakan visualisasi pergeseran lokal titik pantau deformasi yang berada di sekitar sesar Baribis.



Gambar 6. Visualisasi Kecepatan Pergeseran Lokal Aspek Horizontal

2	CRKS	-0.00452	0.02225	0.02298	0.0007	0.00084	0.0021	101.4832
3	CBTU	-0.00937	0.02193	0.00253	0.00065	0.00079	0.0018	113.1355
4	CPWK	-0.01026	0.02461	0.00198	0.00066	0.00081	0.00181	112.6314
5	CLBG	-0.01637	0.02209	0.01397	0.00075	0.00086	0.00262	126.5406
6	CSUM	-0.01287	0.02682	0.00604	0.00073	0.00093	0.00235	115.6348
7	CROL	-0.01304	0.0203	-0.01465	0.00068	0.00083	0.00199	122.7153

Tabel 4. Kecepatan Blok Sunda di Tujuh Titik Pantau Deformasi

No	Stasiun	Kecepatan		Simpangan Baku		Azimuth(°)
		Northing	Easting	Northing	Easting	
1	BAKO	-0.00705	0.02337	0.001197	0.000643	106.79
2	CRKS	-0.00679	0.023424	0.0012	0.000644	106.18
3	CBTU	-0.00715	0.023459	0.001196	0.000645	106.96
4	CPWK	-0.0073	0.02335	0.001195	0.000643	107.36
5	CLBG	-0.00737	0.023224	0.001194	0.000641	107.61
6	CSUM	-0.0075	0.023212	0.001192	0.000641	107.91
7	CROL	-0.00753	0.02347	0.001192	0.000645	107.78

Tabel 5. Kecepatan Lokal di Tujuh Titik Pantau Deformasi

No	Stasiun	Kecepatan		Simpangan Baku		Azimuth(°)
		Northing	Easting	Northing	Easting	
1	BAKO	-0.00264	-0.00113	0.001344	0.000973	203.17
2	CRKS	0.002275	-0.00117	0.001389	0.001058	332.70
3	CBTU	-0.00222	-0.00153	0.001361	0.00102	214.61
4	CPWK	-0.00296	0.00126	0.001365	0.001034	156.94
5	CLBG	-0.009	-0.00113	0.00141	0.001072	187.18
6	CSUM	-0.00537	0.003608	0.001398	0.001129	146.10
7	CROL	-0.00551	-0.00317	0.001372	0.001051	209.90

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian ini didapat beberapa kesimpulan, antara lain:

1. Kecepatan yang dihitung dari data pengamatan GPS *epoch* 2015, 2016 dan 2017 secara simultan menghasilkan nilai kecepatan yang dipengaruhi oleh dua hal, yaitu dipengaruhi oleh pergeseran Blok Sunda dan pergeseran lokal yang diakibatkan sesar. Tujuh titik pantau deformasi bergerak menuju tenggara dengan besar pergeseran berkisar antara 2.3 cm s.d 2.9 cm per tahun.
2. Kecepatan regional Blok Sunda di atas titik pantau deformasi di sekitar sesar Baribis yang dihitung menggunakan parameter Blok Sunda menunjukkan bahwa Blok Sunda bergerak ke tenggara dengan besar pergeseran 2.4 cm per tahun.

3. Kecepatan lokal titik pantau deformasi yang berada di sekitar sesar Baribis diketahui dominan bergerak menuju barat daya dengan besar pergeseran berkisar antara 2 mm s.d 9 mm per tahun.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Informasi Geospasial yang mengizinkan penulis untuk mengakses data pengamatan GPS stasiun CORS yang berada di sekitar sesar Baribis yang digunakan sebagai data utama dalam penelitian ini.

#### 6. Referensi

Abidin, H. Z., Andreas, H., Kato, T., Ito, T., Meilano, I., Kimata, F., Harjono, H. (2009). ( INDONESIA ) USING GPS Along the Java trench the Australian - Oceanic plate is moving and pushing on to and subducting beneath the Java continental crust at a relative

- motion of about 70 mm / yr in NNE direction . According to Natawidjaya [ 2006 ], this . *Journal of Earthquake and Tsunami, Vol. 3, No. 2 (2009) 77-88, 3(2), 77-88.*
- Acar, M., Özlüdemir, M. T., Çelik, R. N., Erol, S., & Ayan, T. (2004). Landslide monitoring through Kalman Filtering: A case study in Gürpınar. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives, 35.*
- Bock, Y. (2003). Crustal motion in Indonesia from Global Positioning System measurements. *Journal of Geophysical Research, 108(B8), 2367.* <https://doi.org/10.1029/2001JB000324>
- Cardwell, R. K., & Isacks, B. L. (1978). Geometry of the subducted lithosphere beneath the Banda Sea in eastern Indonesia from seismicity and fault plane solutions. *Journal of Geophysical Research, 83(8), 2825.* <https://doi.org/10.1029/JB083iB06p02825>
- Curry, J. R. (1989). The Sunda Arc: A model for oblique plate convergence. *Netherlands Journal of Sea Research, 24(2-3), 131-140.* [https://doi.org/10.1016/0077-7579\(89\)90144-0](https://doi.org/10.1016/0077-7579(89)90144-0)
- EHIGIATOR-IRUGHE, R. (2014). Prediction of Dam Deformation Using Kalman Filter Technique Prediction of Dam Deformation Using Kalman Filter Technique. *FIG Congress 2014 Engaging the Challenges – Enhancing the Relevance Kuala Lumpur, Indonesian Journal Of Geospatial Vol. 1, No. 2, 2013, 42-55, 1(2), 42-55.*
- Kuncoro, H. (2018). Rotation of the Sunda Block and Spatiotemporal Characteristics of the Interplate Coupling in the Java Subduction Zone, Indonesia. *Department of Geophysics Graduate School of Science Tohoku University.*
- Michel, G. W., Qui, Y., Yuan, S., Reigber, C., Y, M. B., Reinhart, E., Matheussen, S. (2001). Crustal motion and block behaviour in SE-Asia from GPS measurements. *Earth Planet. Sci. Lett., 187, 239- 244, 2001, 187, 239-244.*
- Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Permukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. *Peta Sumber Gempa dan Bahaya Gempa Indonesia Tahun 2017.* 2017. Jalan Panyaungan Cileunyi Wetan Kabupaten Bandung 40393. ISBN 978-602-5489-01-3
- Malaysia 16-21 June 2014, (November 2015).*
- Fitch, T. J. (1972). Plate Convergence, Transcurrent Faults and Internal Deformation Adjacent to Southeast Asia and the Western Pacific. *J. Geo- Phys. Res., 77(23), 4432-4460, (0000).*
- Goudarzi, M. A., Cocard, M., & Santerre, R. (2014). EPC: Matlab software to estimate Euler pole parameters. *Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013, 18(1), 153-162.* <https://doi.org/10.1007/s10291-013-0354-4>
- Hall, R., & Nichols, G. J. (2002). Cenozoic sedimentation and tectonics in Borneo: climatic influences on orogenesis. *Geological Society, London, Special Publications, 191(1), 5-22.* <https://doi.org/10.1144/GSL.SP.2002.191.01.02>
- Honggorahardjo, A. P. (2009). PEMODELAN TINGKAT AKTIVITAS SESAR CIMANDIRI BERDASARKAN DATA DEFORMASI PERMUKAAN, Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika. *Institut Teknologi Bandung.*
- Kuncoro, Henri. Miura, Satoshi. MEILANO, I. (2015). Block Modeling of The Sunda Block Using GPS Velocities in South East Asia. In *Japan Geoscience Union Meeting 2015.*
- Kuncoro, H. (2013). Methodology of Euler Rotation Parameter Estimation Using GPS Observation Data Metodologi Pengestimasi Parameter Rotasi Euler Dengan Menggunakan Data Pengamatan GPS.
- Prasetyadi, C., Sudarno, I., Indranadi, V., & Surono. (2011). Pola dan Genesa Struktur Geologi Pegunungan Selatan. Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta dan Provinsi Jawa Tengah. *Jurnal Sumber Daya Geologi, 21(No. 2), 91-107.*
- Simons, W. J. F., Socquet, A., Vigny, C., Ambrosius, B. A. C., Abu, S. H., Promthong, C., Spakman, W. (2007). A decade of GPS in Southeast Asia: Resolving Sundaland motion and boundaries. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 112(6), 1-20.* <https://doi.org/10.1029/2005JB003868>
- Yudistira, M. F. (2015). ANALISIS KECEPATAN PERGERAKAN PULAU JAWA MENGGUNAKAN DATA PENGAMATAN STASIUN GNSS CORS (CONTINUOUSLY OPERATING REFERENCE STATION) TAHUN 2010, 2011, DAN 2012 (Studi Kasus: CORS BIG). Departemen Teknik Geodesi, Fakultas teknik, Universitas Gadjah Mada.

## Prosiding CGISE

### NTRIP superRTK MAPPING

### survey pemetaan TERKINI dan masa depan di Indonesia

Suwardi<sup>1</sup>, Djatmiko<sup>2</sup>, Bambang Haryanto<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup> Spirit'74 Alumni TGD FT UGM, Yogyakarta Indonesia

#### ARTICLE INFO

*Article History:*

Received 30 September 2018

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:*

NTRIP-HTTP-GPRS-superRTK MAPPING

*Corresponding Author:*

*Author's name*

*Email:*

#### ABSTRACT

NTRIP-Network Transport RTCM over Internet, sangat menjanjikan pekerjaan survey pemetaan saat ini dan masa mendatang di Indonesia. Praktis dan sederhana dalam cara pembangunannya, Portable jika diperlukan, tanpa menunggu pendaftaran userid dan password dan tidak berbiaya seperti CORS yang dibangun pemerintah, terjangkau pembiayaan bagi organisasi survey pemetaan di Indonesia bahkan untuk individual surveyor.

NTRIP merupakan protocol streaming defferential GNSS dengan format RTCM menggunakan jaringan Internet adalah berdasarkan HTTP-Hyper Text Transfer Protocol. HTTP merupakan aplikasi protocol untuk distribusi, collaborative dan komunikasi hypermedia data pada World WIDE WEB-WWW yang diperlukan untuk RTK positioning.

superRTK merupakan teknologi Riel Time Kinematik GNSS Positioning terkini, multi konstelasi, bahkan multi frekuensi, dengan fasilitas WEBUI, mempunyai fasilitas berbagai internal data transmisi untuk memenuhi dasar RTK, fasilitas "1+N base to rover" dengan GPRS, mengatasi berbagai medan survey dan pengukuran baik wilayah terbuka seperti lapangan maupun persawahan, bergelombang, blankspot GPRS, areal bervegetasi tertentu beresiko blocking signal GNSS.

RTK survey akan memperoleh koordinat dan elevasi dari GNSS yang bergerak secara kontinue maupun even- input dengan koreksi dari base station berdasarkan prinsip defferential, dimana akurasi GNSS yang bergerak ditentukan relatif terhadap akurasi koordinat base station.

Sedangkan RTKMAPPING selain menghasilkan koordinat seperti RTK Survey akan menghasilkan Peta dan Data spatial secara Riel Time di lapangan termasuk terrain maupun garis kontur secara Dinamis. Dimana perubahan atau penambahan breakline dan mass point akan merubah penyajian terrain dan kontur sesuai dengan pengambilan data dilapangan yang secara visual bisa di verifikasi sebelum team pindah lokasi.

Keterbatasan system tinggi di Indonesia yang merupakan wilayah kepulauan, untuk sementara teratasi dengan Indonesia EGM2008 guna referensi datum elevasi superRTK Mapping, meskipun selayaknya diperlukan geoid kepulauan.

Spirit'74 wadah organisasi alumni 74 TGD UGM, membahas stasiun NTRIP-Ambarawa sebagai central RTKMAPPING

## 1. Pendahuluan

RTK positioning semakin populer di Indonesia sejak pemanfaatannya untuk keperluan pengukuran guna pendaftaran tanah sistematis dan lengkap. Selain akurasi cukup handal dengan berkembangnya receiver multi frekuensi multi konstelasi. Selain akurasi bisa memenuhi kebutuhan survey pengukuran, dalam pelaksanaannya mendukung pekerjaan karena kecepatan yang cukup tinggi.

Semestinya RTK survey diikuti dengan stasiun CORS dengan berbagai kemudahannya. Namun dari realisasinya, banyak terdapat stasiun CORS yang diabaikan oleh beberapa Kementerian/Lembaga/badan banyak yang kurang terawat sehingga menjadikan data tidak streaming. Di lain pihak, dalam operasionalnya, dipersyaratkan sebagai user harus mendaftar ke admin terlebih dulu untuk memperoleh username dan password untuk bisa mengakses data stasiun CORS yang ada di Indonesia. Pendaftaran sebagai userpun perlu sedikit waktu sehingga tidak dapat secara instan bisa menggunakan stasiun CORS sebagai koreksi data differensial untuk RTK survey. Ditambah persyaratan diharuskan membayar dengan cara transfer Bank sebelum diberikan username dan password mountpoint dls.

Di beberapa instansi pemerintah cara mendaftar sebagai user CORS ada yang mensyaratkan Permohonan tertulis yang akan menambah panjangnya rantai prosedur penggunaan data differensial menggunakan stasiun CORS.

GNSS RTK merupakan sistem pengukuran positioning titik di atas permukaan tanah berdasarkan metoda differensial GNSS positioning. Sehingga bisa dipastikan minimal harus ada 2 buah receiver untuk pelaksanaan differensial positioning. 1 bh receiver stasi pada known point disebut sebagai base station, dan yang satunya bergerak untuk mengukur positioning dengan koreksi differensial dari base station.

Berdasarkan kondisi di atas, diperlukan stasiun NTRIP yaitu referensi stasiun yang memancarkan differensial koreksi dari base station ke rover receiver yang bisa digunakan secara open sistem tanpa terkendala administrasi tidak membayar dan memenuhi spesifikasi teknis geodetik

Disebut stasiun NTRIP karena stasiun referensi yang dibangun harus dapat melakukan streaming koreksi differensial untuk RTK survey walaupun tidak perlu dengan klasifikasi 24/7, karena toh pada malam hari tidak akan melakukan survey pengukuran RTK di Indonesia.

## 2. Data dan Metodologi

Penelitian ini merupakan penelitian terapan yang bertujuan untuk memecahkan masalah masalah kehidupan praktis. Sehingga penelitian terapan ini lebih bersifat praktis dan aplikatif

Data yang dikumpulkan untuk penelitian merupakan data riil perekaman data GNSS multi konstelasi yang di streaming menggunakan berbagai GPRS dari beberapa provider yang ada serta dilakukan test operasional lapangan untuk diabaikan akurasi yang diperoleh secara riil time.

Dengan demikian dapat diketahui status provider gprs yang cukup stabil untuk aplikasi stasiun NTRIP RTK.

### 2.1. Data dan Lokasi

Lokasi penelitian ini dilakukan di Ambarawa tepatnya di lokasi kompleks SERASI.

### 2.2. Metodologi

#### 1. RTK positioning

RTK positioning merupakan teknik peningkatan akurasi GNSS.

RTK positioning menggunakan 2 receiver dengan pengamatan GNSS secara bersamaan minimal 4 buah satelit. 1 buah GNSS disebut dengan base station dan yang satu disebut rover. Base station mengirimkan data baik data base koordinat maupun data observasi ke rover receiver untuk dilakukan pengolahan untuk mendapatkan koordinat rover secara sesaat atau real time.

#### 2. Super RTK mapping Receiver

Merupakan receiver dengan built multi communication system seperti:

Radio Modem yang berfungsi untuk mentransfer differensial data RTCM untuk RTK positioning

Radio repeater yang berfungsi untuk me repeat differensial data dari satu receiver bisa base bisa rover ke receiver yang lain yaitu ke base atau rover receiver yang lain sehingga akan membentuk sambung menyambung koreksi differensial dari 1 base radio.



Gambar 1. Radio repeater

Radio router, memperkuat signal differensial dari stasiun NTRIP ke many rover melalui rover dengan radio router, sehingga hanya diperlukan 1 stasiun NTRIP untuk many rover



Gambar 2, Radio Router

GPRS mobile signal untuk one to one differensial corection



Gambar 3. Mobile signal

Radio Base station dapat memberikan deferential koreksi pada rover disekitarnya menggunakan signal gsm gprs.

### 3. Internet Protocol

Interet Portokol adalah protokol lapisan *antar jaringan* yang digunakan oleh TCP/IP untuk melakukan pengalamatn dan routingpaket data antar host.

Internet Protocol merupakan bilangan tunggal untuk mengidentifikasi suatu komputer maupun piranti yang berhubungan dengan jaringan.

Normalnya nomor IP terdiri dari 4 set dari 3 kelompok bilangan seperti 111.222.333.444

Nomor PORT merupakan bagian dari Adressing jaringan untuk mengidentifikasi pengirim dan penerima dalam suatu jaringan

### 4. RTCM stream

RTCM message seperti ditampilkan pada gambar dibawah ini merupakan berbagai data GNSS yang di pancarkan atau streaming melalui NTRIP Caster.

RTCM data merupakan data observasi GNSS maupun data koordinat stiatun referensi di compress di modulasi dan di streamingkan ke caster dari server di stiatun NTRIP.

Message type	Flag	Description
1001	B	L1 only GPS RTK observables
1002	R/B	Extended L1-only GPS RTK observables
1003	B	L1&L2 GPS RTK observables
1004	B	Extended L1&L2 GPS RTK observables
1005	R/B	Stationary RTK Reference Station ARP
1006	R/B	Stationary RTK Reference Station ARP with Antenna Height
1007	B	Extended Antenna Descriptor and Setup
1008	B	Extended Antenna Reference Station Description and serial number
1009	B	L1 only GLONASS RTK observables
1010	R/B	Extended L1-only GLONASS RTK observables
1011	B	L1&L2 GLONASS RTK observables
1012	R/B	Extended L1&L2 GLONASS RTK observables
1019	R	GPS Ephemerides
1020	R	GLONASS Ephemerides
1033	B	Receiver and antenna descriptors
1071	B	MSM1, GPS Code Measurements
1072	B	MSM2, GPS Phase Measurements
1073	B	MSM3, GPS Code and Phase Measurements
1074	R/B	GPS MSM4, GPS Code, Phase and CNR Measurements
1075	R/B	GPS MSM5, GPS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements
1076	R/B	MSM6, Extended GPS Code, Phase and CNR Measurements
1077	R/B	MSM7, Extended GPS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements
1081	B	MSM1, GLONASS Code Measurements
1082	B	MSM2, GLONASS Phase Measurements
1083	B	MSM3, GLONASS Code and Phase Measurements
1084	R/B	GLONASS MSM4, GLONASS Code, Phase and CNR Measurements
1085	R/B	GLONASS MSM5, GLONASS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements
1087	R/B	MSM7, Extended GLONASS Code, Phase, CNR and Doppler Measurements
1121	B	MSM1, BeiDou Code Measurements
1122	B	MSM2, BeiDou Phase Measurements
1123	B	MSM3, BeiDou Code and Phase Measurements
1124	R/B	MSM4, BeiDou Code, Phase and CNR Measurements
1125	R/B	Beidou MSM5, BeiDou Code, Phase, CNR and Doppler Measurements
1126	R/B	MSM6, Extended BeiDou Code, Phase and CNR Measurements
1127	R/B	MSM7, Extended BeiDou Code, Phase, CNR and Doppler Measurements

Gambar 4. RTCM Message

### 5. GPRS paket data

Mountpoint adalah tempat dimana koreksi deferential RTCM dipancarkan base station ke Rover.

Nama ID Mount point adalah tunggal atau unik sehingga tidak jadi nama Mountpoint yang ganda.

Mountpoint berisi data antara lain: Kota sebagai identifier, Format data deferential seperti RTCM3 atau RTCM2 atau format data lain seperti MAC,Format detail yang berisi message RTCM yang dipancarkan apakah hanya GPS data ataukah GPS + Glonass, termasuk antena koordinat dan tinggi antena, Carrier data stream seperti L1 saja atauah L1/L2 dst.

### 6. Access Point Name

APN atau Access Point name merupakan Gerbang atau gateway suatu jaringan(Internet) untuk saling berkomunikasi.

APN setiap provider bisa berlainan, tetapi ada persamaannya yaitu APN untuk paket data atau GPRS agar bisa salin kirim data pada berbagai Jaringan Internet. Sehingga APN yang lazim untntuk salin tukar menukar data adalah "internet" tanpa user name maupun password agar bisa mendukung OPEN NTRIP stiatun.

Meskipun provider Tri misalnya, bisa menggunakan APN : 3gprs, Username 3gprs,password: 3gprs, Telkomsel bisa menggunakan APN: telkomsel,Username: wap, password: wap123, Indosat menggunakan APN:internet, username:- Password:-

7. Open NTRIP station

NTRIP merupakan system transmisi data deferential RTCM berdasarkan streaming Hyper Text Transport Protocol(HTTP) yang dikembangkan oleh German federal Agency for Cartography and Geodesy (BKG).

NTRIP berbasis client-server saat transfer data. Server NTRIP disebut dengan NTRIP Caster yang membentuk Mountpoint yaitu channel dimana user bisa berhubungan

NTRIP merupakan protocol terbuka atau Open Protocol sehingga setiap user dapat menggunakan tanpa ada biaya penggunaan sama sekali.

Stasiun NTRIP-portable merupakan stasiun GPS yang dapat berpindah sesuai dengan areal lokasi pekerjaan yang tetap memancarkan data base stasiun untuk RTK maupun dgps positioning. Dan tidak perlu operational apabila tidak diperlukan.

Stasiun NTRIP-portable ini dapat melayani tidak hanya one2one base2rover, melainkan bisa base to many rover, sehingga cukup efisien untuk mengatasi kendala transmitting data menggunakan radio modem yang lazim dipakai untuk RTK survey.

Dibangun NTRIP portable karena agar bisa menyesuaikan lokasi dan adanya pekerjaan survey yang musiman(bukan merupakan industri yang terus menerus).

Stasiun NTRIP-portable dibangun memanfaatkan modem GSM (Telkomsel) yang cukup banyak mengcover hampir seluruh wilayah Indonesia.

Data yang di caster oleh Internet dari stasiun NTRIP-portable tidak terkendala oleh jarak, walaupun spesifikasi GPS sendiri membatasi tentang Radius operational sehubungan dengan kondisi atmosfer yang dilalui signal GPS itu sendiri

Berdasarkan stasiun NTRIP portable, dibangun stasiun OPEN NTRIP yang artinya tidak perlu mendaftar kepada admin, menggunakan 1 username yaitu "USER" dan password menggunakan password "BETATEST" , sehingga siapa saja dan dimana saja bisa menggunakan Open ntrip stasiun untuk pengukuran RTK.

8. Antenna Reference Phace Center dan kooordinatnya

Antena yang digunakan untuk stasiun NTRIP Spirit'74 merupakan Antenna GNSS Multi konstelasi multi frekuensi dengan Gain decibell yang tinggi agar mempunyai tingkat selevel station CORS yang dikembangkan di tanah air.

Kalibrasi antena NTRIP bisa dilakukan di beberapa organisasi, dan Spirit'74 memilih antena dengan kalibrasi lembaga NGS yaitu National Geodetic Survey.

9. Aplikasi Reference Fotogrametry

a. Trajectory

Trajectory merupakan aplikasi GNSS Kinematik baik Post Process maupun Riel time untuk penentuan exposure koordinat foto maupun untuk geo refferencing data Lidar dari Scanner owned coordinate system menjadi Ground coordiate system.

Untuk Pemotretan udara maupun Lidar scanning dengan wahana Nir Awak, bisa digunakan sebagai RTK Trajectory, sedangkan untuk pemotretan dan Lidar scanning dengan wahana ber awak karena meliputi wilayah dan jarak yang jauh dari base stasiun NTRIP dapat digunakan sebagai Post process station dengan decoding RTCM data pada Rinex format untuk Post process GNSS Kinematik

b. Infusion base

Infusion Base merupakan teknologi yang dikembangkan Applanix corp dari Canada untuk long distance base post processes Trajectory. Infusion berbasis single base kinematik processing dengan system Tightlly couple dimana data GNSS di olah bersama dengan data IMU untuk meningkatkan kualitas tingkat akurasi terutama dengan long flight akan menyebabkan konstelasi satelite gnss berubah termasuk apabila pesawat melakukan manuever yang tajam sehingga berpotensi Loss of signal.

Dengan Infusion base yang dikembangkan Applanix, menyebabkan Ground base station tidak diperlukan dipasang dekat dengan parkir pesawat karena dengan stasiun NTRIP RTK bisa memenuhi inialisasi fixed ambiguity resolved pada jarak sampai dengan 30 km.

c. Smartbase

Seperti InFusion base post process Kinematik, Smartbase Kinematik prosesi juga dikembangkan oleh Applanix corp dari Canada.

Smart base kinematik merupakan virtual refference station dari berbagai NTRIP Station. Sehingga Station NTRIP Spirit'74 bisa memenuhi digunakan sebagai stasiun smartbase baik bersama stasiun NTRIP Spirit'74 yang akan dibangun kelak ataupun dengan stasiun CORS National apabila bisa beroperasi dengan lancar.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. IP Publik

Untuk bisa saling berkomunikasi komputer memerlukan IP Address, IP address merupakan alamat standar untuk semua perangkat di jaringan yang menggunakan standar protocol internet. IP address inilah yang menjadi label kemana paket data akan dikirim dan diterima. jadi semua perangkat yang terhubung ke jaringan harus mempunyai IP Address yang menjadi alamat standar pengiriman dan penerimaan data.

IP publik adalah IP yang digunakan dalam jaringan global Internet, karena kelas IP ini digunakan di dalam jaringan internet maka IP ini bisa diakses melalui jaringan internet secara langsung. Perangkat yang menggunakan IP public biasanya bertindak sebagai SERVER atau ROUTER , seperti web

server, mailserver, DNS server, Game Server dan server yang lain dengan tujuan agar server bisa diakses dari jaringan manapun di dunia ini yang terkoneksi ke internet. Untuk dapat menggunakan IP public, suatu organisasi harus mendaftarkan diri agar mendapat alokasi IP public yang akan digunakan. IP public bisa didapat dari ISP (internet service provider).

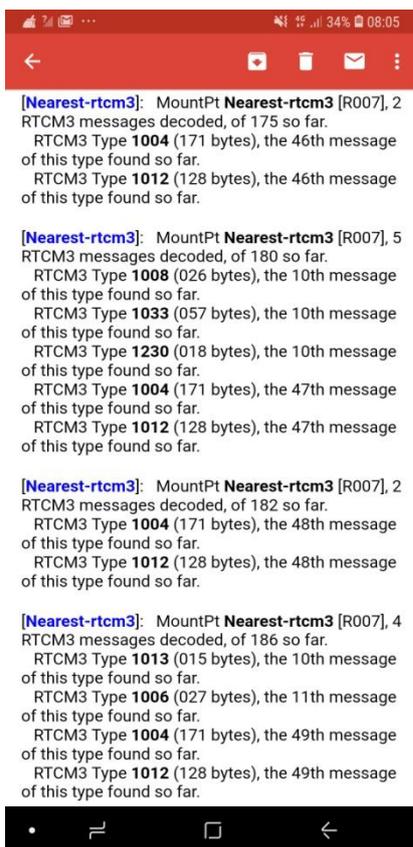
IP public diatur ketat oleh asosiasi internet global dan setiap IP telah didaftarkan kepada pemegang yang sah dan hanya bisa dipakai oleh pemilik yang sah.

Berbagai IP publik untuk NTRIP Caster tersedia baik yang berbayar maupun yang gratis, baik di dalam negeri maupun di luar negeri. NTRIP station Spirit'74, Ajisaka dan ATLASONE menggunakan IP address : 69.75.31.235 dengan port 2101, sedangkan ATLASONE yang berbayar menggunakan IP publik 139.59.97.139 port 2101.

### 3.2. Bandwidth Data Stream

Bandwidth merupakan sejumlah data yang dikirim sebagai paket Internet dalam satuan bit per second.

Tiap rtm data yang berisi data GPS extended ID 1004 misalnya berisi 171 bytes seperti contoh rtm decoding berikut:



Gambar 5. RTCM data byte masing2 message

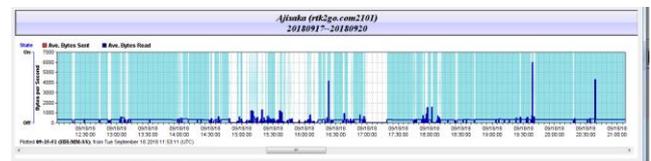
Total band width NTRIP Spirit'74 adalah maksimal 2100 bit per second atau selama sehari 24 jam penuh memerlukan 171,190 bytes atau selama sebulan memerlukan akses lalu lintas streaming adalah 5 GByte

### 3.3. Stabilitas Signal Provider

Dilakukan uji stabilitas signal provider di beberapa lokasi yakni di stasiun NTRIP Spirit'74 Ambarawa, stasiun NTRIP ATLASONE di Jakarta Timur serta stasiun NTRIP Ajisaka di perbatasan Jakarta Bekasi. Dimaksudkan agar mempunyai pembandingan terhadap stasiun NTRIP Ambarawa dengan setting sesuai dengan kondisinya. Sedangkan di stasiun NTRIP Ajisaka penggunaan APN paket data di set menggunakan default dari providernya. Ke tiga stasiun NTRIP menggunakan Modem maupun sistem koneksi dan GSM dari provider yang sama yaitu Tri GSM.

Digunakannya Tri GSM dipertimbangkan cukup murah untuk jangka penggunaan operasional dalam waktu yang panjang. Dimana Tri GSM kurang populer untuk paket data secara profesional di Indonesia.

Berikut ini adalah recording up down data sesuai dengan setting yang disebutkan diatas. Di tampilkan recording up and down Ajisaka karena stasiun NTRIP ini paling banyak mengalami up down signal seperti disajikan pada tabel berikut.



Gambar 7. Monitoring stabilitas GSM Module

Ajisaka	ATLASONE	Spirit_74
81.9%	77.5%	99.9%
03:22 MM:SS Up(615)	20:25 MM:SS Up(509)	07:59:40 Up(6)
748th	660th	9th
60.550 MB	45.530 MB	79.642 MB

Gambar 6. Stabilitas signal GSM

Dari tabel diatas terlihat stasiun NTRIP Ajisaka selama observasi 3 jam 22 menit mengalami up 615 kali, sedangkan stasiun Spirit'74 hanya mengalami 6 kali up selama 7 jam 59 menit.

Artinya dengan menggunakan GSM Tri cukup stabil digunakan sebagai sarana Jaringan untuk streaming RTCM NTRIP data untuk RTK GNSS.

Walupun jika digunakan sebagai Rover GPRS, tidak seluruh wilayah Indonesia mencakup layanan paket data Tri tersebut. Seyogyanya paket data untuk Rover menggunakan provider dengan layanan mencakup seluruh pelosok tanah air.

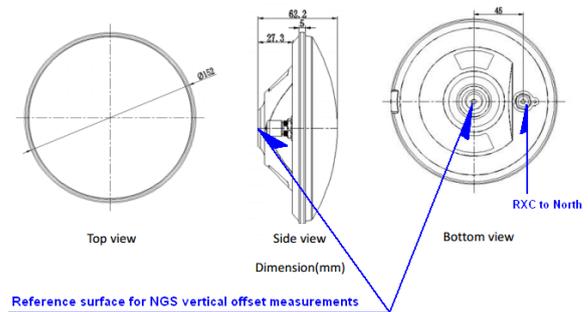
Penggunaan paket data Tri sangat murah sekali, dengan kebutuhan sebesar 5GB setiap bulan memerlukan biaya paket data kurang dari 50 ribu rupiah

### 1.7. Blank SPOT area

Blank spot area seperti pada gambar diatas, yaitu di lokasi remote, di lembah permukaan tanah bergelombang seperti medan untuk rencana pembangunan Generator IPP PLN yang rata2 berada pada wilayah Blank spot. Bisa digunakan dengan Radio repeater atau radio router seperti dijelaskan dengan ilustrasi pada bab berikut ini.



Gambar 8. RTK Rover pada blank spot



Gamba 10 offset antenna phase center

**PPP untuk koordinat Reference NTRIP**

Koordinat antenna NTRIP dilakukan dekoding untuk mendapatkan format RINEX dan dilakukan pengolahan PPP secara online berdasarkan ITRF 2008 seperti disajikan pada hasil berikut.

Dengan pengamatan selama 2 hari 19 jam diperoleh koordinat Lat Long dan elevasi diatas ellipsoid dengansigma(90%) mencapai 1mm untukklatitude,4mm Longitude dan 6mm untuk ell height

1.8. Antenna phase center

Antena yang digunakan untuk stasiun NTRIP telah dilakukan kalibrasi phase centernya berdasarkan standart National Geodetic Survey seperti data berikut.

**Data kalibrasi Antenna oleh NGS-National geodetic Survey**

```

TRSAX3702      NONE Tezus AX3702, PN 015101000000, RXC->N  NGS ( 3) 17/10/11
 1.2          -0.5          54.0
0.0 -0.4 -0.5 -0.5 -0.4 -0.3 -0.3 -0.2 0.0 0.2
0.3 0.4 0.2 -0.1 -0.5 -0.9 -1.4 0.0 0.0
-0.7 1.3 48.3
0.0 0.3 0.4 0.4 0.4 0.3 0.1 -0.3 -0.5 -0.7
-0.9 -0.8 -0.4 -0.0 0.3 0.7 1.1 0.0 0.0

RMS MM (1 SIGMA) 3 MEASUREMENTS
 0.2 0.8 0.6
0.0 0.3 0.5 0.5 0.5 0.4 0.3 0.3 0.3 0.4
0.4 0.5 0.5 0.6 0.5 0.5 0.2 0.0 0.0
 0.5 0.3 0.6
0.0 0.3 0.4 0.5 0.6 0.6 0.5 0.6 0.6 0.6
0.6 0.7 0.7 0.7 0.7 0.6 0.3 0.0 0.0
    
```

Gambar 9 Kalibrasi Antena standart NGS

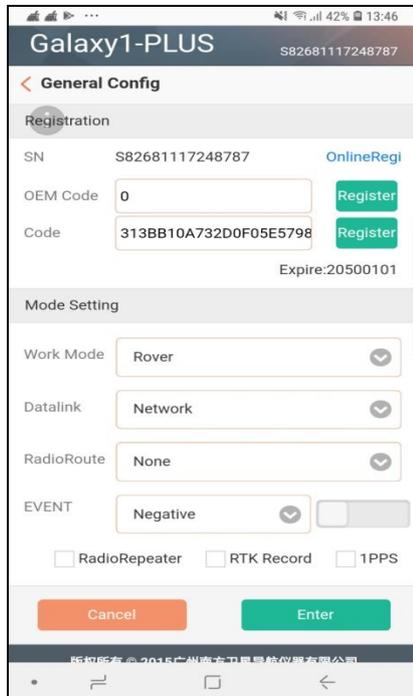
Ajsaka_ntrip.18o Ajsaka ntrip			
<b>Data Start</b>	<b>Data End</b>	<b>Duration of Observations</b>	
2018-09-14 07:18:00.00	2018-09-17 02:23:15.00	2 days, 19:05:15	
<b>Processing Time</b>		<b>Product Type</b>	
04:26:47 UTC 2018/09/17		NRCan Ultra-rapid	
<b>Observations</b>	<b>Frequency</b>	<b>Mode</b>	
Phase and Code	Double	Static	
<b>Elevation Cut-Off</b>	<b>Rejected Epochs</b>	<b>Estimation Steps</b>	
7.5 degrees	0.00 %	15.00 sec	
<b>Antenna Model</b>	<b>APC to ARP</b>	<b>ARP to Marker</b>	
None	Unknown	H:0.000m / E:0.000m / N:0.000m	
(APC = antenna phase center; ARP = antenna reference point)			
Estimated Position for Ajsaka_ntrip.18o			
<b>ITRF14 (2018)</b>	<b>Latitude (+n)</b>	<b>Longitude (+e)</b>	<b>Ell. Height</b>
<b>Sigmas(95%)</b>	-6° 13' 23.07929"	106° 56' 28.96915"	39.937 m
<b>A priori*</b>	0.001 m	0.004 m	0.006 m
<b>Estimated - A priori</b>	-6° 13' 23.02394"	106° 56' 28.89990"	41.204 m
<b>Estimated - A priori</b>	-1.700 m	2.129 m	-1.267 m
<b>95% Error Ellipse (mm)</b>			
semi-major: 4.747 mm			
semi-minor: 1.493 mm			
semi-major azimuth: 88° 30' 5.54"			
<b>UTM (South) Zone 48</b>			
-9311741.255 m (N)			
714802.916 m (E)			
<b>Scale Factors</b>			
1.000171 (point)			
1.000165 (combined)			
*(Coordinates from a code solution used as a priori position)			

Gambar 11. PPP Stasiun Ntrip

1.9. Radio Router

Penggunaan radio router adalah untuk merubah alur data rcm yang diterima oleh rover receiver disalurkan pada rover receiver selanjutnya melalui frekuensi radio 824-960/1710—2170MHz dengan Gain 2 dB untuk digunakan penentuan koreksi rover selanjutnya dimana Rover receiver

dengan router system bisa sebagai statik stasiun maupun tetap bekerja sebagai rover RTK station. Routing koreksi defferential dari GPRS ke radio frekuensi dimaksudkan agar distribusi koreksi defferential untuk RTK dapat tetap berlangsung sekalipun di wilayah blank spot dari signal GPRS.



Gamba 12 WEBUI setting radio repeater

### 1.10. RTK Mapping

RTK Mapping merupakan methodologi pengukuran tanah dilapangan yang menghasilkan bukan hanya data koordinat titik permukaan tanah tetapi sekaligus gambar unsur topografi dilapangan dan atributnya termasuk pengumpulan data mass point maupun breakline untu on the fly contouring sehingga bisa langsung digunakan sebagai GambarTopografi dengan sedikit effort.

RTK Mapping akan menekan waktu penggambaran baik penggambaran unsur planimetris maupun unsur kontur. Mengurangi kesalahan jika data menumpuk apalagi topo mapping dengan cara koding secara tradisional.

RTK mapping akan menghasilkan akurasi yang cukup tinggi mencapai fraksi cm yang didisplay sebagai sdH dan sdV hasil pengukuran sebagai contoh berikut:

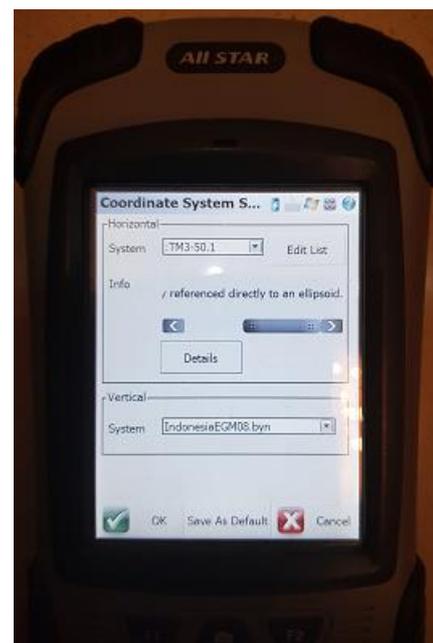


Gambar 14. RTK Mapping

RTK Mapping menggunakan software GNSS Mapping dengan fasilitas field drawing dan atributing maupun on the fly contouring memudahkan kontrol kualitas pekerjaan di lapangan.

### 1.11. Setting datum Vertikal untuk RTK Mapping

Datum vertikal telah tersedia dengan datum model Global yaitu EGM2008 khusus untuk daerah Indonesia seperti berikut:



Gamba 13 Vertical Datum Indonesia EGM2008

Selain setting RTK Datum menggunakan global datum EGM2008, apabila ditemui Kontrol vertikal Orthometrik di lokasi Survey bisa dilakukan Transformasi datum vertikal. yang merupakan fasilitas pada spftware RTK Mapping yang digunakan

#### 4. Kesimpulan

Ntrip RTK Mapping merupakan system survey pemetaan Indonesia dimasa mendatang.

Dengan semakin meluasnya cakupan berbagai layanan GSM Service provider di pelosok tanah air dan semakin meningkatnya pengguna paket data, akan semakin murah biaya penggunaan paket data dari service provider yang ada. Tingkat fasilitas Hardware dan Software RTK GNSS multi konstelasi multi frekuensi selain akan mempercepat hasil pengukuran dengan menghasilkan akurasi dalam fraksi cm sesuai kaidah RTK GNSS, memungkinkan jarak jangkauan RTK mapping menjadi lebih panjang.

RTK Mapping menggunakan data collector dilapangan menyelesaikan beban Survey pemetaan baik topografi, survey Sectioning, maupun GIS/LIS pada level lebih dari 90% beban pekerjaan dimana yang 10% merupakan finalisasi dekorasi survey pemetaan.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Apresiasi dan Terimakasih kami sampaikan kepada seluruh anggota Spirit'74 khususnya Bpk Ir Suwardi yang dengan kerelaanya memberikan fasilitas tempat serta fasilitasnya dalam bentuk ruangan dan Wifi untuk kelancaran dan kelangsungan operasional serta pemeliharaan stasiun NTRIP ini.

#### 6. Referensi

Denise Dettmering, Christian Waese, George Weber, NTRIP Version 1.0 Example Implementation, February 3, 2006

South Surveying and Mapping Instrument Co, Ltd, Galaxy G1 Measuring system User Manual, 2018

Microsurvey Software, FieldGenius 9 copyright 2017, 2017

## Prosiding CGISE

# Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap di Daerah Rural dan Urban, Permasalahan dan Alternatif Solusi

Muh Arif Suhattanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

PTSL, Urban, Rural

#### Corresponding Author:

Muh Arif Suhattanto

[suhatt@stpn.ac.id](mailto:suhatt@stpn.ac.id)

### ABSTRACT

Pemerintah melalui Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional sedang mengupayakan usaha percepatan Pendaftaran Tanah dengan melakukan program Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). Hal tersebut dilakukan dengan tujuan terdapatnya seluruh bidang tanah di Indonesia sehingga dapat meningkatkan daya dukung informasi bidang tanah terhadap pembangunan di Indonesia. Namun demikian pada kenyataannya terdapat hambatan-hambatan dalam proses pendaftaran tanah yang menyebabkan di beberapa daerah target PTSL belum dapat terpenuhi sesuai dengan yang direncanakan. Pada kenyataannya terdapat perbedaan hambatan-hambatan yang ditemui oleh pemangku kepentingan pendaftaran tanah pada pelaksanaan PTSL di daerah urban (perkotaan) dan daerah rural (perdesaan). Berdasarkan hasil pengamatan lapangan selama pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan D1 Pengukuran Pemetaan Kadastral Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (STPN) tahun 2018 serta wawancara dengan pemangku kepentingan dan ditunjang data-data sekunder mengenai pelaksanaan PTSL, tulisan ini akan menjelaskan hambatan-hambatan apa saja yang terjadi pada pelaksanaan PTSL di daerah rural dan urban beserta tawaran alternatif solusi untuk mengatasinya dengan menggunakan pendekatan teoritis dan praktis.

## 1. Pendahuluan

Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL) merupakan program utama dari Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ BPN, pada tahun 2018 ini target total untuk pengukuran bidang tanah di seluruh Indonesia mencapai 8.457.647 bidang (Ruang, 2018). Target tersebut tentu saja merupakan target yang cukup besar dalam jumlahnya dibandingkan dengan target-target program pendaftaran sistematis terdahulu seperti *Indonesia Land Administration Project* (ILAP) pada tahun 1997 serta *Program Land Management Development Programme* (LMPDP) yang dibiayai oleh Bank Dunia. Meskipun program-program ajudikasi (Pendaftaran tanah pertama kali) sudah dilaksanakan beberapa kali namun ternyata masih menyisakan jumlah bidang tanah yang belum terdaftar dalam jumlah cukup besar.

Untuk mencapai pemenuhan target tersebut tentu saja diperlukan strategi yang tepat mengingat Indonesia adalah sebuah negara yang mempunyai banyak variasi baik dari segi kondisi geografisnya maupun kondisi sosial kemasyarakatannya.

Sebagai sebuah negara berkembang Indonesia mempunyai keterbatasan-keterbatasan dalam mengejar ketertinggalannya dengan negara maju terutama di bidang ekonomi. Masih terdapatnya perbedaan yang tajam antara daerah urban dan daerah rural di Indonesia harus diakui sebagai salah satu faktor utama yang perlu diperhatikan dalam membangun sebuah strategi percepatan pendaftaran tanah.

Perbedaan pengertian antara daerah urban dan rural berdasarkan pada asumsi bahwa area urban menyediakan cara hidup yang berbeda dibandingkan daerah rural dimana daerah

urban mempunyai standar yang lebih tinggi dibandingkan di daerah rural. Pada beberapa negara berkembang perbedaan antara keduanya tidak terlalu jelas, secara prinsip perbedaannya adalah derajat konsentrasi dari populasi (Nation, 2018).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Puslitbang BPN ditemukan juga perbedaan karakter masyarakat terkait dengan proses Pendaftaran Tanah yaitu masyarakat perkotaan lebih mengerti aspek kondisi fisik tanah itu sendiri (seperti berapa luasnya) dibandingkan dengan aspek penguasaan/pemilikan tanah (seperti siapa pemiliknya). Sebaliknya masyarakat pedesaan lebih mengerti aspek penguasaan/pemilikan tanah (seperti siapa pemiliknya) dibandingkan dengan kondisi fisik tanah itu sendiri (seperti berapa luasnya). Keterangan tentang kondisi fisik dan yuridis bidang tanah merupakan dasar dalam memperkuat kepastian hukum hak milik atas tanah (BPN, 2005)

Sebagaimana disampaikan oleh juga Enemark, Lemmen, & McLaren, (2014) baru sekitar 40 negara di dunia yang mempunyai sistem pendaftaran tanah yang berfungsi dengan baik, sementara di negara-negara berkembang baru sekitar 10 % bidang tanahnya terdaftar secara formal. Sementara jika pola pendaftaran tanah di negara barat dilakukan akan memerlukan anggaran dan sumber daya yang cukup besar serta waktu yang cukup lama.

Indonesia sebagai sebuah negara berkembang mempunyai karakteristik yang berbeda dengan negara barat, sehingga tentu saja pola dan strategi pendaftaran tanahnya juga disesuaikan dengan karakter tersebut.

## 2. Data dan Metodologi

Data yang dipergunakan dalam tulisan ini adalah data-data primer maupun sekunder yang didapatkan dari hasil pelaksanaan Praktik Kerja Lapangan (PKL) Program Studi Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional (D I PPK STPN) tahun 2018.

Dalam tulisan ini penulis berusaha mencari solusi atas permasalahan yang muncul pada pelaksanaan PKL dengan menggunakan teori dan konsep yang terdapat dalam proses pengukuran dan pemetaan kadastral untuk mendapatkan alternatif solusi bagi proses percepatan pendaftaran tanah di Indonesia.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Pada tahun ajaran 2017/2018 D I PPK STPN melaksanakan praktik kerja Lapangan dengan konsep sedikit berbeda dibandingkan dengan tahun-tahun sebelumnya. Pada PKL tersebut hasil dari proses Pengukuran dan Pemetaan berupa Peta Bidang tanah akan ditindaklanjuti sebagai input untuk pelaksanaan PTSL di 4 desa di dua kecamatan yaitu desa Panggunharjo dan Bangunharjo kecamatan Sewon serta desa Wonokromo dan Pleret Kecamatan Pleret Kabupaten Bantul.

Lokasi PKL tersebut terbagi menjadi 2 area ditinjau dari segi populasi dan kondisi sosial masyarakatnya. Daerah Panggunharjo dan Bangunharjo merupakan daerah urban dengan ditandai dengan padatnya populasi serta semakin sedikitnya lahan pertanian di daerah tersebut sedangkan daerah Wonokromo dan Pleret merupakan daerah rural dengan ditandai masih banyaknya penduduk yang hidup dari sektor pertanian dan masih tersedianya lahan pertanian maupun perkebunan.

Pada PKL tersebut prosedur yang dilakukan menyerupai dengan prosedur yang dilaksanakan pada proses Pengukuran dan Pemetaan PTSL dengan didahului dengan proses penyuluhan yang dilakukan di desa sampai dengan tingkat RT oleh dosen serta mahasiswa peserta PKL.

Petugas Pengukuran dan Pemetaan yang merupakan mahasiswa D1 PPK STPN dibekali dengan Peta Kerja dan Citra Satelit untuk mengidentifikasi bidang tanah di lokasi PKL. Peta kerja yang dipakai merupakan hasil penggabungan peta bidang tanah dari berbagai sumber dengan data utama dari data Peta Komputerisasi Kantor Pertanahan (KKP) dan Peta Pendaftaran yang digunakan di Kantor Pertanahan serta data Bidang Tanah dari Peta Pajak Bumi dan Bangunan.

Sebelum kegiatan pengukuran dimulai prosedur yang dilakukan adalah mengidentifikasi bidang-bidang tanah sesuai kategorisasi PTSL dalam 4 kategori yaitu:

- a) K1 artinya tanah tersebut statusnya *clean* dan *clear* sehingga dapat diterbitkan sertifikat;
- b) K2 artinya status tanah tersebut dalam keadaan sengketa sehingga hanya dicatat dalam buku tanah;
- c) K3 artinya status subyek tanahnya belum memenuhi syarat sehingga hanya dicatat dalam daftar tanah;
- d) K4 artinya tanah tersebut sudah memiliki sertifikat namun perlu perbaikan informasi pada peta (Ruang D. I, 2016)

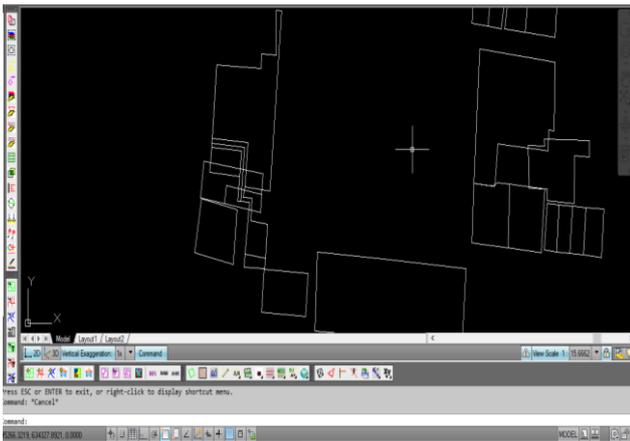
Berdasarkan pengamatan penulis yang ditunjuk sebagai koordinator teknis pengukuran dan pemetaan pada kegiatan PKL D I PPK STPN tahun 2018 tersebut, ditemukan berbagai permasalahan terkait proses pengukuran dan pemetaan, permasalahan tersebut bisa dikelompokkan menjadi 2 (dua) yaitu permasalahan yang terjadi secara umum baik di rural maupun di daerah urban, permasalahan yang spesifik terjadi di daerah urban dan permasalahan yang spesifik terjadi di daerah rural.

### 1.12. Permasalahan Umum

#### A. Permasalahan Infrastruktur Pengukuran dan Pemetaan

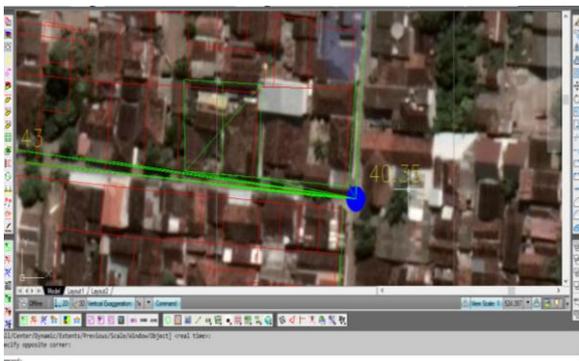
Yang dimaksud dalam infrastruktur disini lebih pada ketersediaan data untuk mendukung adanya peta desa lengkap dimana seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa Peta KKP dan Peta Pendaftaran dipergunakan dalam proses penemuan-kenali bidang-bidang tanah di suatu desa baik yang sudah terdaftar maupun yang belum terdaftar. Permasalahan yang ada adalah sebagai berikut:

- a) Peta KKP yang ada belum memiliki kepastian posisi karena masih terdapat bidang tanah yang tumpang tindih padahal peta KKP merupakan acuan posisi untuk plotting bidang-bidang tanah yang akan didaftar.



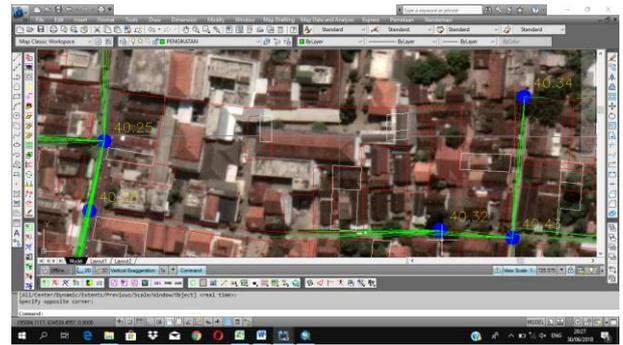
Gambar 1. Contoh Kondisi Data yang Belum Tertata Sesuai Posisi

- b) Terdapat perbedaan posisi antara basemap KKP dengan pengukuran *extrateristris* maupun *teristris*, hal tersebut dimungkinkan karena proses rektifikasi citra (*basemap*) yang belum sesuai standar atau perbedaan datum/referensi.



Gambar 2. Contoh tumpang susun hasil pengukuran dengan Basemap

- c) Dalam proses *ploting*/pemetaan bidang-bidang tanah terdapat variasi data spasial yang ada di data KKP baik dari sumber data (hasil digitasi dari berbagai macam sumber, hasil pengukuran *teristris* dengan berbagai macam metode serta pengukuran *extrateristris*) maupun ketelitiannya. Hal tersebut menyulitkan dalam proses penyatuan bidang-bidang tanah dalam sebuah peta. Kesulitan yang timbul terutama adalah menentukan bidang tanah mana yang dianggap benar posisinya sebagai acuan penempatan bidang-bidang tanah lainnya.



Gambar 3. Contoh Gambar Overlay hasil, pengukuran data KKP diatas Basemap

#### B. Permasalahan Sosial

- Dalam proses pendataan/pengukuran bidang-bidang tanah yang sudah bersertipikat terdapat kendala patok batas tanah yang sudah bersertipikat sudah banyak yang hilang karena tidak dipelihara oleh pemilik tanah;
- Banyak masyarakat yang masih enggan memasang patok batas tanah;
- Kesulitan dalam melakukan kontradiktur delimitasi karena pemilik maupun tetangga yang berbatasan tidak berdomisili di lokasi tanah yang akan diukur.

#### C. Permasalahan Legal

- Terdapat masyarakat yang bidang tanahnya sudah terdaftar tapi tidak mengetahui jika bidang tanahnya sudah terdaftar;
- Pemilik Tanah tidak memegang sertipikat sedangkan menurut data spasial yang digunakan teridentifikasi sudah bersertipikat.

#### 1.13. Kondisi Daerah Urban

Pada daerah urban/ perkotaan terutama desa Panggunharjo dijumpai adanya ketidaklengkapan data bidang tanah baik di KKP maupun Peta Pendaftaran sehingga menyulitkan identifikasi bidang-bidang tanah mana yang sudah atau yang belum bersertipikat. Sementara dari hasil identifikasi lapangan mayoritas bidang tanah di desa tersebut sudah bersertipikat. Banyak dijumpai anggota masyarakat yang sudah mempunyai sertipikat tapi belum terpetakan atau sebaliknya mengaku tanahnya belum bersertipikat namun di peta pendaftaran/KKP sudah teridentifikasi terdaftar. Kondisi tersebut diperparah dengan kondisi permukiman yang sudah sangat padat sehingga menata bidang-bidang tanah dalam satu kesatuan peta desa lengkap menjadi pekerjaan yang tidak mudah.

Dari segi sosial kesulitan utama yang dijumpai adalah pemilik tanah terutama rumah kontrakan, kos-kosan, pekarangan kosong yang sudah diperjual belikan kebanyakan tidak berada di tempat ketika dilakukan pengukuran sehingga menyulitkan dalam proses kontradiktur delimitasinya. Sementara patok batas tanah yang sudah bersertipikat sudah banyak yang hilang karena tidak dipelihara oleh pemilik tanah. Dengan kondisi seperti itu banyak masyarakat yang enggan memasang patok batas tanahnya

karena merasa sudah bersertipikat. Disamping itu di daerah perkotaan perangkat desa/dusun sudah tidak mengenali siapa pemilik tanah yang ada di wilayahnya karena proses jual beli tanah tanpa sepengetahuan mereka.

#### 1.14. Kondisi Daerah Rural

Pada daerah rural/pedesaan dikarenakan bidang tanah yang ada biasanya relatif luas dengan nilai ekonomi tanah belum terlalu tinggi seperti halnya di kota, permasalahan patok batas biasanya tidak serumit di daerah perkotaan, hal tersebut juga dikarenakan aparat desa mengenal dengan baik lingkungan desanya terutama pemilik tanah serta batas batasnya. Namun demikian untuk area sawah dan kebun, bidang tanah yang ada banyak dimiliki oleh masyarakat di luar desa setempat yang bukan menjadi lokasi pengukuran sehingga menyulitkan dalam proses kontradiktur delimitasi.

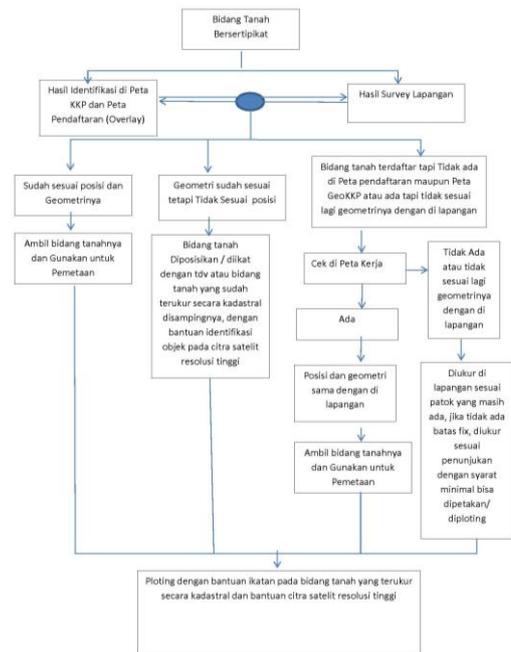
Dijumpai juga banyak masyarakat yang masih enggan memasang patok batas tanah ataupun tidak menginginkan tanahnya didaftar/disertipikatkan dengan alasan jika bersertipikat akan menambah beban karena harus membayar pajak.

#### 1.15. Alternatif Solusi

Permasalahan-permasalahan diatas tentunya memerlukan sebuah solusi yang secara institusional harus segera dipecahkan. Untuk itu penulis berusaha merumuskan beberapa solusi terkait dengan permasalahan-permasalahan tersebut sebagai berikut:

a) Penanganan bidang tanah K4 dan penataan bidang tanah dalam satu desa lengkap dapat dicapai jika terdapat mekanisme untuk perbaikan data yang terdapat di database KKP dengan mengacu kepada Basemap peta citra/foto yang telah mempunyai standar ketelitian Geometri dan spasial. Khusus untuk bidang tanah kategori K4 atau bidang-bidang tanah yang sudah bersertipikat namun belum terpetakan dengan baik prosedur yang pengukuran dan pemetaannya adalah sebagai berikut:

Gambar 4. Contoh Prosedur Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah yang sudah Bersertipikat



- b) Proses penyatuan peta akan sangat dimudahkan jika menggunakan basemap citra/ peta foto, oleh karena itu pengadaan basemap citra/foto resolusi tinggi yang standar harus mencakup seluruh wilayah Indonesia karena jika terjadi perbedaan kualitas basemap akan memberikan posisi yang berlainan dan tidak seragam untuk proses pemetaan bidang tanah dan penyatuan peta.
- c) Pada daerah rural atau pedesaan proses pemetaan maupun perbaikan data untuk mendapatkan data bidang satu desa lengkap dapat memanfaatkan tenaga dari desa yang dilatih, hal tersebut dikarenakan karakter masyarakat desa yang lebih sosial, saling mengenal antar tetangga dan lebih mengedepankan kerukunan hidup. Proses pemetaan dengan melakukan deleniasi diatas peta kerja Citra Satelit Resolusi Tinggi (CSRT) / peta foto bisa secara efektif dilakukan karena daerah pedesaan umumnya memiliki bidang-bidang tanah yang relatif luas dengan batas-batas seperti pematang sawah yang mudah diidentifikasi.
- d) Pada daerah urban penggunaan citra satelit resolusi tinggi/ Peta Foto untuk pengukuran dan pemetaan sedikit membantu tapi kurang efektif dikarenakan batas bidang tanahnya yang tidak bisa terlihat dari udara serta umumnya bidang tanahnya relatif sempit namun nilai tanahnya sudah tinggi, sehingga pilihan pengukuran teristris yang mendapatkan data teliti sebagai metode untuk mendapatkan data batas-batas bidang tanah adalah mutlak .
- e) Perbaikan mutu kinerja petugas ukur dan pemetaan dengan melakukan kontrol kualitas yang dijalankan dengan penuh tanggung jawab mengacu kepada kode etik petugas pengukuran dan pemetaan kadastral mutlak diperlukan

sehingga adanya fenomena variasi ketelitian data dapat dikurangi.

- f) Terdapat peraturan yang menjembatani akibat yang ditimbulkan dari variasi data pada peta KKP sehingga memungkinkan bahwa posisi di peta merupakan posisi relatif sedangkan kepastian posisi maupun geometri bidang tanah mengacu kepada Gambar Ukur.
- g) Terdapat mekanisme dimana pemilik tanah diberikan tanggungjawab lebih besar dalam proses pemeliharaan tanda batas sehingga tidak terjadi lagi banyaknya bidang tanah yang sudah bersertipikat kehilangan penanda batas tanahnya.

#### 4. Kesimpulan

PTSL sebagai sebuah terobosan dalam usaha percepatan Pendaftaran tanah perlu didukung dengan peningkatan infrastruktur Pengukuran dan Pemetaan untuk menghasilkan informasi yang tepat guna, diantaranya adalah dengan penggunaan Peta Foto dan CSRT yang mempunyai standar ketelitian untuk menempatkan bidang-bidang tanah dalam sebuah peta tunggal.

Daerah urban dan daerah rural mempunyai perbedaan dalam hal karakteristik Subjek maupun Objek Pendaftaran Tanahnya. Karakter masyarakat urban yang semakin individualistik dibandingkan masyarakat rural yang cenderung lebih sosial memerlukan strategi yang berbeda dalam hal percepatan proses pengukuran dan pemetaannya. Disamping itu keadaan Objek Pendaftaran Tanah yang berbeda antara daerah rural yang memiliki bidang tanah yang relatif luas dan mempunyai nilai lebih rendah dibandingkan dengan daerah urban yang memiliki bidang-bidang tanah yang relatif lebih sempit dan mempunyai nilai lebih tinggi juga memerlukan penanganan yang khusus di masing-masing tipe daerah.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih diberikan penulis kepada pihak-pihak yang telah membantu penulisan paper ini yaitu:

1. Kepala Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul;
2. Kepala Seksi Infrastruktur Pertanahan Kantor Pertanahan Kabupaten Bantul;
3. Ketua Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional;
4. Ketua Program Diploma I Pengukuran dan Pemetaan Kadastral Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional;
5. Instruktur Praktik Kerja Lapangan D I PPK STPN tahun 2018;
6. Seluruh Taruna D I PPK STPN Tahun ajaran 2017/2018;
7. Kepada pihak-pihak yang telah membantu penulisan paper ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

#### 6. Referensi

- BPN, T. P. (2005). Persepsi Masyarakat Terhadap Pelayanan Sertifikasi Tanah. *Jurnal IPTEK Pertanahan* Vol. V No. 3, 1-22.
- Enemark, S., Lemmen, C., & McLaren, R. (2014). *Building Fit-for-Purpose Land Administration Systems*. FIG Congress. Kuala Lumpur.
- Nation, U. (2018). <http://www.un.org/>. Retrieved from <https://unstats.un.org/unsd/demographic/sconcerns/densurb/densurbmethods.htm>.
- Ruang, D. I. (2016). *Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan Bidang Tanah Sistematis Lengkap*. Jakarta.
- Ruang, K. A. (2018). [www.atrbpn.go.id](http://www.atrbpn.go.id). Retrieved from <https://www.atrbpn.go.id/Publikasi/Lokasi-PTSL>.

Conference of Geospatial Information Science and Engineering-CGISE

Yogyakarta, 25 Oktober 2018

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

### Menuju percepatan Pendaftaran tanah di Indonesia

Bambang Haryanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Alumni TGD FT UGM, Yogyakarta Indonesia

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received 30 September 2018

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

##### Keywords:

PTSL, PULDADIS, PULDASIK, GNSS

##### Corresponding Author:

Bambang Haryanto

Email: b.harrianto@gmail.com

#### ABSTRACT

Pendaftaran Tanah di Indonesia menurut pasal 1/1 PP 24 1997 merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan pemerintah secara terus menerus berkesinambungan dan teratur meliputi pengumpulan, pengolahan, pembukuan, penyajian serta pemeliharaan data fisik dan data yuridis dalam bentuk peta dan daftar termasuk pemberian tanda bukti Hak bagi bidang tanah serta satuan rumah susun serta hak2 tertentu yang membebani.

Sejak diundangkannya pp10/1960 sampai dengan tahun 2018 atau selama hampir 58 tahun perjalanan Pendaftaran Tanah di Indonesia, belum semua bidang tanah di lakukan pendaftaran tanah tersebut. Pemerintah sebagai penyelenggara Pendaftaran Tanah seperti pasal 1/1PP-Pendaftaran tanah tersebut berupaya dari berbagai cara mulai dari PRONA, Ajudikasi dan akhir2 ini adalah PTSL-Pendaftaran Tanah Sistematis dan Lengkap.

Pesatnya perkembangan teknologi terkini telah bisa menjawab pengumpulan data fisik bidang tanah untuk keperluan pendaftaran tanah.

Dengan teknologi drone, pengukuran RTK, pemetaan GIM, GeoKKP, elektronik KTP dengan satuan NIK tunggal, yang tidak ketinggalan nasib TDT orde2 dan orde3 terhadap ITRF 2008/2014, ketersediaan peta foto maupun citra satelit yang ditegakkan, termasuk stasiun CORS yang telah dibangun pemerintah mempunyai andil dalam kemudahan Pendaftaran Tanah tersebut.

Percepatan Pendaftaran Tanah akan terfokus pada tahap PULDADIS dibandingkan puldasik. Sehingga perlu perlakuan tertentu pada faktor manusianya untuk mendukung maksud dan tujuan Percepatan Pendaftaran Tanah.

Dengan peningkatan status data fisik bidang tanah hasil PTSL, yang rata2 berbasis RTK GNSS, data pengukuran bidang tanah bisa ditingkatkan sebagai data multiguna skala besar yang bermanfaat untuk berbagai keperluan teknis di Indonesia seperti Perencanaan Irigasi teknis, Jalan Raya, Banjir, Pertambangan, Tataguna Tanah dls, termasuk keperluan ilmiah tentang study permukaan tanah serta peningkatan kualitas Peta di Indonesia.

Melalui program PTSL yang masih hangat, dicoba mengangkat masalah masalah yang timbul, perlakuan data yuridis dan fisik serta keterlibatan teknologi terkini yang digunakan guna percepatan Pendaftaran Tanah di Indonesia.

## 1. Pendahuluan

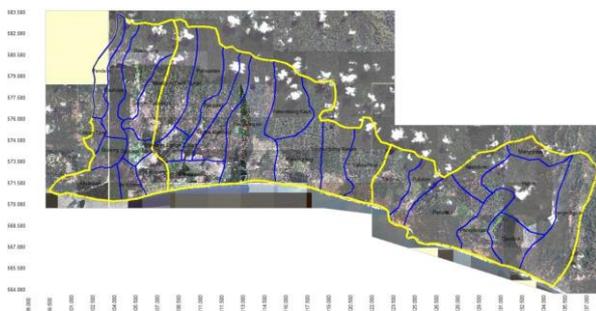
Pendaftaran tanah di Indonesia yang pada tahun 2018 ini telah melewati rentang sekitar 58 tahun, diperkirakan jumlah bidang tanah di Indonesia mencapai 126 juta bidang tanah. Dimana status bidang tanah terdaftar baru mencapai sekitar 46 juta bidang tanah di seluruh Indonesia.

Dari sisa 80 jutaan bidang tanah di Indonesia, kapasitas pendaftaran tanah yang dilakukan oleh Kantor Pertanahan diperkirakan hanya bisa mencapai sekitar 400 RIBU bidang tanah setiap tahun diseluruh Indonesia, demikian dikutip dari pidato Presiden RI setiap kali melakukan penyerahan sertifikat gratis pada penduduk. Yang berarti, masih diperlukan waktu sekitar 200 tahun lagi untuk menyelesaikan pendaftaran Tanah di Indonesia. Rentang waktu yang cukup panjang jika memerlukan 200 tahun tersebut

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Lokasi penelitian dilakukan di Kab Jembrana Propinsi Bali yang meliputi 3 kecamatan yaitu kecamatan Jembrana di bagian paling barat, Kecamatan Mendoyo di sebelah timurnya dan dan kecamatan Pekutatan berada paling timur yang merupakan obyek PTSL tahun 2018 dengan volume sebanyak 10,000 bidang yang meliputi 28 desa.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Lokasi Penelitian memanjang dari barat ke arah timur seperti terlihat pada gambar citra diatas.

Batas dengan garis warna kuning merupakan batas kecamatan sedangkan batas dengan garis biru merupakan batas desa yang terliput dalam tiap kecamatan.

Tahapan PTSL mengikuti standart teknis Pendaftaran Tanah secara sistematis yaitu melalui PULDADIS dan PULDASIK.

Kegiatan PULDADIS merupakan Pengumpulan data Yuridis dan Puldasic merupakan kegiatan Pengumpulan Data Fisik sesuai dengan tahapan pada PMNA nomor 3 tahun 1997 khususnya pasal 7 dan pasal 8.

### 2.2. Metodologi

Metodologi dalam penelitian eksploratif ini diharapkan sebagai penelitian aplikatif berdasarkan tahapan prosedur dan system yang telah baku untuk Pendaftaran Tanah di Indonesia mengikuti PMNA no 3 tahun 1997 tentang pelaksanaan Pendaftaran Tanah di Indonesia sesuai dengan PP no 24 tahun 1997, serta Petunjuk Teknis Pengukuran dan pemetaan bidang tanah no1/Juknis-300/2016

#### a. Pengumpulan data existing berupa:

- 1) Peta Pendaftaran
- 2) Peta Citra
- 3) Peta Obyek pajak PBB
- 4) Daftar tanah, merupakan daftar dalam tabel excel yang berisi nama2 pemegang hak, alamat pemegang hak, no hak, NIB, dan luas bidang tanah kepemilikan.  
Daftar tanah yang di sandingkan dengan nama2 diatas pete pendaftaran berfungsi untuk mengetahui nama pemegang hak atas tanah di suatu desa yang belum dipetakan bidang tanahnya.
- 5) Peta sebaran TDT dan Deskripsinya yang tidak diperoleh di kantah Kab Jembrana



Gambar. 2 TDT yang ada dilapangan

- 6) Username dan password stasiun CORS yang tidak aktif beroperasi di Kantah Kab Jembrana

#### b. Pembuatan Peta Kerja

Peta Kerja disusun dari berbagai sumber dengan sumber utama adalah Peta Pendaftaran yang diasumsikan adalah versi update saat diberikannya untuk menyusun Peta kerja.

Selain Peta Pendaftaran dipergunakan Peta Citra yang ada, serta peta obyek pajak PBB

##### 1) Pembuatan Peta Blok

Peta Blok disusun dari peta Pendaftaran yang terlihat ada kelompok wilayah yang tidak atau belum berisi gambar bidang tanah diatas peta pendaftaran tanah pada suatu desa. Diasumsikan apabila diatas Peta pendaftaran terdapat blok2 bidang tanah yang masih kosong, berarti terdapat bidang tanah yang belum dipetakan, baik dengan status K1,K3 maupun K4. Peta Blok dilakukan penomoran blok pada suatu desa yang dimulai dari nomor 1 sampai no terakhir blok kosong bidang tanh di suatu desa.



Gambar 3. Penyusunan Peta Blok

Blok kosong inilah yang akan menjadi fokus PTSL agar sistematis dan Lengkap. Sistematis dimaksudkan agar mengelompok sehingga efisien waktu pelaksanaannya, dan Lengkap agar seluruh bidang tanah terdaftar pada setiap desa. Setelah disusun Peta Blok, dilakukan deliniasi batas banjar secara visual baik diatas peta pendaftaran maupun dengan bantuan peta citra. Penarikan batas banjar dimaksudkan agar pelaksanaan Pengukuran dan pemetaan bisa sistematis untuk mempercepat waktu pelaksanaan.

- 2) Kompilasi Peta Blok dengan Obyek Pajak PBB

c. Penyuluhan Mandiri

Penyuluhan mandiri merupakan tahap pengumpulan berkas bidang tanah k1,k3 dan k4 secara mandiri bersama dengan kelian dan masyarakat dalam satuan Banjar dari setiap desa.



Gambar 4. Penyuluhan dan pengumpulan berkas Mandiri

d. Pengukuran dan pemetaan bidang Tanah

- 1) Pembuatan stasiun NTRIP RTK Mapping  
Dikarenakan status TDT yang tidak ditemukan deskripsinya yang hanya dijumpai secara fisik di lapangan, tidak operasinya station CORS Kintah kab Jembrana, serta agar efektifnya pelaksanaan pengukuran serta menekan biaya pelaksanaan, maka dibangunlah stasiun NTRIP RTK.



Gambar 5. Stasiun NTRIP RTK Mapping

- 2) Berkas Yuridis/Nominatif  
Berkas Yuridis yang dikumpulkan satgas yuridis Kintah dimohon sebagai dasar pengukuran dilapangan.
- 3) Pelaksanaan Pengukuran lapangan  
Dikarenakan status berkas yuridis yang diberikan untuk dilakukan pengukuran berada secara sporadik di beberapa banjar dalam satu desa dan berulang pada hari2 pengukuran selanjutnya, maka sewaktu pengukuran berdasarkan berkas atau data nominatif, diusahakan untuk melakukan pengukuran satu BLOK kosong penuh sesuai dengan peta Kerja yang disusun dari Peta Pendaftaran dengan petunjuk batas kelian yang memahami. Baru kemudian dimintakan persetujuan pemilik bidang tanah karena tidak semua pemilik berada di lokasi bidang tanah berada. Bisa diluar kota, bisa melakukan kegiatan di lokasi lain.

RTK Mapping merupakan methodologi pengukuran bidang tanah dilapangan yang menghasilkan bukan hanya data koordinat titik tanda batas bidang tanah tetapi sekaligus gambar bidang tanah dilapangan dan atribut nama pemiliknya sehingga bisa langsung digunakan sebagai Gambar Ukur dengan sedikit effort.

RTK Mapping akan menekan waktu penggambaran baik penggambaran Gambar ukur pada formulir DI207 maupun penggambaran Peta Bidang tanah. Mengurangi kesalahan jika data menumpuk karena setiap bidang tanah telah diberikan atribut berupa nama pemilik. RTK mapping akan menghasilkan akurasi yang cukup tinggi mencapai fraksi cm yang didisplay sebagai sdH dan sdV hasil pengukuran sebagai contoh berikut:





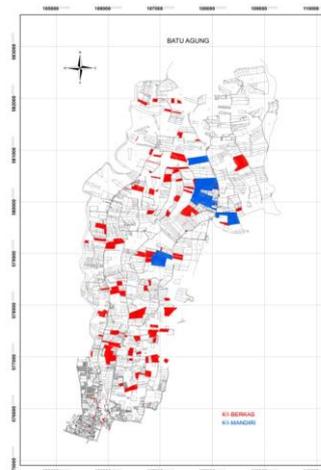
11. Standarisasi peta pendaftaran yang memuat semua informasi bidang tanah termasuk NIB sehingga sewaktu dilakukan pengukuran bidang tanah langsung diketahui bahwa bidang tanah yang diukur sudah mempunyai NIB.
12. Sinkronisasi Peta untuk pelaksanaan operasional PTSL perlu disinkronisasikan terhadap Peta Pendaftaran GeoKKP sehingga terdapat kesatuan sistem QC pra upload data. Dengan sinkronisasi data yang digunakan untuk operasional PTSL dan digunakan sebagai dasar QC, bisa digunakan sebagai background pengukuran yang di upload pada data collector, sehingga begitu dilakukan pengukuran langsung terlihat apakah bidang tanah yang akan diukur sudah berNIB atau sudah terdaftar akan diketahui dilapangan sewaktu dilakukan pengukuran dengan GNSS NTRIP RTK
13. Standarisasi status Berkas bidang tanah hasil PULDADIS belum terdaftar, belum ber NIB perlu disusun berdasarkan wilayah administrasi terkecil seperti RW atau banjar agar efisien dalam pengukuran lapangan
14. Standarisasi team kontrol kualitas menggunakan formulir QC agar standar digunakan oleh siapa saja sehingga akan mempercepat dan mempersingkat kerja team kontrol kualitas Kantah
15. Standarisasi Satgas baik satgas Puldadis maupun PuldasiK agar konsentrasi penuh diluar beban rutin pekerjaan
16. Peningkatan pola kerja Puldadis yang hanya menggantungkan aparat desa seperti kelian yang secara beban hidup mempunyai kegiatan rutin baik bekerja sebagai Kelian Dinas, berdagang, berkebun termasuk beban sosial lainya.
17. Belum terlihat kiprahnya Satgas PULDASIK pada kegiatan PTSL 2018 di kab Jembrana seperti melakukan klasifikasi berkas yuridis, analisa sebaran data yuridis, sampai penentuan target bidang k1,k3 apalagi k4 yang dicantumkan sebagai SK Ka Kantah untuk kebutuhan PTSL
18. Perlunya penjelasan status SK Ka Kantah tentang target bidang tanah setiap desa terutama penjelasan dari sumber data yang digunakan sehingga bisa dipergunakan sebagai dasar operasional pengukuran dan pemetaan. Karena dari realisasi target sebesar 10,000 bidang hanya tercapai bidang k1 sebanyak 1583 bidang atau sekitar 15% saja. Apakah dasar yang dipergunakan sebagai perhitungan target kurang sesuai atau satgas Puldadis kurang bisa mengumpulkan berkas sesuai dengan targetnya seperti SK Ka Kantah.

#### 1.16. Pola sebaran berkas data PULDADIS dan MANDIRI

Hasil Puldadis dapat disimpulkan melalui hasil pola Pemetaan pada penyebaran Bidang Tanah K1 dari berkas yuridis atau berkas Nominatif.

Terlihat berkas Yuridis(di gambar dengan arsir warna Merah) dengan hasil pengukuran tampak SPORADIS yaitu terlihat tersebar di seluruh wilayah desa baik terdiri hanya 1 bidang tanah saja mapun beberapa bidang tanah. Yang semestinya PTSL adalah sistematis.

Sebaran berkas bidang tanah k1 dari Puldadis dan K1 Mandiri Desa Batuagung seperti tercermin pada gambar berikut.



Gambar 7. Peta sebaran berkas K1 dan Mandiri ds Batuagung

Berkas k1 hasil Puldadis sebanyak : 286 bidang  
 Berkas MANDIRI sebanyak : 50 bidang  
 Total perolehan bidang k1 desa Batuagung : 336 bidang dari target SK Ka Kantah sebanyak 550 bidang

Dimana tampak dari peta kerja diatas, blok bidang tanah yang masih kosong(dengan no blok yang dilingkari) terlihat cukup banyak tersebar

Sebaran berkas bidang tanah k1 dari Puldadis dan K1 Mandiri Desa Yehkuning seperti tercermin pada gambar berikut.



Gambar 8. Peta sebaran berkas K1 dan Mandiri ds Yeh kuning

Berkas k1 hasil Puldadis sebanyak : 13 bidang  
 Berkas MANDIRI sebanyak : 106 bidang  
 Total perolehan bidang k1 desa Yehkuning : 119 bidang dari target SK Ka Kantah sebanyak 500 bidang

Dimana tampak dari peta kerja diatas, blok bidang tanah yang masih kosong(dengan no blok yang dikolongi) terlihat cukup banyak tersebar. Bidang tanah hasil puldadis dengan warna merah tampak berserakan sedangkan bidang tanah k1 berwarna biru atau yang diusuhkan Mandiri tampak bergerombol yang keduanya menunjukkan pola sebaran bidnag tanah secara Sporadik dan Sistematis.

## 4. Kesimpulan

### a. Peta Pendaftaran sebagai dasar Peta Kerja

- Dari Peta Pendaftaran yang diberikan oleh Kantah di awal pekerjaan dimana terdapat banyak blok2 bidang tanah yang kosong, ternyata blok2 tersebut tidak menentu statusnya. Terdapat bidang tanah pada blok yang kosong telah ber NIB sesuai dengan Peta GeoKKP maupun bidang tanah yang tidak dapat diperoleh data yuridisnya sekalipun telah melalui Puldadis.
- Dimungkinkan terdapat bidang tanah hasil pekerjaan yang lalu baik Prona maupun PTSL yang lalu telah diberikan NIB tetapi status data lainnya belum ada sehingga tidak terlihat diatas peta pendaftaran yang diberikan sebagai dasar pekerjaan
- Peta Pendaftaran sepertinya belum dioptimumkan satgas PULDASIK mendampingi satgas PULDADIS, walau telah terlihat blok2 bidang tanah ada batas2 bidang tanah indikasi, yang diperkirakan dari Obyek PBB, namun belum di tulis Subyek PBB yang sesungguhnya guna dilacak sebagai calon pemegang hak

### b. Berkas Yuridis

Berkas yuridis hasil PULDADIS terlihat peningkatannya sangat kecil sekali yang dimulai di awal pekerjaan, baik sewaktu pelaporan awal maupun pertemuan2 disebutkan bidang tanah k1 siap ukur adalah sejumlah 1200 – 1300 bidang, yang sampai akhir jadwal berkas K1 hasil PULDADIS hanya mencapai 1500 bidang. Hal ini mencerminkan sisa bidang tanah belum terdaftar memang tinggal sedikit dan cenderung sudah tidak ada bidang tanah yang belum terdaftar. Dapat disimpulkan bahwa

**Berkas Yuridis merupakan kunci percepatan Pendaftaran tanah di Indonesia sedangkan Puldasic telah memadai dengan perkembangan teknologi NTRIP RTK Mapping.**

## 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terimakasih kami sampaikan kepada KaKantah Kabupaten Jembrana Prop Bali serta Kabid Pengukuran dan Pemetaan Kanwil BPN Propinsi Bali atas perkenannya untuk mengupas data PTSL sebagai acuan penelitian dalam rangka Percepatan Pendaftaran tanah di Indonesia.

## 6. Referensi

Raden Muhammad Adi Dharmawan, M Eng Sc, Ir, Petunjuk Teknis Pengukuran dan Pemetaan bidang Tanah Sistematis Lengkap, 30 Desember 2016

Anoname, Kerangka Acuan Kerja Pengukuran dan Pemetaan dan Informasi bidang tanah Pendaftaran Tanah Sistematis dan Lengkap TA 2018

Menteri Negara Agraria/ Kepala Badan Pertanahn Nasional, Peraturan Menteri agraria/Kepala badan Pertanahan nasional Nomor 3 ttahun 1997 tentang Ketentuan

Pelaksanaan Peraturan Pemerintah No 24 tahun 1997 Tentang Pendaftaran tanah,

Denise Dettmering,Christian Waese,George Weber, NTRIP Version 1.0 Example Implementation, February3,2006

South Surveying and Mapping Instrument Co,Ltd, Galaxy G1 Measuring system User Manual, 2018

Microsurvey Software, FieldGenius 9 copyright 2017, 2017

## Prosiding CGISE

### Mendefinisikan Kebijakan Satu Peta Nasional Skala Besar

Hendry Yuli Wibowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan, Kementerian ATR/BPN, Indonesia

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

##### Keywords:

Kebijakan Satu Peta (One Map Policy)

Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL)

Infrastruktur Data spasial (SDI)

Cadastre 2034

##### Corresponding Author:

Hendry Yuli Wibowo

Email: wibowo.hendry@gmail.com

#### ABSTRACT

Peta Kadastral Indonesia harus dibangun untuk dapat mendukung pembangunan nasional berkelanjutan sekaligus memiliki visi yang jelas seperti yang diarahkan oleh visi Cadastre 2034. Dalam hal ini peta kadastral harus memenuhi prinsip-prinsip: kepastian batas kepemilikan, bidang tanah yang terdefiniskan secara unik, sistem yang memiliki integritas dan aman, serta memiliki standar regulasi terkait dengan manajemen data spasial. Kegiatan PTSL yang dilaksanakan oleh Kementerian ATR/BPN ditargetkan untuk dapat memperoleh data seluruh bidang tanah yang ada di Indonesia sebelum tahun 2025 yang diperkirakan ada sejumlah 125 juta bidang tanah.

Kebijakan satu peta nasional saat ini (berdasarkan Undang-undang nomor 4 tahun 2011 dan Peraturan Presiden nomor 9 tahun 2016) telah dibentuk untuk mengatur data spasial agar digunakan oleh pengambil kebijakan berbagai instansi di tingkat kabupaten/kota, provinsi maupun nasional. Namun regulasi ini baru bekerja pada level 1:50.000 yang tidak cukup untuk bisa mengakomodasi peta kadastral yang memiliki standar tinggi. Oleh karenanya masih diperlukan pengembangan dan peningkatan komponen-komponen infrastruktur data spasial yang bersifat praktis dan operasional terkait kebijakan satu peta yang bekerja pada skala besar minimal 1:5.000 untuk dapat memfasilitasi data spasial bidang tanah beserta atributnya yang berjumlah masif tersebut.

Makalah ini akan membahas aspek-aspek yang perlu dipertimbangkan dalam merumuskan kebijakan satu peta nasional dalam tingkat ketelitian peta skala besar dalam kaitannya dengan visi jangka panjang pembangunan nasional berkelanjutan dan visi cadastre 2034.

## 1. Pendahuluan

Pengambilan keputusan-keputusan strategis nasional banyak berhubungan dengan penyediaan lahan dan berkaitan erat dengan pertanahan. Misal untuk pengadaan tanah pemerintah dalam rangka pembangunan jalan tol, pelabuhan, bandara, irigasi, jalur Kereta Api, pembangunan rumah masyarakat berpenghasilan rendah (MBR), waduk, kawasan industri serta dalam pembangunan Kawasan Ekonomi Khusus di beberapa Provinsi. Pentingnya ketersediaan data bidang tanah terdampak akan berpengaruh pada proses akuisisi dan pembebasan tanah karena signifikannya keterangan hak atas tanah, nama pemilik, luasan, lokasi dan kesesuaian penggunaan lahannya.

Kepastian hak atas tanah pun menjadi bagian dari paket kebijakan ekonomi ke VIII dalam rangka percepatan penerbitan

sertifikat tanah sekaligus menjadi implementasi nawacita untuk meningkatkan kualitas pelayanan dengan kemudahan penerbitan sertifikat tanah yang masif dalam program legalisasi aset program PTSL.

Peta bidang tanah memiliki arti penting dalam pengambilan kebijakan-kebijakan tersebut, namun pendekatan kebijakan satu nasional masih bekerja dalam level ketelitian skala peta 1:50.000 dianggap belum mampu menjadi solusi yang efektif dan efisien. Diperlukan ketelitian skala peta lebih besar minimal 1:5.000 agar kebijakan ini dapat bermanfaat secara praktis dan operasional.

#### 1.17. Arti penting Pendaftaran tanah Sistematis Lengkap

Kementerian Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional memiliki data persil bidang tanah yang diperoleh dari kegiatan survei dan pemetaan bidang tanah seluruh Indonesia di

luar kawasan hutan. Kementerian ATR/BPN saat ini sedang melaksanakan program strategis yaitu Pendaftaran Tanah Sistematis Lengkap (PTSL). PTSL yang dimulai sejak tahun 2017 merupakan kelanjutan dari kegiatan serupa di tahun-tahun sebelumnya yang disebut dengan PRONA.

PTSL dilaksanakan untuk memetakan seluruh bidang tanah secara lengkap dan sistematis desa demi desa. Melalui metode dan program PTSL, seluruh bidang tanah di Indonesia (sekitar 125 juta bidang tanah) diproyeksikan dapat dipetakan sebelum tahun 2025. PTSL ke depannya akan membentuk sebuah sistem administrasi pertanahan yang paripurna yang memiliki kapasitas untuk menjawab masalah sengketa pertanahan serta tantangan meningkatnya jumlah penduduk Indonesia yang diproyeksikan menjadi sekitar 290 juta orang pada 2030 dan 315 juta orang pada 2045 (BPS, 2018).

### 1.18. Kebijakan Satu Peta Nasional

Kebijakan Satu Peta Nasional atau yang biasa disebut dengan *One Map Policy* dilaksanakan berdasarkan kepada Undang-Undang nomor 4 tahun 2011 tentang Informasi Geospasial dan berdasarkan Peraturan Presiden nomor 9 tahun 2016 tentang Percepatan Pelaksanaan Kebijakan Satu Peta pada tingkat ketelitian peta Skala 1:50.000. Koordinator tim Percepatan kebijakan satu peta ini adalah Menteri Koordinator bidang Perekonomian yang dibantu oleh Tim Pelaksana yang diketuai oleh Kepala Badan Informasi Geospasial.

Kebijakan satu peta diinisiasi pada masa pemerintahan Presiden Susilo Bambang Yudhoyono yang membutuhkan peta dalam satu referensi untuk pembangunan nasional. Sebelum dimulainya kebijakan ini, setiap institusi memiliki peta masing-masing dengan standar yang berbeda-beda, sistem proyeksi berbeda bahkan dengan referensi yang berbeda pula sehingga proses sinkronisasi banyak mengalami kesulitan.

Oleh karenanya, Kebijakan Satu Peta Nasional bercita-cita untuk menyatukan seluruh data dan informasi geospasial (Informasi Geospasial Tematik dan Informasi Geospasial Dasar) dalam satu referensi geospasial, satu standar, satu database dan satu geoportal. Sinkronisasi data tunggal dalam satu sistem ini akan bermanfaat untuk tidak hanya perbaikan data dasar dan data tematik masing-masing walidata namun juga dalam pemanfaatannya secara bersama untuk pengambilan keputusan strategis untuk pembangunan nasional berkelanjutan. Data ini nantinya akan bermanfaat pula untuk memenuhi kebutuhan penyusunan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) termasuk mitigasi bencana.

Kementerian dan lembaga yang terlibat dalam penyatuan data spasial nasional dalam skema Kebijakan Satu Peta ini meliputi Tim Percepatan KSP yang beranggotakan Menteri Perencanaan Pembangunan Nasional/Kepala Bappenas, Menteri Dalam Negeri, Menteri Keuangan, Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Menteri ATR/Kepala BPN dan Sekretaris Kabinet.

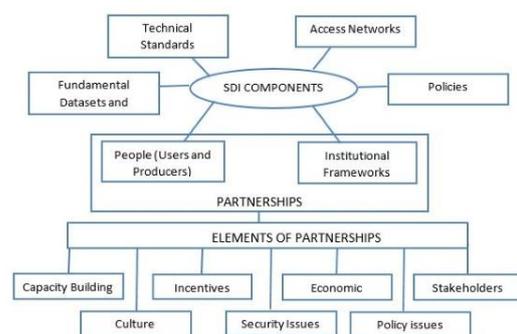
Tim Percepatan KSP dibantu oleh Tim Pelaksana KSP yang dipimpin oleh Kepala Badan Informasi Geospasial dan Sekretaris Deputi Bidang Koordinasi Percepatan Infrastruktur dan Pengembangan Wilayah Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian.

KSP melaksanakan 3 kegiatan utama yaitu (1) Kompilasi data tematik Kementerian/lembaga eksisting, (2) integrasi berupa overlay dan koreksi peta tematik di atas peta dasar dan (3) sinkronisasi untuk menyelesaikan masalah tumpang tindih antar peta tematik. Seluruh kegiatan ini ditargetkan untuk selesai pada akhir tahun 2019.

### 1.19. Cadastre 2034 dan Infrastruktur Data Spasial

*Cadastre 2034* merupakan visi kadaster yang merupakan tindak lanjut dari cadaster 2014 (Polat, Ustuner, & Alkan, 2015). Berdasarkan ICSM (ICSM, 2015), Visi *Cadastre 2034* adalah sebuah sistem yang memungkinkan masyarakat untuk mengidentifikasi lokasi dan atribut lainnya termasuk hak, larangan dan tanggungjawab (*Rights, restrictions and responsibilities*) yang terkait dengan bidang tanah maupun properti dengan pasti dan jelas (Grant, Dyer, & Haanen, 2014).

*Cadastre 2034* menuntut diadopsinya skema Infrastruktur Data Spasial. 6 komponen infrastruktur data spasial diperlukan untuk membangun konsistensi dan struktur dalam mengelola data spasial dalam jaringan sekaligus memungkinkan *data sharing*. Komponen tersebut adalah (1) Standar teknis, (2) jaringan akses/prosedur, (3) Regulasi, (4) Data dasar dan teknologi, (5) kelembagaan/institusional, (6) Produser dan user (Maphale & Moreri, 2018) seperti ditunjukkan pada gambar 1 di bawah.



Gambar 1. Konsep partnership untuk SDI di negara berkembang (Maphale & Moreri, 2018)

## 2. Data dan metode

Makalah ini ditulis melalui kajian literatur terhadap laporan pelaksanaan Kebijakan Satu Peta sejak tahun 2016 sampai dengan tahun 2018 dari berbagai sumber baik dari hasil rapat maupun forum diskusi terkait kebijakan satu peta antar instansi sehingga makalah ini bersifat kualitatif.

Isu strategis yang dihadapi pada proses integrasi data spasial pada kebijakan satu peta ini mencakup: (1) Data spasial yang tidak terintegrasi; (2) adanya perbedaan sistem referensi dimana masih banyak instansi yang menggunakan DGN95, atau sistem proyeksi lain meskipun berdasarkan UUIG nomor 4/2011 telah didefinisikan sistem proyeksi SRGI2013 nasional untuk digunakan secara menyeluruh, (3) perbedaan standar toponimi/penamaan objek di lapangan sehingga *interoperabilitasnya* menjadi terbatas, (4) gap antar data spasial, (5) adanya tumpang tindih kewenangan yang menyebabkan tingginya potensi konflik antar sektor; (6) tidak adanya platform dan protokol berbagi data yang diperlukan sebagai pintu akses data spasial (Kementerian PPN/Bappenas, 2018).

Isu strategis lain yang harus mampu dijawab oleh KSP adalah terkait dengan perwujudan *smart cities* dimana data World Bank memproyeksikan bahwa pada 2045, 80% GDP akan dihasilkan di area urban yang sejalan dengan peningkatan total populasi dunia di daerah urban akan mencapai 1,5-6 miliar orang. Daerah urban juga akan mengkonsumsi 2/3 energi dan menghasilkan 70% emisi gas yang menyebabkan efek rumah kaca (World Bank Group, 2018).

Pada pertengahan tahun 2018 dilaksanakan rapat koordinasi nasional Informasi Geospasial dimana terdapat 3 kelompok kerja yang masing-masing pokja menghasilkan: Dokumen Rencana Jangka Pendek (pokja 1), One Map Policy (Pokja 2), dan Dokumen jangka menengah (Pokja 3). Hasil pokja ini akan dimasukkan dalam RKP 2019 dan RPJMN 2020-2024.

Beberapa poin yang perlu digarisbawahi dari laporan Pokja 1 diantaranya bahwa dalam penyelenggaraan IGD dan IGT (1) perlu dilakukan percepatan penyediaan IGD (sistem referensi horisontal dan vertikal yang memadai, IG darat skala 1:5.000 dan 1:1.000, IG laut dan IG batas wilayah), (2) peningkatan koordinasi IG pusat maupun daerah, (3) mengupayakan akses publik kepada IGD dan (4) penyediaan payung hukum pengadaan IGD oleh K/L dan Pemerintah daerah, (5) penguatan Ina-Geoportal serta SDM dan (6) perlunya dibentuk standar penyelenggaraan Informasi Geospasial berupa SNI atau standar teknis.

Kemudian dari Pokja 2 adalah bahwa integrasi 85 peta tematik (dari ATR/BPN, Kemendagri, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kemenhub, BMKG, Kemendikbud, Kementan, Kemenlu, Kemenhan, KPDT, ESDM, PUPR, KLHK, Kominfo, BPS, ATR-Kementan, Bappenas, BIG dan Kemenko-Kemenperin) sampai bulan Maret 2018 telah dilaksanakan pada 82 tema.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Dari temuan-temuan diatas, dalam tiga sampai empat tahun mendatang, Indonesia akan segera memiliki database spasial bidang tanah yang masif dan padat. Data spasial tersebut memiliki atribut informasi substantif setiap petak bidang tanah. Pemilik, usia pemilik, penggunaan, pemanfaatan, dan yang terpenting adalah atribut hak, kewajiban dan larangan (*rights, responsibilities and restrictions*). Database bidang tanah tersebut kemudian akan bersanding dan tidak terpisahkan-tidak terputus (*seamless*) dengan batas kawasan hutan, batas Hak Guna Usaha Perkebunan Sawit, karet, bidang tanah pertambangan.

Dalam konteks teknologi, Kementerian ATR/BPN yang memiliki peran penting dan strategis dalam penyediaan data dalam waktu dekat sudah harus merumuskan dan menghasilkan regulasi yang terkait dengan mekanisme Sistem Kadaster paripurna untuk mengelola setiap data dan informasi spasial dan tekstual pertanahan secara lengkap dan menyeluruh. Sistem Kadaster paripurna diperlukan untuk tidak hanya menyelesaikan masalah laten berupa kesulitan link antara data fisik (spasial) dan data yuridis (tekstual) pada Buku Tanah, Surat Ukur, Gambar Ukur yang telah diterbitkan pada era pra-PTSL, namun juga memberikan gambaran jumlah SDM yang diperlukan untuk menyelesaikan masalah tersebut sekaligus menghitung anggaran yang diperlukan. Mekanisme tersebut harus dapat memastikan bidang tanah hasil PTSL dipetakan dan diregister dengan standar tinggi dalam platform digital. Platform digital memberikan kesempatan bagi jajaran Kementerian ATR/BPN untuk mengadopsi mekanisme digitalisasi kegiatan pertanahan yang efisien mulai dari pengumpulan data fisik dan yuridis, pemetaan hingga penyajian datanya. Gambar di bawah menunjukkan hasil kegiatan pilot project peningkatan kualitas data bidang tanah yang dilaksanakan oleh Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan bekerjasama dengan Departemen Teknik Geodesi Universitas Gadjah Mada tahun 2017-2018. Pilot Project ini menghasilkan sebuah draft kadaster paripurna seperti yang telah disinggung di atas.



Gambar 2. Integrasi KSP dan Kebijakan Satu Data (PPN/Bappenas, 2018)

Kemudian dalam konteks regulasi, perumusan Kebijakan satu peta nasional dalam skala besar adalah sebuah keniscayaan. Regulasi dalam level Peraturan Presiden tentang percepatan pelaksanaan kebijakan satu peta pada tingkat ketelitian peta skala besar minimal 1:5.000 juga perlu untuk disiapkan. Kebijakan ini akan tetap dikoordinatori oleh Kementerian Koordinator Bidang Perekonomian dan pelaksanaannya dipimpin oleh Badan Informasi Geospasial. Kemudian kegiatan sinkronisasi peta dalam skala besar akan didorong penggunaan dan pemanfaatannya antar instansi. Kebijakan ini dalam perkembangannya akan dipayungi dalam Peraturan Presiden tentang Sistem Pemerintahan Berbasis Elektronik (SPBE).

Tabel 1. Evaluasi kesesuaian KSP dengan Komponen Infrastruktur Data Spasial (SDI)

Komponen SDI	Evaluasi KSP Indonesia
Standar teknis	Sudah ada standar namun masih perlu ditingkatkan ke SNI
Jaringan akses/prosedur	Tersedia ina-geoportal, namun perlu pengembangan agar dapat <i>interoperability</i>
Regulasi	Perlu Peraturan baru untuk mengimplementasikan skala besar
Data dasar dan teknologi	IGD dan IGT sudah teridentifikasi, beberapa masih perlu sinkronisasi dan validasi
kelembagaan/institusional	Struktur koordinasi KSP sudah jelas
Produsen data dan User	Walidata, Pokja dan Jaringan IGN sudah bergulir

Lebih lanjut sesuai tabel 1 diatas, jika dibandingkan dengan 6 komponen Infrastruktur data spasial dapat dilihat bahwa masih ada aspek yang perlu dibahas lebih lanjut dari kebijakan satu peta terlebih jika akan diimplementasikan pada skala besar, yaitu pada penyusunan standar dan mekanisme *interoperability*.



Gambar 3. Sebagian dari Peta Bidang Tanah yang dipetakan dalam program pemetaan Kota Surakarta Lengkap 2018 di-overlay-kan dengan citra satelit

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan diskusi di atas, untuk membawa Kebijakan satu peta nasional ke tingkat ketelitian skala besar masih diperlukan pengembangan dan penajaman untuk dapat memfasilitasi dipenuhinya komponen-komponen infrastruktur data spasial secara menyeluruh. Aspek regulasi dan teknologi telah menjadi fokus utama dalam pembangunan KSP sampai saat ini, namun diskusi lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan kapasitas dalam hal institusional/kelembagaan khususnya dalam rangka penanganan data spasial bidang tanah skala besar.

Lebih lanjut, dengan mempertimbangkan progresifnya kegiatan integrasi data dan aktifnya penggiat geospasial dalam berpartisipasi dalam program besar ini, penulis memiliki keyakinan bahwa *One Map Policy* skala besar yang memiliki komponen infrastruktur data spasial yang terstandarisasi akan dapat diwujudkan dalam waktu yang tidak terlalu lama.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada segenap jajaran Direktorat Jenderal Infrastruktur Keagrariaan Kementerian

Agraria dan Tata Ruang/Badan Pertanahan Nasional yang telah membantu data untuk makalah ini, juga kepada Segenap Civitas Akademika Departemen Teknik Geodesi UGM yang telah banyak berperan dalam membangun dan merumuskan kebijakan terkait pemetaan partisipatif maupun digitalisasi kegiatan pelayanan pertanahan di Indonesia melalui partisipasi aktifnya dalam pilot project di beberapa kantor pertanahan.

#### 6. Referensi

- BPS. (2018). *Proyeksi Penduduk Indonesia 2015-2045*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Grant, D., Dyer, M., & Haanen, A. (2014, June 16-21). *A New Zealand Strategy for Cadastre 203*. Kuala Lumpur, Malaysia: RMIT University.
- ICSM. (2015). *Cadastre 2034: Powering Land & Real Property*. Canberra: Intergovernmental Committee for Surveying and Mapping.
- Kementerian PPN/Bappenas. (2018, Maret 12). *Penyelenggaraan Informasi Geospasial Dalam Mendukung Perencanaan Pembangunan Nasional*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- Maphale, L., & Moreri, K. (2018, April). *A consideration for a conceptual partnership framework in building spatial data infrastructures in developing countries - Article of the Month - April 2018*. Diambil kembali dari FIG: [http://fig.net/resources/monthly\\_articles/2018/maphale\\_et\\_al\\_april\\_2018.asp](http://fig.net/resources/monthly_articles/2018/maphale_et_al_april_2018.asp)
- Polat, Z., Ustuner, M., & Alkan, M. (2015). *On the Way to Vision of Cadastre 2034: Cadastre 2014 Performance of Turkey*. FIG Working Week 2015. Sofia, Bulgaria: FIG.
- PPN/Bappenas, K. (2018, Maret 21). *Sambutan Menteri PPN/Kepala Bappenas pada Rakornas IG 2018*. Jakarta: Kementerian PPN/Bappenas.
- World Bank Group. (2018, June 22). *Urban Development*. Diambil kembali dari [Worldbank.org: http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#1](http://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview#1)

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# Analisis Ketelitian Luas Bidang Tanah dari Hasil Ukuran Koordinat dengan Survei GNSS Metode RTK-Radio dan RT-PPP

Nurrohmat Widjajanti<sup>1</sup>, Naveda Harditya Pratama<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dosen Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

<sup>2</sup> Alumni Program Studi Sarjana Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

RTK-radio, RT-PPP, luas bidang, uji signifikansi,

#### Corresponding Author:

Nurrohmat Widjajanti

Email: nwidjajanti@ugm.ac.id

### ABSTRACT

Berkembangnya teknologi dan tuntutan dalam pemecahan solusi dari kendala pengukuran posisi di lapangan, kini hadir metode Real Time Precise Point Positioning (RT-PPP). RT-PPP memungkinkan pengguna untuk mendapatkan posisi secara langsung dengan ketelitian hingga sentimeter hanya dengan satu receiver. Penentuan luas bidang berdasar koordinat hasil pengukuran metode ini perlu dilakukan beberapa pengujian untuk membuktikan bahwa metode ini dapat menjadi solusi dan alternatif pengukuran luas bidang.

Penelitian ini mengevaluasi metode RT-PPP dalam pengukuran luas bidang. Hasil pengukuran luas bidang tersebut dibandingkan dengan hasil pengukuran metode RTK-radio. Bidang dipilih pada lokasi yang mempunyai banyak obstruksi dan minim obstruksi masing-masing sebanyak 30 sampel. Analisis hasil dilakukan dengan uji statistik untuk melihat signifikansi perbedaan luas antara dua metode tersebut.

Hasilnya menunjukkan bahwa luas 30 bidang pada kisaran kurang lebih 120 m<sup>2</sup> dengan metode RTK-radio dan RT-PPP pada lokasi banyak obstruksi masing-masing menghasilkan nilai ketelitian dengan rentang nilai 169,735 cm<sup>4</sup> s.d. 138,0251 cm<sup>4</sup> dan 1927,484 m<sup>4</sup> s.d. 65240,689 cm<sup>4</sup>. Luas 30 bidang pada kisaran kurang lebih 50 m<sup>2</sup> di lokasi minim obstruksi dengan metode RTK-radio dan RT-PPP masing-masing menghasilkan nilai ketelitian dengan rentang nilai 200,607 cm<sup>4</sup> s.d. 343,030 cm<sup>4</sup> dan 399,1299 cm<sup>4</sup> s.d. 500,5802 cm<sup>4</sup>. Hasil uji signifikansi luas bidang menunjukkan bahwa untuk kondisi banyak obstruksi dan minim obstruksi secara statistik dinyatakan tidak berbeda secara signifikan.

## 1. Pendahuluan

Kebutuhan manusia terhadap informasi dalam menentukan posisi, mendorong untuk membuat sistem yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Salah satu sistem yang dapat dirasakan saat ini dalam menentukan posisi adalah sistem navigasi satelit. Adanya teknologi ini bisa digunakan untuk mengetahui posisi seseorang berada hanya dengan bantuan alat yang dapat menerima sinyal navigasi satelit tersebut.

Salah satu sistem navigasi satelit adalah *Global Navigation Satellite System* (GNSS). GNSS merupakan suatu metode pengoperasian dan kesesuaian sistem satelit navigasi seperti *Global Positioning System* (GPS) milik Amerika, *Global Navigation*

*System* (GLONASS) milik Rusia, Galileo milik Uni Eropa, dan BEIDOU milik China yang sedang dikembangkan untuk kepentingan sipil di seluruh dunia (Bakara, 2011). Metode penentuan posisi dengan survei GNSS secara diferensial salah satunya menggunakan metode *Real Time Kinematic* (RTK) (Abidin, 2007). Metode RTK ini memiliki beragam cara untuk mendapatkan koreksi supaya diperoleh koordinat yang dibutuhkan dengan tingkat ketelitian tertentu (Wibowo, 2016).

Hasil pengamatan GNSS berupa koordinat yang diperoleh dari koreksi melalui sinyal satelit. Koordinat tersebut dapat digunakan untuk kebutuhan praktis, salah satunya penentuan luas bidang. Semakin meningkatnya kebutuhan pengukuran luas bidang serta kendala yang terjadi, kini pemilihan metode dapat

disesuaikan dengan tingkat kebutuhan dan kondisi di lapangan. Saat ini dikenal metode penentuan posisi yaitu RT-PPP. RT-PPP merupakan teknologi untuk solusi survei pemetaan ketika mengukur di lapangan dengan hanya satu *receiver* GNSS yang didasarkan pada metode penentuan posisi secara absolut tanpa harus melakukan *post-processing*.

Evaluasi hasil pengukuran GNSS metode RT-PPP dibandingkan dengan metode lain yaitu statik, RTK-radio, RTK CORS saat kondisi *fixed* dan *float* telah dilakukan sebelumnya (Bramantyo, 2015). Hasil penelitian tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbedaan luas hasil pengukuran koordinat metode statik dengan metode RT-PPP, RTK-radio, dan RTK CORS

Metode	Luas (m <sup>2</sup> )	Perbedaan (m <sup>2</sup> )	Persentase
Statik	94,0365	Tidak ada data	Tidak ada data
RTK-radio	94,3413	-0,3048	0,324%
RTK-CORS ( <i>fixed</i> )	94,3332	-0,2967	0,316%
RTK-CORS ( <i>float</i> )	94,8768	-0,8403	0,894%
RT-PPP	93,8832	0,1533	0,163%

Tabel 1 menunjukkan bahwa metode statik merupakan metode dengan hasil luas bidang yang dianggap benar. Pada metode RTK-radio didapat beda selisih dengan metode statik sebesar 0,324 %. Pada metode RTK CORS dalam kondisi *fixed* didapat beda selisih sebesar 0,316%. Pada metode RTK CORS dalam kondisi *float* didapat beda selisih sebesar 0,894%. Pada metode RT-PPP menunjukkan hasil yang lebih mendekati dengan nilai yang dianggap benar yaitu sebesar 0,163%.

Penelitian tersebut memberikan kesimpulan bahwa RT-PPP merupakan metode baru yang menjanjikan dalam menentukan posisi karena efisiensi dan kinerjanya. Secara umum, RT-PPP dapat memberikan hasil dengan ketelitian dalam sentimeter (Andrei, 2009). Pencapaian tingkat presisi dalam sentimeter, membutuhkan waktu inisiasi setidaknya 15 menit sebelum pengukuran.

Menurut Wiranata (2015), pengukuran titik detil menggunakan metode RTK-radio GNSS di Kawasan Taman Wisata Candi Borobudur menghasilkan ketelitian koordinat ukuran antara 1 cm s.d. 5 cm untuk ambiguitas fase *fixed*, sedangkan untuk ambiguitas fase *float* menghasilkan ketelitian 5 cm s.d. 1 m. Hal tersebut bersesuaian dengan penelitian ini, dimana dilakukan pengujian hasil pengukuran dengan metode RTK-radio di daerah dengan banyak obstruksi dan di daerah obstruksi minim. Pengukuran GNSS di lokasi dengan banyak obstruksi menghasilkan solusi ambiguitas fase yang *float*, sedangkan pengukuran GNSS di lokasi obstruksi minim menghasilkan solusi ambiguitas fase *fixed*.

Namun demikian penelitian tersebut hanya menentukan empat buah titik yang membentuk luasan. Oleh karena itu, penelitian ini mengevaluasi luas bidang dari koordinat hasil pengukuran metode RTK-radio dan RT-PPP untuk berbagai kondisi daerah pengukuran yang dibedakan dengan kondisi obstruksi. Tujuan penelitian ini teridentifikasi ketelitian koordinat dan luas yang dihasilkan dari pengukuran GNSS metode RTK-radio dan RT-PPP di daerah banyak obstruksi dan

minim obstruksi. Serta diketahui signifikansi perbedaan luas bidang yang dihasilkan dari kedua metode pengukuran tersebut.

## 2. Data dan Metodologi

Bagian ini menjelaskan lokasi penelitian, data yang digunakan, dan metodologi yang diterapkan.

### 2.1. Data dan Lokasi

Sampel bidang tanah sejumlah 60 yang terbagi pada 30 bidang di kawasan banyak obstruksi dan 30 bidang di kawasan minim obstruksi di lokasi Kelurahan Banjarwijaya, Kota Tangerang. Pengukuran dilakukan dengan *receiver* geodetik SF-3040 *Starfire* dan *controller* GETAC.

### 2.2. Metodologi

#### Survei Pendahuluan dan Perencanaan

Kegiatan ini meliputi survei awal lokasi, perencanaan pemasangan titik kontrol untuk pengukuran RTK-radio, perencanaan pengukuran metode RTK-radio dan RT-PPP, hingga perencanaan pengolahan dan analisis data.

#### Pengukuran Koordinat Bidang

1. **Pengukuran RTK-radio.** Titik kontrol pengukuran merupakan koordinat dalam sistem UTM zona 48S. Pada 30 bidang di lokasi banyak obstruksi dibutuhkan dua titik kontrol yaitu BM1 dan BM2. Akuisisi data BM1 menghasilkan 16 bidang dan pada BM2 menghasilkan 14 bidang. Akuisisi data BM-A1 menghasilkan 30 bidang pada lokasi minim obstruksi.

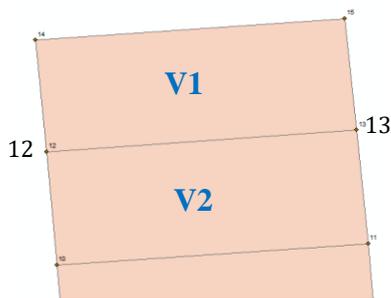
Tabel 2. Koordinat titik kontrol

Kode	Northing (m)	Easting (m)
BM1	9314213,130	682881,925
BM2	9314276,758	682909,640
BM-A1	9314894,908	683389,352

2. **Pengukuran RT-PPP.** Pengukuran metode RT-PPP diperlukan waktu inisialisasi untuk mencapai ketelitian fraksi sentimeter. Apabila di lapangan tidak ditemukan titik *known point*, proses inisialisasi membutuhkan waktu sekitar 30 s.d. 50 menit. Lama inisialisasi dapat diminimalisir dengan fitur *Quickstart Starfire*. Fitur *Quickstart Starfire* merupakan fitur yang digunakan untuk menginisialisasi koordinat pengamatan GNSS ke koordinat sebenarnya (*known point*). Setelah proses inisialisasi koordinat, *receiver* tersebut dapat digunakan sebagai *rover station* untuk pengukuran detil. Tahapan *setting controller* dalam pengumpulan data dilakukan dengan memperhatikan toleransi horizontal dan vertikal sebesar < 5 cm (Navcomtech, 2015). Apabila toleransi terpenuhi, dipilih *icon Starfire* untuk proses penyimpanan data ukuran. Proses pengukuran metode RT-PPP dapat mencakup 30 bidang tanpa bergantung dengan ketersediaan titik BM di lapangan. Hitungan HRMS yang merepresentasikan ketelitian posisi horizontal suatu titik sudah tertera pada alat dan dapat dilihat pada *raw data*.

#### Perhitungan Luas

Perhitungan luas pada penelitian ini menggunakan metode koordinat. Dikarenakan lokasi bidang tanah yang berdampingan maka untuk proses perhitungan luas ada titik yang diikuti dalam perhitungan sebanyak dua kali.



Gambar 1. Ilustrasi bidang yang berdampingan

Berdasarkan Gambar 1 diketahui bahwa bidang V1 dan V2 memiliki dua titik yang menjadi batas kedua bidang. Kedua titik tersebut adalah titik 12 dan 13. Pada perhitungan luas metode koordinat, titik 12 dan 13 digunakan dalam perhitungan untuk bidang V1 maupun V2.

**Analisis Ketelitian Luas Bidang**

Ketelitian luas bidang tanah ditunjukkan dengan nilai simpangan baku. Simpangan baku diperoleh dari perambatan kesalahan dari ketelitian koordinat yang membentuk bidang tersebut (Widjajanti, 2017). Makin kecil nilai simpangan bakunya maka koordinat tersebut makin presisi.

**Analisis Signifikansi Beda Luas Bidang**

Analisis signifikansi dilakukan dengan membandingkan luas dua metode yaitu RTK-radio dengan RT-PPP. Analisis menggunakan distribusi *t-Student* dengan derajat kepercayaan dan derajat kepercayaan tertentu. Uji dilakukan dengan penentuan t-hitung yang diperoleh dari nilai rerata beda luas dibagi simpangan baku beda luas.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Hasil penelitian ini meliputi koordinat beserta ketelitiannya, luas bidang beserta ketelitiannya dan signifikansi perbedaan luas dua metode.

**3.1. Koordinat Hasil Pengukuran Metode RTK-radio dan RT-PPP**

Contoh koordinat bidang tanah hasil pengukuran metode RTK-radio dan RT-PPP pada kawasan banyak obstruksi ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Koordinat dan ketelitiannya pada kawasan banyak obstruksi

Bidang V1	Komponen	Metode RTK-radio	Metode RT-PPP
1	N (m)	9314247,223	9314247,249
	SN (cm)	0,15	4,32
	E (m)	682886,99	682886,988
	SE (cm)	0,25	3,14
	U (m)	33,333	33,279
	SU (cm)	0,37	5,07
2	N (m)	9314248,556	9314248,565
	SN (cm)	0,38	6,54
	E (m)	682904,748	682904,755
	SE (cm)	0,85	6,45
	U (m)	33,512	33,512
	SU (cm)	1,15	7,13
3	N (m)	9314254,077	9314255,433
	SN (cm)	0,79	22,46

	E (m)	682886,359	682904,026	
	SE (cm)	0,69	16,41	
	U (m)	33,426	33,519	
	SU (cm)	0,73	24,8	
	4	N (m)	9314255,393	9314254,014
		SN (cm)	1,45	26,37
E (m)		682904,061	682886,324	
SE (cm)		1,65	18,36	
U (m)		33,596	33,448	
SU (cm)		0,58	27,54	

Tabel 3 menunjukkan nilai simpangan baku hasil pengukuran RT-radio pada 30 bidang untuk komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang 1 mm s.d. 16,5 mm dan 1,9 mm s.d. 22,9 mm. Nilai simpangan baku hasil pengukuran RT-PPP pada 30 bidang untuk komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang 1,11 cm s.d. 26,37 cm dan 1,58 cm s.d. 27,54 mm. Hal ini menunjukkan bahwa koordinat hasil pengukuran metode RTK-radio relatif lebih presisi dibandingkan metode RT-PPP untuk daerah banyak obstruksi.

Contoh koordinat bidang tanah hasil pengukuran metode RTK-radio dan RT-PPP pada kawasan minim obstruksi ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Koordinat dan ketelitiannya pada kawasan minim obstruksi

Bidang A1	Komponen	Metode RTK-radio	Metode RT-PPP
1	N (m)	9314943,457	9314947,803
	SN (cm)	0,11	2,18
	E (m)	683401599	683401668
	SE (cm)	0,14	1,80
	U (m)	32,832	32,949
	SU (cm)	0,33	4,68
2	N (m)	9314943,062	9314943,467
	SN (cm)	0,09	1,86
	E (m)	683412,945	683401,592
	SE (cm)	0,10	1,86
	U (m)	32,778	32,86
	SU (cm)	0,25	4,26
3	N (m)	9314947,591	9314943,073
	SN (cm)	0,09	1,80
	E (m)	683412,978	683412,951
	SE (cm)	0,10	1,84
	U (m)	32,801	32,935
	SU (cm)	0,24	3,98
4	N (m)	9314947,810	9314947,578
	SN (cm)	0,15	2,00
	E (m)	683401,669	683412,964
	SE (cm)	0,18	1,66
	U (m)	32,924	32,93
	SU (cm)	0,43	4,34

Keterangan Tabel 3 dan 4:

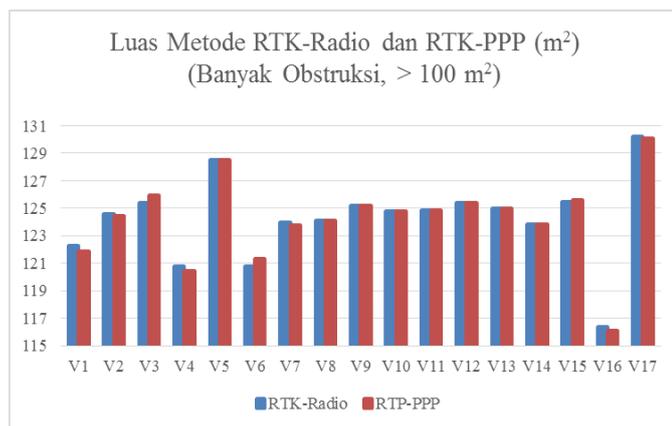
- N : *Northing*
- SN : *Simpangan Baku Northing*
- E : *Easting*
- SE : *Simpangan Baku Easting*
- U : *Up*
- SU : *Simpangan Baku Up*

Tabel 4 menunjukkan nilai simpangan baku hasil pengukuran RT-radio pada 30 bidang untuk komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang 0,8 mm s.d. 3,1 mm dan 1,8 mm s.d. 7,1 mm. Nilai simpangan baku hasil pengukuran RT-PPP pada 30 bidang untuk komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang 1,35 cm s.d. 2,52 cm dan 3,01 cm s.d. 6,17 cm. Hal ini menunjukkan bahwa koordinat hasil pengukuran metode RTK-radio relatif lebih presisi dibandingkan metode RT-PPP untuk daerah minim obstruksi.

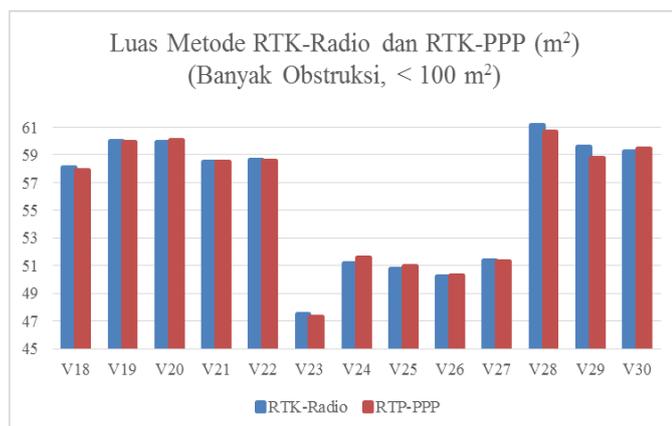
Hasil keseluruhan koordinat bidang pada lokasi banyak dan minim obstruksi untuk metode RTK-radio relatif lebih presisi dibandingkan metode RT-PPP. Kondisi pengukuran pada lokasi banyak obstruksi menghasilkan nilai koordinat semakin tidak presisi. Hal ini dikarenakan untuk mendapatkan nilai yang *fixed* juga semakin sulit. Secara umum nilai simpangan baku memiliki pola yang hampir sama pada nilai simpangan baku ketinggian (*Up*). Nilai simpangan baku *Up* lebih besar 2 sampai 3 kali nilai simpangan baku horizontalnya (E dan N). Hal ini bersesuaian dengan kondisi GNSS di Indonesia yang memberikan kepresisian rendah untuk komponen *Up* di Indonesia.

### 3.2. Hasil Perhitungan Luas dan Ketelitiannya

Luas semua bidang ditunjukkan pada Gambar 2, 3, dan 5.

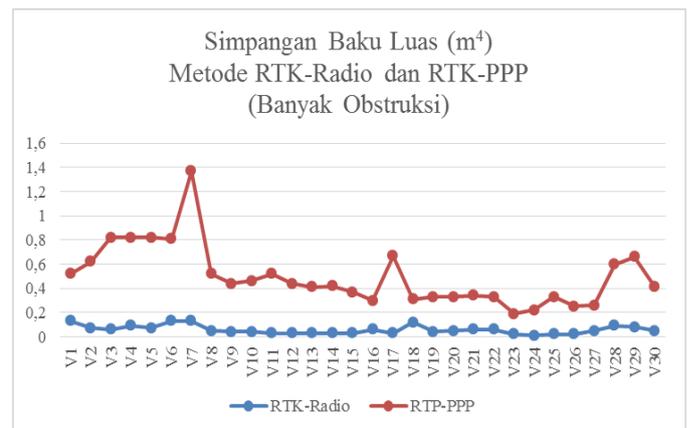


Gambar 2. Luas bidang > 100 m² dua metode pada lokasi banyak obstruksi



Gambar 3. Luas bidang < 100 m² dua metode pada lokasi banyak obstruksi

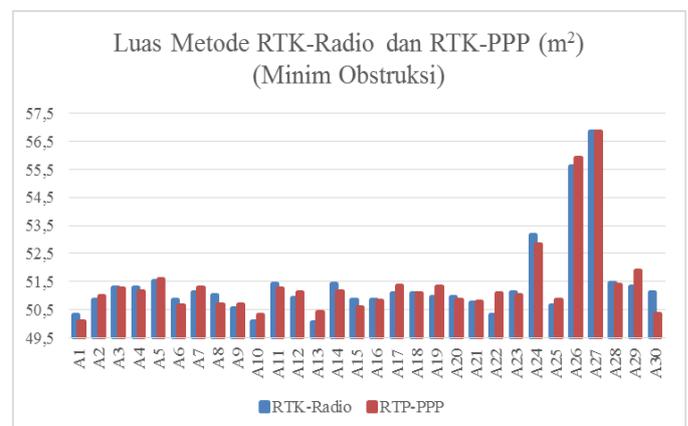
Pada Gambar 2 dan 3 berturut-turut ditunjukkan luas bidang > 100 m² dan luas bidang < 100 m² hasil hitungan dua metode pengukuran GNSS pada lokasi banyak obstruksi.



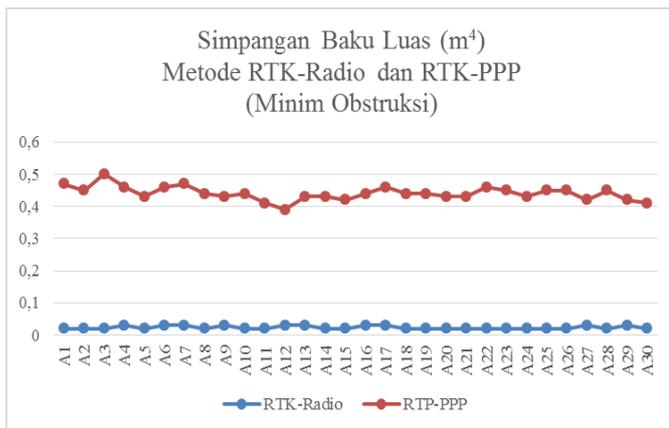
Gambar 4. Simpangan baku luas bidang dua metode pada lokasi banyak obstruksi

Perhitungan luas 30 bidang dengan metode RTK-radio pada lokasi banyak obstruksi menghasilkan nilai luas dengan rentang nilai sebesar 50,84 m² s.d. 56,84 m² dan ketelitian luas memiliki rentang nilai 0,01 m² s.d. 0,13 m². Metode RT-PPP menghasilkan nilai luas dengan rentang nilai sebesar 50,08 m² s.d. 56,87 m² dan ketelitian luas memiliki rentang nilai 0,19 m² s.d. 6,52 m². Apabila kedua metode diselisihkan nilai luasnya, maka didapatkan rentang nilai selisih luas sebesar 0,002 m² s.d. 0,76 m². Ketelitian luas bidang diperoleh dari perambatan kesalahan setiap koordinat berbentuk bidang tersebut. Rentang nilai simpangan baku ditunjukkan pada Gambar 4. Pada Gambar 4 dapat dilihat bahwa simpangan baku luas hasil metode RT-PPP relatif lebih besar dari hasil metode RT-radio. Hal ini berarti luas hasil metode RTK-radio lebih presisi.

Pengukuran 30 bidang pada lokasi minim obstruksi dengan metode RTK-radio menghasilkan rentang nilai luas sebesar 47,48 m² s.d. 130,21 m² dan ketelitian luas memiliki rentang nilai 0,20 m² s.d. 0,34 m². Perhitungan luas dengan metode RT-PPP menghasilkan nilai luas dengan rentang nilai 47,28 m² s.d. 130,08 m² dan ketelitian luas memiliki rentang nilai 0,39 m² s.d. 0,50 m². Apabila kedua metode diselisihkan maka nilai selisih luasnya memiliki rentang nilai sebesar 0,00 m² s.d. 0,84 m². Selisih luas lokasi minim obstruksi dapat dilihat pada Gambar 6.

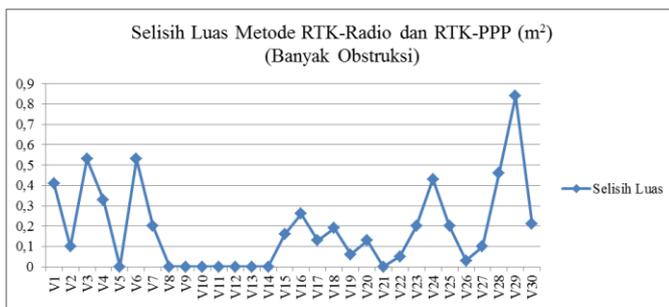


Gambar 5. Luas bidang dua metode pada lokasi minim obstruksi

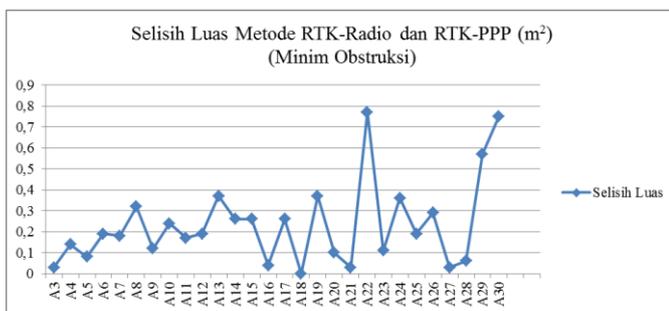


Gambar 6. Simpangan baku luas bidang dua metode pada lokasi minim obstruksi

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa luas hasil metode RT-PPP relatif lebih besar dari hasil metode RT-radio. Hal ini berarti luas hasil metode RTK-radio lebih presisi. Selisih luas hasil kedua metode pada lokasi banyak dan minim obstruksi dapat dilihat pada Gambar 7 dan 8.



Gambar 7. Selisih luas lokasi banyak obstruksi



Gambar 8. Selisih luas lokasi minim obstruksi

Tabel 5. Rentang simpangan baku luas kedua metode pada lokasi banyak obstruksi dan minim obstruksi

Banyak Obstruksi		Minim Obstruksi	
RTK-radio (m <sup>4</sup> )	RT-PPP (m <sup>4</sup> )	RTK-radio (m <sup>4</sup> )	RT-PPP (m <sup>4</sup> )
0,03 s.d. 0,13	0,19 s.d. 0,83	0,02 s.d. 0,39	0,39 s.d. 0,50

Berdasarkan Tabel 5. dapat diketahui bahwa nilai simpangan baku hasil pengukuran kedua metode nilainya relatif kecil, metode RTK-radio mencapai fraksi sentimeter dan metode RTK-PPP mencapai fraksi desimeter. Perhitungan simpangan baku luas menggunakan prinsip perambatan kesalahan dari setiap

komponen koordinat penyusun bidang tersebut. Simpangan baku luas yang bernilai kecil dikarenakan simpangan baku untuk setiap komponen koordinatnya relatif bernilai kecil.

### 3.3. Hasil Uji Statistik Metode RTK-radio dan RT-PPP

Pengujian statistik dilakukan untuk mengetahui signifikansi perbedaan antara perhitungan luas dengan metode RT-PPP dan RTK-radio. Pengujian statistik dilakukan pada lokasi banyak obstruksi maupun minim obstruksi berdasar distribusi *t-Student* dengan derajat kebebasan tidak terhingga pada tingkat kepercayaan 95%. Hasil uji statistik signifikansi perbedaan luas kedua metode ditunjukkan pada Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6, pada lokasi banyak obstruksi 30 bidang menghasilkan rentang nilai t-hitung sebesar 0 s.d. 1,9770. Nilai t-hitung 1,9770 lebih besar dari nilai t-tabel 1,960. Terdapat satu bidang Ho ditolak dan 29 bidang Ho diterima. Pada lokasi minim obstruksi menghasilkan rentang nilai t-hitung sebesar 0,04 s.d. 1,799. Pada rentang nilai tersebut nilai t-hitung lebih kecil dari t-tabel, sehingga Ho diterima. Apabila Ho diterima, hasil perhitungan luas dari kedua metode tersebut tidak berbeda signifikan secara statistik.

Persentase keberhasilan untuk pengujian pada daerah banyak obstruksi menunjukkan bahwa hanya satu bidang berbeda secara statistik. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa untuk lokasi banyak obstruksi, tidak terdapat perbedaan luas yang signifikan antara kedua metode tersebut.

Tabel 6. Hasil uji signifikansi beda luas

Banyak Obstruksi			Minim Obstruksi		
Bidang	t-hitung	Hasil Uji	Bidang	t-hitung	Hasil Uji
V1	0,0619	diterima	A1	0,4985	diterima
V2	0,1596	diterima	A2	0,3160	diterima
V3	0,6411	diterima	A3	0,0467	diterima
V4	0,3943	diterima	A4	0,3041	diterima
V5	0,0000	diterima	A5	0,1791	diterima
V6	0,6501	diterima	A6	0,4056	diterima
V7	0,1468	diterima	A7	0,3737	diterima
V8	0,0000	diterima	A8	0,7157	diterima
V9	0,0000	diterima	A9	0,2910	diterima
V10	0,0000	diterima	A10	0,5288	diterima
V11	0,0000	diterima	A11	0,4015	diterima
V12	0,0000	diterima	A12	0,4782	diterima
V13	0,0000	diterima	A13	0,8403	diterima
V14	0,0000	diterima	A14	0,6094	diterima
V15	0,4237	diterima	A15	0,6175	diterima
V16	0,8391	diterima	A16	0,0869	diterima
V17	0,1915	diterima	A17	0,5695	diterima
V18	0,5396	diterima	A18	0,0044	diterima
V19	0,1764	diterima	A19	0,8303	diterima
V20	0,3709	diterima	A20	0,2346	diterima
V21	0,0169	diterima	A21	0,0675	diterima
V22	0,1424	diterima	A22	16,484	diterima
V23	10,327	ditolak	A23	0,2376	diterima
V24	19,775	ditolak	A24	0,8390	diterima
V25	0,5998	diterima	A25	0,4138	diterima
V26	0,0846	diterima	A26	0,6531	diterima

V27	0,3552	diterima	A27	0,0640	diterima
V28	0,7448	diterima	A28	0,1457	diterima
V29	12.483	diterima	A29	13.311	diterima
V30	0,5002	diterima	A30	17.999	diterima

Penggunaan metode RT-PPP tentunya lebih efektif dan menguntungkan dikarenakan metode ini cukup membutuhkan satu unit *receiver* dengan cara inialisasi selama 15 menit. Berdasarkan analisis pada Tabel 3 dan 4, pengukuran dengan metode RT-PPP mampu menghasilkan nilai ukuran yang presisi. Oleh karena itu, penggunaan metode RT-PPP dapat lebih efektif dan menghemat biaya dibandingkan dengan metode RTK-radio yang memerlukan dua *receiver* untuk pengukuran. Hasil penelitian ini, lokasi pengukuran pada kondisi banyak dan minim obstruksi tidak membedakan hasil uji signifikansi perbedaan luas kedua metode. Hal ini karena lokasi dengan kondisi banyak obstruksi *receiver* masih dapat menerima sinyal GNSS. Hanya saja untuk mencapai kondisi *fixed* lebih lama.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini yaitu nilai simpangan baku hasil pengukuran RTK-radio di lokasi banyak obstruksi untuk komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang nilai 1 mm s.d. 16,5 mm dan 1,9 mm s.d. 22,9 mm. Nilai simpangan baku komponen horizontal dan vertikal di lokasi minim obstruksi berturut-turut memiliki rentang nilai 0,8 mm s.d. 3,1 mm dan 1,8 mm s.d. 7,1 mm. Pengukuran RT-PPP di lokasi banyak obstruksi, nilai simpangan baku komponen horizontal dan vertikal berturut-turut memiliki rentang nilai 1,11 cm s.d. 26,37 cm dan 1,58 cm s.d. 27,54 cm. Nilai simpangan baku komponen horizontal dan vertikal di lokasi minim obstruksi berturut-turut memiliki rentang nilai 1,35 cm s.d. 2,52 cm dan 3,01 cm s.d. 6,17 cm. Sedangkan nilai simpangan baku komponen vertikal lebih besar 2 s.d. 3 kali nilai simpangan baku horizontal.

Perhitungan luas 30 bidang metode RTK-radio pada lokasi banyak obstruksi menghasilkan nilai ketelitian luas dengan rentang nilai 0,0169 m<sup>4</sup> s.d. 0,1380 m<sup>4</sup>. Metode RT-PPP menghasilkan nilai ketelitian luas dengan rentang nilai 0,1927 m<sup>4</sup> s.d. 6,5240 m<sup>4</sup>. Perhitungan luas 30 bidang pada lokasi minim obstruksi dengan metode RTK-radio menghasilkan nilai ketelitian luas dengan rentang nilai 0,0200 m<sup>4</sup> s.d. 0,0343 m<sup>4</sup>. Metode RT-PPP menghasilkan nilai ketelitian luas dengan rentang nilai 0,3991 m<sup>4</sup> s.d. 0,5005 m<sup>4</sup>.

Hasil uji signifikansi luas bidang menunjukkan bahwa untuk kondisi minim obstruksi secara statistik dinyatakan tidak berbeda secara signifikan. Hal ini ditunjukkan dengan seluruh bidang tanah dinyatakan diterima. Kondisi banyak obstruksi secara umum dinyatakan tidak berbeda secara signifikan. Namun ada satu bidang yang dinyatakan secara statistik berbeda secara signifikan.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pimpinan dan staf PT. General Technology Indonesia atas dukungannya dalam perolehan data pengukuran GNSS.

#### 6. Referensi

- Abidin, H.Z. (2007). Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, Jakarta, PT. Pradnya Paramita.
- Andrei, C., Chen, R., Kuusniemi, H., Hernandez-pajares, M., Juan, J. M., dan Salazar, D. (2009). Ionosphere Effect Mitigation for Single-Frequency Precise Point Positioning, 2508–2517, *Conference Paper*, September 2009.
- Bakara, J. (2011). Perkembangan Sistem Satelit Navigasi Global dan Aplikasinya, *Jurnal LAPAN*, 12 (2), 38 s.d. 47.
- Bramanto, B. (2015). RT-PPP: Concept and Performance in Indonesia Region, *Jurnal*, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik ITB, Bandung.
- Navcomtech, 2015, *Starfire System Overview*, Diakses pada 9 Jjuni 2016, [www.navcomtech.com/navcom\\_en\\_US/docs](http://www.navcomtech.com/navcom_en_US/docs).
- Widjajanti, N. (2010). Deformation Analysis of Offshore Platform using GPS Technique and Application in Structural Integrity Assessment, *Disertasi*, Universiti Teknologi PETRONAS, Malaysia.
- Wiranata, H. (2015). Penggunaan Metode RTK-radio GNSS dan Metode Takhimetri untuk Pemetaan Situasi Kawasan Candi Borobudur Skala 1 : 250, *Skripsi*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM, Yogyakarta.

**Prosiding CGISE**

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

**Pemanfaatan “Expandable-GNSS” untuk Pengukuran Kadastral Berbiaya Rendah**Rizka Dita Samsudin Al Chodiq<sup>1</sup>, Tanjung Nugroho, S.T.,M.Si.<sup>2</sup>, Bambang Suyudi, S.T.,M.T.<sup>3\*</sup><sup>1</sup> Staf Kantor Pertanahan Kabupaten Penajam Paser Utara, Kalimantan Timur, Indonesia<sup>2,3</sup> Dosen Sekolah Tinggi Pertanian Nasional, Yogyakarta, Indonesia**ARTICLE INFO****Article History:**

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

**Keywords:**

Kadastral, Expandable-GNSS, Post-Processing Kinematic

**Corresponding Author:**

Author's name

Email: rizkaalchodiq@gmail.com

**ABSTRACT**

Keterbatasan jumlah receiver GNSS, belum meratanya infrastruktur Jaringan Referensi Satelit Pertanahan, serta keterbatasan jaringan komunikasi data pada metode Real-Time Kinematic menjadi kendala dalam pengukuran kadastral pada Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional. Pemanfaatan Expandable-GNSS (E-GNSS), salah satu receiver GNSS berbiaya rendah, dengan metode Post-Processing Kinematic (PPK) dapat menjadi alternatif penyelesaian beberapa kendala tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menguji ketelitian hasil pengamatan menggunakan E-GNSS dengan metode PPK. Metode penelitian yang digunakan adalah membandingkan hasil pengamatan menggunakan E-GNSS dengan metode PPK dan hasil pengamatan metode statik. Penelitian dilakukan dengan mengambil 120 titik sampel pada area persawahan dengan obstruksi minimal (Open view of sky) berdasarkan klasifikasi panjang baseline 0-1000 m, 1001-2000 m dan 2001-3000 m. Berdasarkan analisis hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan perbedaan koordinat sebanding dengan semakin panjang baseline. Analisis statistik juga menunjukkan terdapat perbedaan signifikan koordinat yang dihasilkan kedua metode, akan tetapi masih memenuhi toleransi kesalahan titik berdasarkan Petunjuk Teknis PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 sebesar 0,250m.

**1. Pendahuluan**

Tingginya volume pekerjaan pengukuran menuntut Kementerian ATR/BPN untuk bekerja secara cepat dengan tetap memperhatikan ketelitian yang dihasilkan. Pemanfaatan teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS) sangat membantu dalam terciptanya pengukuran yang cepat dan teliti. Akan tetapi, untuk memanfaatkan teknologi GNSS membutuhkan biaya yang tidak murah. Hal tersebut tidak terlepas dari mahalnya harga receiver GNSS serta biaya pembangunan infrastruktur penunjangnya.

Saat ini, mulai banyak dikembangkan receiver GNSS berbiaya rendah (*low cost GNSS receiver*), dengan harga kurang dari \$2,000 (< Rp. 28.000.000,00) jauh lebih rendah dibanding dari receiver GNSS pada umumnya dengan harga di atas \$40,000 (> Rp. 560.000.000,00) (Bramanto, et al. 2016, 139). Receiver GNSS berbiaya rendah merupakan salah satu jenis receiver GNSS yang mampu mengamati data gelombang satelit GNSS dengan spesifikasi tertentu (Surakhman 2017, 1). Salah satu spesifikasi dari produk receiver GNSS berbiaya rendah adalah hanya mampu menangkap gelombang fase L1 dan tidak dilengkapi dengan *high*

*precision antenna* (Weston dan Schwieger 2010, 21). Dalam perkembangannya saat ini, kemampuan receiver GNSS berbiaya rendah semakin meningkat dengan tambahan kemampuan menangkap satelit *Beidou* (B1) (Odolinski dan Teunissen 2017, 1315).

Salah satu receiver GNSS berbiaya rendah adalah *Expandable-GNSS* (E-GNSS). E-GNSS pada dasarnya merupakan modifikasi pengembangan modul GPS (*Original Equipment Manufacturer* (OEM) GPS), yang dihubungkan dengan antena eksternal dan *smartphone* sebagai *controller*-nya. E-GNSS memiliki konsep berbiaya rendah serta dapat di *expand* (dikembangkan) dengan instrumen tambahan lain sesuai kebutuhan pengguna (potretudara.com 2017). Dalam penggunaannya, akuisisi data dijalankan berdasar perintah dalam software berbasis android, Geotagging+. Geotagging+ merupakan aplikasi pengolah data yang dibangun berdasarkan paket kode dalam RTKLIB dan serta *library* RTK+ (Atunggal, et al. 2017, 90). Sama halnya dengan receiver pada umumnya, E-GNSS dapat digunakan untuk pengukuran dengan berbagai macam metode seperti *Post-Processing* (*Static* atau *Kinematic*) serta *Real-Time Kinematic* (RTK).

Metode RTK menawarkan hasil yang lebih cepat, karena perhitungan dilakukan sesaat pada saat pengukuran (*real-time*) dengan ketelitian posisi yang cukup tinggi. Akan tetapi, pemanfaatan metode RTK membutuhkan komunikasi data antara *base station* dan *rover* baik menggunakan jaringan internet (Metode RTK-NTRIP) maupun gelombang radio (Metode RTK-Radio). Pada metode RTK-NTRIP, selain membutuhkan koneksi internet yang stabil, rover juga harus berada pada cakupan jaringan referensi. Jaringan referensi pada Kementerian ATR/BPN disebut Jaringan Referensi Satelit Pertanahan (JRSP), dimana sebaran JRSP khususnya di luar pulau Jawa masih belum merata. Pemanfaatan metode RTK-Radio juga memiliki keterbatasan terkait jangkauan gelombang radio yang dipancarkan oleh pemancar. Pada umumnya, jangkauan dari sinyal koreksi RTK Radio GNSS yang dikirimkan dari *base station* ke *rover* memiliki jarak efektif maksimal 1,5 km (Tarigan 2010).

Pada keadaan tersebut metode yang dapat dijadikan alternatif adalah metode *Post Processing Kinematic* (PPK). Prinsip dan cara kerja metode PPK tidaklah jauh berbeda dengan metode RTK dimana penentuan posisi dilakukan secara diferensial dengan minimal terdapat 2 buah *receiver* yang bekerja dalam waktu yang bersamaan. Perbedaannya adalah tidak diperlukan hubungan data antara *base station* dan *rover* secara *real-time*. Hal tersebut tentunya mengandung konsekuensi bahwa hasil pengamatan tidak dapat didapat sesaat setelah pengamatan tetapi dibutuhkan pengolahan data sesudah pengamatan. Metode *kinematik* sudah sering digunakan dalam berbagai keperluan riset geodetik, diantaranya untuk pemantauan deformasi lempeng tektonik (Kuncoro, Meilano dan Sarsito 2012, 12) dan penentuan posisi pada wahana tanpa awak (*unmanned vehicle*) (Atunggal, Basith, et al. 2015).

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*), antara lain:

- 2 (dua) unit Receiver Expandable-GNSS L1
- Receiver GNSS tipe geodetik double frequency, terdiri dari: 2 (dua) unit receiver merk Topcon GNSS Hiper Ga, 1 (satu) unit receiver merk Trimble Net R9, 1 (satu) unit receiver merk Trimble R4, 1 (satu) unit receiver merk Leica Viva NetRover.
- Smartphone merk Xiaomi A4 dan Oppo A37f dilengkapi Software Geotagging +
- Laptop merk Asus A43S dilengkapi Software RTKLIB, Software Leica Geo Office (LGO), Software Trimble Business Center (TBC) versi 3.9, Software PCCDU, Software Topcon Tools versi 7.2 dan dongle-nya, Software Autodesk Map 3D 2012, serta Software Microsoft Office.

### 2.2. Metodologi (Cambria, 9 pt)

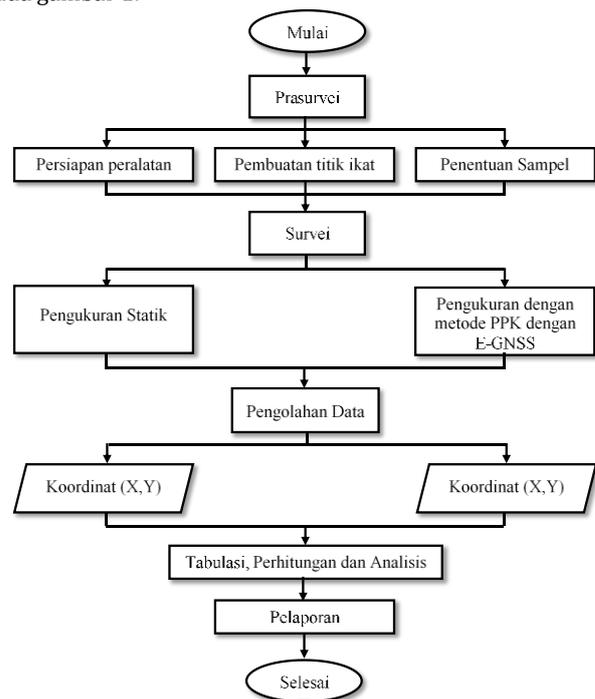
Penelitian ini dilaksanakan dengan melakukan percobaan dengan perbandingan (*comparative experiment*). Sampel dalam penelitian ini sebanyak 120 titik batas bidang tanah pada area persawahan dengan obstruksi minimal (*Open view of sky*). Sampel tersebut selanjutnya diklasifikasikan berdasarkan panjang *baseline* 0-1000 m, 1001-2000 m dan 2001-3000 m.

Pelaksanaan kegiatan penelitian dilakukan dalam 3 (tiga) kegiatan, yaitu prasurei, survei, dan pengolahan data. Tahap prasurei meliputi persiapan peralatan dan data yang diperlukan untuk proses survei (pengambilan data) dan pengolahan data. Pada tahapan prasurei ini juga dilakukan pembuatan titik ikat yang akan digunakan sebagai titik referensi (*base station*) selama

pengamatan. Titik ikat diikatkan pada Titik Dasar Teknik (TDT) Orde 3 disekitar lokasi penelitian dengan kondisi fisik yang baik dan posisi yang ideal. Titik dasar teknik yang dipilih adalah TDT nomor 1304147 dan 1304181 yang digunakan sebagai acuan dalam pembuatan titik ikat 1 (TI1), titik ikat 2 (TI2), dan titik ikat 3 (TI3). Dalam tahapan prasurei juga ditentukan sampel titik batas yang akan digunakan dalam penelitian ini.

Pada tahapan survei dilakukan pengukuran menggunakan receiver E-GNSS dengan metode PPK. Receiver yang digunakan sebanyak 2 unit (1 base dan 1 rover) dengan waktu  $\pm 15$  detik untuk setiap titik batas. TI1 dipilih sebagai base station dalam pengukuran menggunakan E-GNSS ini. Sebagai pembanding, dilakukan pengukuran dengan metode statik moda radial, dimana 1 receiver berfungsi sebagai base dan 4 receiver sebagai rover. Base yang digunakan dalam pengukuran statik dipilih dari ketiga titik ikat berdasarkan jarak baseline terpendek dari sampel bidang tanah yang diukur. Pengukuran dengan metode statik dilaksanakan dengan waktu  $\pm 15$  menit untuk setiap titik batas.

Tahapan pengolahan diawali dengan mengunduh raw data hasil pengamatan dengan E-GNSS maupun metode statik. Raw data kemudian dikonversi ke dalam format rinex (receiver independent exchange). Data rinex tersebut kemudian diolah menggunakan software RTKLIB untuk data pengamatan E-GNSS dan menggunakan software Topcon Tools untuk data pengamatan statik. Langkah-langkah penelitian dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Analisis data dilakukan dengan Uji Analisis Varians (Anava) untuk menguji ada tidaknya perbedaan rata-rata hitung pada ketiga kelompok sampel. Kesimpulan yang ditarik dari hasil analisis varians masih bersifat umum, dimana apabila dari hasil analisis varians disimpulkan bahwa terdapat perbedaan signifikan nilai F tidak dapat memberikan informasi kelompok mana yang berbeda (Irianto 2010). Pengujian lanjut pasca Anava dilakukan dengan teknik Tukey's HSD (*Honestly Significant*

Difference Test) untuk memperoleh informasi lebih lanjut mengenai kelompok mana yang berbeda signifikan.

$$S_W^2 = \frac{\sum_i \sum_j (\Delta L_{ij} - \Delta L_j)^2}{k(n-1)} \quad (1)$$

$$S_B^2 = \frac{n \sum (\Delta L_j - \Delta L)^2}{k-1} \quad (2)$$

$$F = \frac{S_B^2}{S_W^2} \quad (3)$$

$$HSD = q \sqrt{\frac{S_W}{n}} \quad (4)$$

Untuk menguji nilai perbedaan antara kedua data hasil pengamatan diuji menggunakan *Paired Sample t-test* dengan tingkat signifikansi ( $\alpha$ ) 5% serta dilakukan uji toleransi berdasarkan ketentuan PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997 menggunakan uji *one tail t-test*.

$$\Delta L = \frac{\sum \Delta L_i}{n} \quad (5)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (\Delta L_i - \Delta L)^2}{n-1}} \quad (6)$$

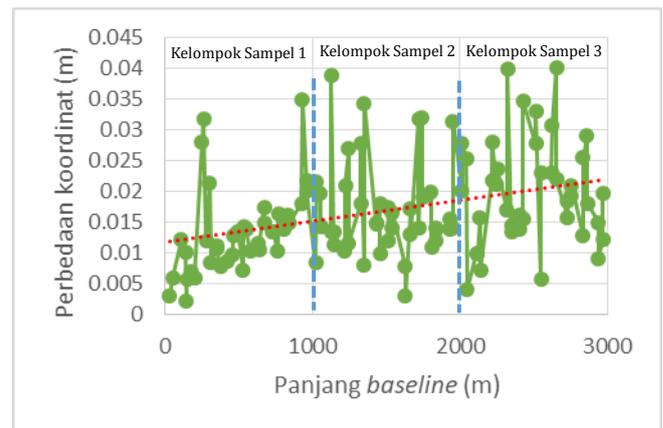
$$t_{hit} = \frac{\Delta L}{S/\sqrt{n}} \quad (7)$$

Hasil dari penelitian ini berupa koordinat hasil pengamatan menggunakan E-GNSS dengan metode PPK dan hasil pengamatan dengan metode statik serta hasil analisa uji statistik dari kedua nilai koordinat hasil pengamatan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil perhitungan data pengukuran menghasilkan 2 (dua) nilai koordinat yang berbeda untuk setiap titik batas bidang tanah, yaitu koordinat hasil pengukuran menggunakan E-GNSS dengan metode PPK dan koordinat hasil pengukuran metode statik. Berdasarkan hasil tabulasi, dapat diketahui bahwa rata-rata perbedaan koordinat dari keseluruhan kelompok sampel adalah sebesar 0,017 m atau 1,7 cm. Rata-rata perbedaan koordinat untuk kelompok sampel 1 sebesar 0,013 m (1,3 cm), kelompok sampel 2 sebesar 0,017 cm (1,7 cm) serta kelompok sampel 3 sebesar 0,020 m (2 cm). Perbedaan koordinat terkecil adalah sebesar 0,002 m (0,2 cm) yaitu nilai perbedaan koordinat pada titik sampel 1B, sedangkan nilai perbedaan koordinat terbesar adalah sebesar 0,040 m (4 cm) pada titik sampel 24B dan 27C.

Nilai perbedaan koordinat hasil pengukuran yang didapatkan mendekati akurasi hasil pengukuran dengan metode PPK yang tercantum dalam spesifikasi teknis E-GNSS yaitu sebesar 0,015 m+1ppm. Berdasarkan spesifikasi tersebut dapat diketahui bahwa terdapat pengaruh jangkauan/ panjang *baseline* terhadap akurasi pengukuran yang didapatkan. Grafik hubungan antara panjang *baseline* dan perbedaan koordinat yang didapatkan dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik hubungan antara panjang *baseline* dan perbedaan koordinat

Rata-rata perbedaan koordinat pada ketiga kelompok sampel dibandingkan dan di uji menggunakan teknik analisis varians dengan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) 5%.

Tabel 1. Hasil Analisis Varians Perbedaan Koordinat ( $\Delta L$ )

	Kelompok Sampel 1	Kelompok Sampel 2	Kelompok Sampel 3
<b>Jumlah</b>	0,539	0,689	0,803
<b>Rata-rata</b>	0,013	0,017	0,020
<b>Varians</b>	0,000048	0,000064	0,000075

#### ANAVA

Sumber Variasi	SS	df	MS	F	p-value
<b>Sb<sup>2</sup></b>	<b>0,000878</b>	<b>2</b>	<b>0,000439</b>	<b>7,024264</b>	<b>0,001316</b>
<b>Sw<sup>2</sup></b>	<b>0,007312</b>	<b>117</b>	<b>0,000063</b>		
<b>Total</b>	<b>0,018970</b>	<b>119</b>			

Berdasarkan hasil analisis varians pada tabel 1, dengan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) 5% diketahui bahwa nilai F hitung = 7,024264, nilai tersebut lebih besar dibandingkan nilai F tabel = 3,073763, sehingga cukup bukti untuk menolak  $H_0$  dan menerima  $H_1$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada taraf signifikansi 5% terdapat setidaknya satu perbedaan rata-rata hitung (*mean*) perbedaan koordinat antara ketiga kelompok sampel.

Kesimpulan yang didasarkan pada analisis varians di atas masih bersifat umum/luas. Nilai F hanya menjelaskan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara ketiga kelompok sampel, tetapi tidak menjelaskan kelompok mana yang berbeda. Untuk memperoleh informasi lebih lanjut pengujian dilanjutkan dengan tes statistik *Tukey's HSD*. Nilai HSD dihitung menggunakan rumus 5 dengan nilai q berdasarkan tabel *q score* adalah 3,36, didapat nilai HSD sebesar 0,004. Selanjutnya, nilai HSD tersebut dibandingkan dengan nilai perbedaan rata-rata perbedaan koordinat antar kelompok, sebagaimana dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Tabel Perbedaan Rata-rata antar Kelompok Sampel

	$\Delta L_{k1}$	$\Delta L_{k2}$	$\Delta L_{k3}$
$\Delta L_{k1}$	X	0,004	<b>0,007</b>
$\Delta L_{k2}$	0,004	X	0,002
$\Delta L_{k3}$	<b>0,007</b>	0,002	X

Berdasarkan tabel 2, nilai perbedaan rata-rata koordinat antara Kelompok Sampel 1 dan Kelompok Sampel 3 lebih besar dari nilai HSD, sehingga dapat disimpulkan terdapat perbedaan signifikan. Sedangkan untuk nilai perbedaan rata-rata koordinat antara Kelompok Sampel 1 dan Kelompok Sampel 2 serta antara Kelompok Sampel 2 dan Kelompok Sampel 3 lebih kecil dari nilai HSD sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan signifikan.

Uji statistik menggunakan teknik *paired sample t-test* (uji t) dengan taraf signifikansi ( $\alpha$ ) 5% dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya perbedaan signifikan nilai koordinat hasil pengukuran menggunakan E-GNSS dengan metode PPK dan Metode Statik.

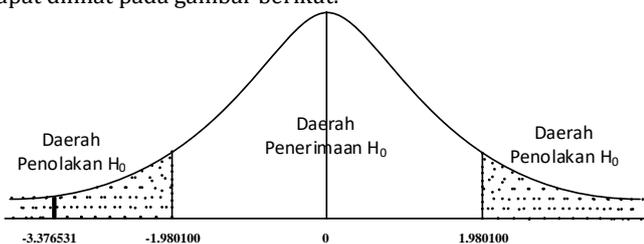
Tabel 3. Hasil Uji t Nilai Koordinat Hasil Pengukuran menggunakan metode PPK dengan E-GNSS (X',Y') dan Metode Statik (X;Y)

Titik	X		Y	
	$\Delta X_i$	$(\Delta X_i - \Delta X)^2$	$\Delta Y_i$	$(\Delta Y_i - \Delta Y)^2$
$\Sigma$	-0,467	0,018970	-0,528	0,019461
n	120		120	
$\Delta$	-0,004		-0,004	

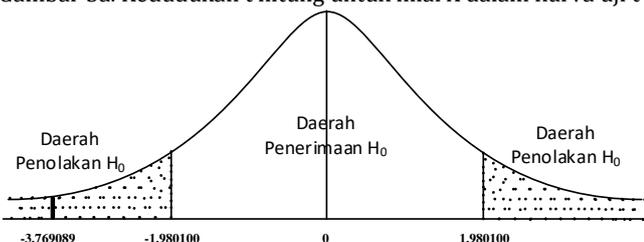
**paired sampel t-test (two tail)**

S	0,012626	0,012788
p-v	0,000992	0,000256
t hit	-3,376531	-3,769089
t tab	$\pm 1,980100$	$\pm 1,980100$

Berdasarkan hasil uji t pada tabel 3, pada taraf signifikansi 5% diketahui bahwa nilai t hitung untuk nilai perbedaan X dan Y hasil pengukuran dengan metode PPK menggunakan E-GNSS dan hasil pengukuran statik menunjukkan angka yang lebih besar dibandingkan t tabel =  $\pm 1,980100$ . Besar t hitung untuk nilai X yaitu -3,376531 dan untuk Y yaitu -3,769089. Untuk mempermudah menentukan kedudukan t hitung dan t tabel dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3a. Kedudukan t hitung untuk nilai X dalam kurva uji t



Gambar 3b. Kedudukan t hitung untuk nilai Y dalam kurva uji t

Berdasarkan gambar 3, dapat diketahui bahwa nilai t hitung baik untuk nilai X maupun nilai Y berada pada daerah penolakan  $H_0$ . Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa, pada taraf signifikansi 5% terdapat perbedaan signifikan antara nilai koordinat hasil pengukuran dengan metode PPK menggunakan E-GNSS dan metode statik.

Atas dasar kesimpulan pada uji t di atas dapat dimaknai bahwa terdapat perbedaan yang nyata antara pengukuran dengan metode PPK menggunakan E-GNSS dan pengukuran dengan metode statik. Akan tetapi, belum menjelaskan perbedaan tersebut masih dapat diterima/ditoleransi berdasarkan ketentuan dalam PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997. Dimana berdasarkan PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997, kesalahan titik yang diperkenankan untuk daerah pertanian adalah sebesar 25 cm atau 0,250 m. Untuk menjelaskan hal tersebut maka nilai perbedaan koordinat ( $\Delta Li$ ) di uji kembali menggunakan teknik *one sampel t-test* dengan uji satu pihak (*one tail test*), dimana Hipotesis nol ( $H_0$ ) berbunyi perbedaan koordinat kurang dari sama dengan 0,250 m ( $\Delta Li \leq 0,250$  m) dan Hipotesis alternatifnya ( $H_1$ ) berbunyi perbedaan koordinat lebih dari 0,250 m ( $\Delta Li > 0,250$  m). Hasil perhitungan uji t (*one sampel*) nilai perbedaan koordinat terhadap toleransi dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji t Nilai Perbedaan Koordinat ( $\Delta Li$ ) Hasil Pengukuran menggunakan metode PPK dengan E-GNSS dan Metode Statik

$\Sigma \Delta Li$	2,031
n	120
$\Delta Li$	0,017

**one sampel t-test (one tail)**

Hyp Mean	0,250
S	0,008296396
Df	119
t hitung	-307,747350
t tabel	1,657759

Berdasarkan hasil uji t pada tabel 4, pada taraf signifikansi 5% diketahui bahwa nilai t hitung lebih kecil dari nilai t tabel atau dengan kata lain jatuh pada daerah penerimaan Hipotesis nol ( $H_0$ ). Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa nilai perbedaan koordinat hasil pengukuran dengan metode PPK dengan E-GNSS masih dapat diterima/ditoleransi berdasarkan ketentuan PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis serta pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

Ketelitian yang dihasilkan dalam pengamatan menggunakan peralatan survei berbiaya rendah "E-GNSS" dengan metode PPK semakin berkurang sebanding dengan semakin panjang baseline.

Terdapat perbedaan signifikan antara nilai koordinat hasil pengukuran dengan metode PPK menggunakan E-GNSS dan metode statik, akan tetapi masih memenuhi toleransi kesalahan titik yang ditetapkan dalam PMNA/KBPN Nomor 3 Tahun 1997.

Pemanfaatan receiver E-GNSS dengan metode PPK dapat menjadi alternatif dalam pengukuran bidang tanah demi terwujudnya pengukuran yang cepat, teliti dan berbiaya rendah.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Catur Aries Rokhmana, S.T.,M.T. serta UPA Laboratorium STPN atas

bantuannya dalam hal peminjaman peralatan ukur yang digunakan dalam melakukan penelitian ini.

## 6. Referensi

- Abidin, HZ 2007, *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya: Cetakan ketiga*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Atunggal, D, Basith, A, Rokhmana, CA, dan Pratiwi, DM 2015, 'Studi Awal Penggunaan Modul GPS Murah untuk Pengukuran RTK NTRIP', dilihat tanggal 16 Juli 2018, [https://www.researchgate.net/publication/320558668\\_Studi\\_Awal\\_Penggunaan\\_Modul\\_GPS\\_Murah\\_untuk\\_Pengukuran\\_RTK\\_NTRIP](https://www.researchgate.net/publication/320558668_Studi_Awal_Penggunaan_Modul_GPS_Murah_untuk_Pengukuran_RTK_NTRIP).
- Atunggal, D, Ausi, NH, Ma'ruf, B, dan Rokhmana, CA 2017, 'Application of Low Cost RTK GPS Module for Precise Geotagging using Smartphone', *9th Multi-GNSS Asia (MGA) Conference*, Jakarta, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <http://www.multignss.asia/mga9/abstracts.pdf>
- Badan Standardisasi Nasional 2002, *Standar Nasional Indonesia: Jaring Kontrol Horizontal*, Jakarta.
- Bramanto, B, Gumilar, I, Sidiq, TP, Abidin, HZ, Hermawan, MDA, dan Wijayanto, BM 2016, 'On the Performance of a Single-Frequency Low-Cost GPS', *Prosiding Seminar Nasional 3rd CGISE dan FIT ISI 2016*, Yogyakarta.
- Irianto, A 2010, *Statistik: Konsep Dasar, Aplikasi dan Pengembangannya*, Kencana Prenada Media Group, Jakarta.
- Kuncoro, H, Meilano, I, dan Sarsito, DA 2012, 'Analisis Metode GPS Kinematik Menggunakan Perangkat Lunak RTKLIB', *Indonesian Journal Of Geospatial*, Vol. 3, No. 1, hlm 10-25, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <http://journals.itb.ac.id/index.php/ijog/article/download/2184/1119>.
- Langley, RB 1998, 'RTK GPS', *GPS World September 1998*, hlm. 70-76, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <http://www2.unb.ca/gge/Resources/gpsworld.september98pdf>.
- Madena, AY, Sabri, LM dan Yuwono, BD 2014, 'Verifikasi Koordinat Titik Dasar Teknik Orde 3 dengan Pengukuran GNSS Real Time Kinematic Menggunakan Stasiun CORS Geodesi UNDIP di Kota Semarang', *Jurnal Geodesi Undip*, Vol. 3 No. 1, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <http://id.portalgaruda.org/index.php?page=29&ipp=10&ref=browse&mod=viewjournal&journal=4685>.
- Odolinski, R, dan Teunissen, PJ 2017, 'Low-Cost, High-Precision, Single-Frequency GPS-BDS RTK Positioning', *GPS Solutions 21 (3)*, hlm. 1315-1330, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <https://espace.curtin.edu.au/handle/20.500.11937/543>.
- potretudara.com 2017, *Low-Cost GPS-GIS*. 2017, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <https://www.potretudara.com/low-cost-gps-gis/>.
- Surakhman, A 2017, 'Komparasi Kualitas Hasil Pengukuran Antara Receiver GNSS Low Cost BAP Precision S852 Dan Receiver GNSS Tipe Geodetik Leica GS08 dalam Variasi Kondisi di Lapangan', Skripsi pada fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Tarigan, V 2010, 'Evaluasi Ketelitian dan Keakuratan Posisi Real Time Kinematik (RTK) dengan Receiver GPS Javad Triumph 1', Skripsi pada fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.
- Weston, ND, dan Schwieger, V 2010, 'Cost Effective GNSS Positioning Techniques', *The International Federation of Surveyors (FIG)*, Copenhagen, dilihat tanggal 16 Juli 2018, <https://www.fig.net/pub/figpub/pub49/figpub49.pdf>.

**Prosiding CGISE**

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

**Kalibrasi Kamera Digital untuk Keperluan *Mobile Mapping***Parningotan Hasudungan Situmorang<sup>1</sup>, Catur Aries Rokhmana<sup>2\*</sup><sup>1</sup> Mahasiswa Magister Teknik Geomatika UGM, Departemen Teknik Geodesi FT-UGM<sup>2</sup> Staf Pengajar, Departemen Teknik Geodesi FT-UGM**ARTICLE INFO***Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:*

Kalibrasi, test field calibration, IOP, mobile mapping

*Corresponding Author:*

Parningotan Hasudungan Situmorang

Email: parningotan.h@mail.ugm.ac.id

**ABSTRACT**

Perkembangan penggunaan kamera digital non-metrik berupa action camera untuk pengumpulan data geospasial menjadi sangat bermanfaat dan mendukung pekerjaan mobile mapping untuk pembuatan model tiga dimensi (3D). Setiap lensa memiliki kesalahan dalam pembentukan desain proyeksi dan juga kesalahan saat produksi. Sebagai contoh pada lensa fisheye, yang memiliki model distorsi, yaitu distorsi radial, distorsi tangensial, dan pergeseran titik pusat optik. Kamera dianggap sudah terkalibrasi jika principal distance, principal point offset, dan parameter distorsi lensa sudah diketahui. Tahap persiapan yang perlu dilakukan pada pekerjaan mobile mapping dalam pembuatan model 3D adalah kalibrasi kamera. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter orientasi internal dari kamera digital (action camera) yang digunakan untuk keperluan mobile mapping. Kalibrasi kamera dalam Fotogrametri bertujuan untuk menentukan model geometrik kamera yang dijelaskan oleh Interior Orientation Parameter (IOP), termasuk panjang fokus, pergeseran principle point (PP), distorsi, dan parameter lainnya. Metode kalibrasi yang digunakan yaitu test field calibration. Kegiatan kalibrasi yang dilakukan pada kamera digital yaitu dengan mengukur target yang ada di lapangan menggunakan coded targets dari perangkat lunak Agisoft. Proses kalibrasi juga dilakukan pada saat pengolahan data foto dengan perangkat lunak Agisoft Photoscan Profesional. Hasil kalibrasi kamera dengan menggunakan bundle adjustment pada perangkat lunak Agisoft Photoscan Profesional menghasilkan parameter IOP (Interior Orientation Parameter) yaitu nilai principal distance (C), principal point offset ( $X_p$ ,  $Y_p$ ), dan parameter distorsi lensa ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $B_1$ ,  $B_2$ ). Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa Maximum Observational Radial Distance Encountered sebesar 1 mm.

**1. Pendahuluan**

Teknologi *mobile mapping* merupakan teknologi pemetaan dengan wahana yang bergerak yang dilengkapi dengan multi sensor seperti sensor kamera digital, sensor *Global Navigation Satellite System* (GNSS), sensor *Inertial Measurement Unit* (IMU), sensor *laser scanner*, dan perangkat penyimpanan data. Keseluruhan komponen sensor tersebut terintegrasi pada wahana yang bergerak (mobil, sepeda motor, manusia, van, kereta api, perahu, dan sebagainya). Pembuatan model tiga

dimensi (3D) dapat dilakukan dengan teknologi *mobile mapping* berupa *Mobile Mapping System* (MMS) dengan teknik *Close Range Photogrammetry* (CRP).

Berdasarkan karakteristik kamera digital, penggunaannya mulai meluas untuk kegiatan pengumpulan data dengan *Unmanned Aerial Vehicle* (UAV), MMS, maupun kegiatan fotogrametri lainnya (Teo, 2015). Pada MMS terdapat beberapa jenis kamera yang umumnya digunakan, yaitu industrial (industri), *Digital Single Lens Reflex* (DSLR), *Mirrorless Compact System*, medium format (format sedang) (Cox, 2016). Kamera

digital non-metrik digunakan untuk menggantikan kamera digital metrik, karena dapat mengurangi biaya dalam pengumpulan data foto obyek dunia nyata (*real world*) dengan teknik CRP.

Perkembangan penggunaan kamera digital non-metrik berupa *action camera* untuk pengumpulan data geospasial menjadi sangat bermanfaat dan mendukung pekerjaan *mobile mapping* untuk pembuatan model 3D. Namun kekurangan kamera digital non-metrik yaitu kualitas geometrikinya yang kurang baik, yang mengakibatkan posisi pada foto yang dihasilkan kurang akurat. Sehingga diperlukan kalibrasi kamera untuk tahap persiapan pada pekerjaan *mobile mapping* dalam pembuatan model 3D. Pada kamera non metrik dapat dilakukan kalibrasi untuk menghilangkan kesalahan sistematis dan mendapatkan hasil yang baik untuk aplikasi terapan Fotogrametri terestris (Wolf & Dewitt, 2000).

Menurut (Remondino & Fraser, 2006), kamera dianggap sudah terkalibrasi jika *principal distance*, *principal point offset*, dan parameter distorsi lensa sudah diketahui. Setiap lensa memiliki kesalahan dalam pembentukan desain proyeksi dan juga kesalahan saat produksi. Sebagai contoh pada lensa *fish-eye*, yang memiliki model distorsi, yaitu distorsi radial, distorsi tangensial, dan pergeseran titik pusat optik. Proyeksi lensa *fish-eye* direpresentasikan sebagai fungsi linier, sinus, atau tangen dari sudut datang ( $\theta$ ) (Wolf & Dewitt, 2000).

Berdasarkan hasil penilaian kalibrasi kamera yang dilakukan oleh Hassan, jumlah piksel berbanding terbalik dengan keakuratan kamera. Karena jumlah foto berkurang, pengaturan ditetapkan sebagai *default* dan penggunaan prosedur standar, semakin tinggi dan dioptimalkan keakuratan kalibrasi kamera karena memiliki RMSE yang lebih kecil. Selain itu, metode standar yang dikembangkan oleh Eos Systems Inc. dalam hal pengaturan dan prosedur gambar memiliki RMSE yang lebih kecil. *Compact camera* tidak konsisten dalam hal distorsi lensa (Hassan, et al., 2014).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai parameter orientasi internal dari kamera digital (*action camera*) yang digunakan untuk keperluan *mobile mapping*. Kalibrasi kamera dalam Fotogrametri bertujuan untuk menentukan model geometrik kamera yang dijelaskan oleh *Interior Orientation Parameter* (IOP), termasuk panjang fokus, pergeseran *principle point* (PP), distorsi, dan parameter lainnya.

## 2. Data dan Metodologi

Kegiatan kalibrasi yang dilakukan pada kamera digital yaitu dengan mengukur target yang ada di lapangan menggunakan *coded targets* dari perangkat lunak *Agisoft Photoscan Profesional*. Proses kalibrasi juga dilakukan pada saat pengolahan data foto dengan perangkat lunak *Agisoft Photoscan Profesional*.

### 2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di dalam ruangan (*indoor*) yaitu pada objek bagian dalam fasad bangunan rumah. Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Personal Computer* (PC), kamera digital non-metrik (*action camera*), *coded targets*, jalon (*mounting camera*), meteran baja, perangkat lunak *Agisoft Photoscan Profesional*, dan *Microsoft Office*. Bahan penelitian yang digunakan adalah data hasil pemotretan objek bagian dalam fasad bangunan rumah, yang berupa data foto yang terdapat *coded targets*. Data hasil pengukuran jarak langsung antara dua buah *coded targets* yang telah dipasang pada objek

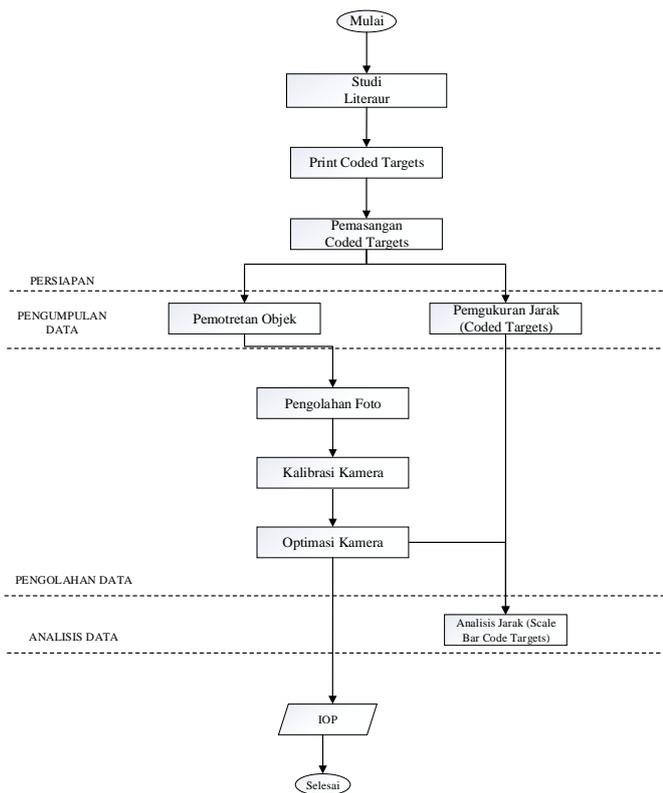
yang difoto di lapangan dijadikan sebagai analisis perbandingan jarak (*scale bar coded targets*).

### 2.2. Metodologi

Menurut Tang (2013), kalibrasi kamera pada Fotogrametri merupakan suatu penentuan kegiatan dan proses tertentu pengukuran spesifik pada kamera, instrumen, perangkat lain yang dibandingkan dengan standar tertentu yang kemudian digunakan untuk memperbaiki atau mengatasi kesalahan saat perekaman data. Kalibrasi kamera dapat menentukan model geometrik kamera yang dijelaskan dengan diperolehnya *Interior Orientation Parameter* (IOP). Menurut Tang (2013), beberapa teknik kalibrasi yang telah digunakan dalam Fotogrametri adalah sebagai berikut :

1. Teknik *laboratory calibration*, yaitu teknik kalibrasi yang sering digunakan untuk kamera metrik. Parameter *Interior Orientation* (IO) ditentukan dengan *Goniometer*, *Collimators* atau instrumen optikal lainnya.
2. Teknik *test field calibration*, dilakukan dengan mengukur target yang ada di lapangan yang telah diketahui koordinatnya dengan bidang uji yang direkam dari stasiun pengamatan *multi-view*. Kalibrasi ini diproses dengan *Bundle Adjustment* untuk menghitung IOP.
3. Teknik kalibrasi *plumb-line*, garis lurus harus dicitrakan sebagai garis lurus dan semua penyimpangan disebabkan adanya distorsi.
4. Kalibrasi *in-situ*, teknik ini juga dikenal sebagai *on the job calibration* yang menunjukkan bidang uji kalibrasi dengan kombinasi koordinat yang diketahui dari pengukuran objek sebenarnya.
5. *Self-calibration*, teknik ini dipertimbangkan sebagai proses lanjutan teknik *test field calibration* dan kalibrasi *in-situ*.

Pada penelitian ini, untuk menghasilkan parameter orientasi dalam, dilakukan implementasi kalibrasi kamera pada pengolahan data foto objek fasad bangunan bagian dalam rumah, yang sudah terpasang 14 buah *coded targets*. Pemotretan objek menghasilkan 20 buah foto beserta *coded targets*, yang diolah secara Fotogrametri (*Bundle Adjustment*) sampai menghasilkan model 3D objek fasad bangunan. Adapun diagram alir penelitian ini, dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 2.3. Coded Targets

*Coded targets* adalah penanda yang dicetak untuk ditempatkan pada objek yang akan difoto, dan dapat digunakan dalam *software Agisoft Photoscan Professional* sebagai titik referensi untuk sistem koordinat. *Coded targets* digunakan untuk mempercepat proses pengolahan foto pada tahap *Align Photos* pada *software Agisoft Photoscan Professional*. Penggunaan *coded targets* ini juga dapat membantu kalibrasi kamera otomatis yang secara akurat menentukan foto yang saling bersesuaian.

Pada penelitian ini, *coded target* dicetak menggunakan *marker type 12 bit*, sebanyak 14 *coded targets*. Pemasangan *coded targets* pada objek (*scene*) yang akan difoto harus datar dan terhindar dari perubahan bentuk (pergeseran tempat). *Coded targets* berbentuk lingkaran dengan segmen hitam dan putih. Pada Gambar 2, dapat kita lihat *coded targets* yang digunakan dalam penelitian ini dengan pola yang berbeda-beda.



Gambar 2. Coded Targets 12 bit dan pemasangan pada objek

### 2.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data yang dilakukan yaitu pemotretan objek yang sudah terpasang *coded targets* dan pengukuran jarak antara

dua buah *coded targets*. Teknik pengambilan foto dilakukan dengan teknik *mobile mapping*, yang menghasilkan 20 gambar/foto dengan 20 *camera stations*. Kamera dipasang pada ujung atas jalon dengan mode kamera *landscape*, yang dibawa oleh manusia berjalan sepanjang koridor objek yang difoto. Posisi kamera selama proses akuisisi foto dapat dilihat pada Gambar 3.

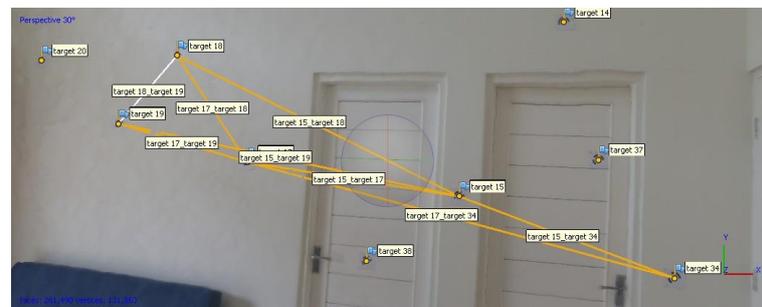


Gambar 3. Posisi camera station

Pengukuran jarak langsung di lapangan (objek) antara dua buah *coded targets* dilakukan untuk memperoleh data jarak/panjang antara dua buah *coded targets*. Pengukuran jarak langsung menggunakan meteran baja, dilakukan untuk keperluan analisis jarak *scale bars* setiap pasangan *coded targets*. Pasangan *coded targets* yang diukur jaraknya di lapangan (objek) ditampilkan dalam Tabel 1 dan Gambar 4.

Tabel 1. Pengukuran jarak antara dua buah *coded targets* pada objek yang difoto di lapangan

Label Coded Targets	Distance (m)
Target 17 – Target 19	1.082
Target 17 – Target 18	0.924
Target 18 – Target 19	0.661
Target 15 – Target 19	2.520
Target 15 – Target 18	2.205
Target 15 – Target 17	1.441
Target 17 – Target 34	2.676
Target 15 – Target 34	1.247



Gambar 4. Pengukuran jarak antara dua buah *coded targets* pada objek yang difoto di lapangan

### 2.5. Pengolahan Foto

Pengolahan data foto ini dilakukan dengan pembuatan stereo foto yang meliputi proses *alignment photo (image matching)*, proses *gradual selection*, dan pembuatan *dense cloud*. *Gradual selection* merupakan proses untuk menghilangkan *point cloud* yang memiliki tingkat ketidaksesuaian atau *error* yang tinggi. Proses pembuatan *dense cloud* merupakan metode yang paling sesuai untuk pembuatan model 3D tekstur pada objek.

Tahapan selanjutnya yaitu pembuatan model 3D, dimana *dense point cloud* yang telah terbentuk dihubungkan satu sama lain membentuk jaring segitiga atau *Triangular Irregular Network (TIN)*. Proses ini disebut sebagai proses pembuatan *mesh* atau model geometri dengan metode *arbitrary*. Metode *arbitrary* merupakan metode pembentukan geometri permukaan untuk berbagai macam objek yang diakuisisi dari jarak dekat, misalnya candi, bangunan, dan lain-lain (Agisoft, 2017). Pembentukan model 3D dilanjutkan ke tahap pemberian tekstur pada permukaan objek. Proses *texturing* ini bertujuan agar model 3D yang dihasilkan memiliki kenampakan yang mirip dengan kondisi di lapangan.

### 2.6. Kalibrasi Kamera

Metode kalibrasi yang digunakan yaitu *Test field calibration*. *Test field* adalah salah satu bagian penting dari kalibrasi kamera. *Test field* dikembangkan sesuai dengan kebutuhan penelitian. Kamera dikalibrasi dengan metode *test field* terestris menggunakan *Bundle Adjustment* konvensional dengan model matematis kolinearitas yang dirancang khusus untuk lensa *fisheye*. Model matematis kolinearitas dikombinasikan dengan model distorsi lensa umumnya digunakan dalam proses kalibrasi kamera fotogrametri.

Menurut penelitian yang pernah dilakukan oleh Hanifa, bahwa untuk keperluan geometrik yang cukup tinggi sudah seharusnya semua parameter internal kamera digunakan untuk meningkatkan ketelitian koordinat. Penentuan parameter internal kamera atau proses kalibrasi kamera harus dilakukan pada waktu yang sedekat mungkin dengan waktu pemanfaatan kamera tersebut atau idealnya kalibrasi dilakukan secara simultan dengan saat pemakaian kamera untuk aplikasi tertentu atau biasa disebut dengan metode *self-calibration* (Hanifa, 2007).

Kalibrasi kamera dapat dilakukan dengan proses estimasi tidak langsung, dimana parameter orientasi dalam (IOP) dipulihkan. IOP kamera digital adalah panjang fokus, koordinat *principal point* dan koefisien kesalahan sistematis lensa (distorsi lensa radial, *decentering*, dan *affinity*). Secara umum, kalibrasi diselesaikan menggunakan persamaan kolinearitas dengan tambahan parameter (Tommaselli et al., 2014), yang disajikan dalam persamaan (1).

$$x = x' - x_0 - \Delta x = -f \cdot \frac{X_c}{Z_c} \quad (1)$$

$$y = y' - y_0 - \Delta y = -f \cdot \frac{Y_c}{Z_c},$$

Keterangan :

- f : panjang fokus
- ( $X_c, Y_c, Z_c$ ) : koordinat 3D sistem referensi Fotogrametri
- ( $x, y$ ) : koordinat foto sistem referensi Fotogrametri
- ( $x', y'$ ) : koordinat foto sistem referensi paralel
- ( $x_0, y_0$ ) : koordinat *Principal Point* (PP)

Pada persamaan (2), ditampilkan koordinat 3D dalam sistem referensi Fotogrametri.

$$\begin{aligned} X_c &= r_{11} \cdot (X - X_{CP}) + r_{12} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{13} \cdot (Z - Z_{CP}) \\ Y_c &= r_{21} \cdot (X - X_{CP}) + r_{22} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{23} \cdot (Z - Z_{CP}) \\ Z_c &= r_{31} \cdot (X - X_{CP}) + r_{32} \cdot (Y - Y_{CP}) + r_{33} \cdot (Z - Z_{CP}) \end{aligned} \quad (2)$$

Keterangan :

- $r_{ij}$  : elemen matriks rotasi
- ( $X, Y, Z$ ) : koordinat titik sistem referensi objek
- ( $X_{CP}, Y_{CP}, Z_{CP}$ ) : koordinat *Perspective Center*
- ( $x, y$ ) : koordinat foto sistem referensi paralel
- ( $x_0, y_0$ ) : koordinat *Principal Point* (PP)

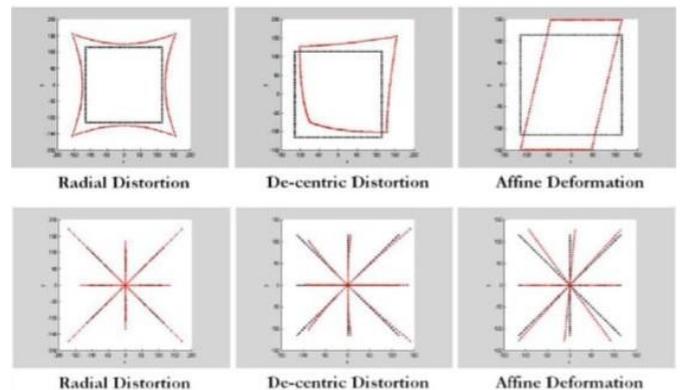
Pada persamaan (3), ditampilkan persamaan kesalahan sistematis lensa.

$$\begin{aligned} \Delta x &= x(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_1(r^2 + 2x^2) + 2P_2 xy + Ax + By \\ \Delta y &= y(K_1 r^2 + K_2 r^4 + K_3 r^6) + P_2(r^2 + 2y^2) + 2P_1 xy + Ay \end{aligned} \quad (3)$$

Keterangan :

- $K_1, K_2, K_3$  : koefesien sistematis distorsi radial
- $P_1$  dan  $P_2$  : koefesien distorsi *decentering*
- A dan B : parameter *affinity*

Distorsi radial merupakan pergeseran linier titik foto dalam arah radial terhadap titik utama dari posisi idealnya. Distorsi tangensial atau distorsi *decentric* adalah pergeseran linier titik di foto pada arah normal (tegak lurus) garis radial melalui titik foto tersebut. Distorsi tangensial disebabkan kesalahan sentering elemen-elemen lensa dalam satu gabungan lensa dimana titik pusat elemen-elemen lensa dalam gabungan lensa tersebut tidak terletak pada satu garis lurus (Hanifa, 2007). Pada Gambar 5, dapat kita lihat ilustrasi akibat adanya distorsi lensa dan tidak ortogonalnya sumbu atau *affine deformation*.



Gambar 5. Distorsi lensa (Sumber: Pullivelli, 2005)

### 2.7. Hasil dan Analisis

Jenis data yang dihasilkan adalah nilai IOP kamera dan standar deviasinya, analisis kesalahan *scale bars*, dan model 3D objek. Hasil dari kalibrasi kamera merupakan salah satu hasil yang penting dalam pemodelan 3D. Kalibrasi kamera merupakan suatu proses yang berpengaruh terhadap parameter internal dari kamera yang dibutuhkan untuk merekonstruksi ulang berkas sinar pada saat pemotretan (Ananingtyas et al., 2016). Oleh karena itu proses kalibrasi sangat dibutuhkan dalam pemodelan 3D.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Interior Orientation Parameter (IOP)

Hasil kalibrasi kamera dengan menggunakan *bundle adjustment* pada perangkat lunak *Agisoft Photoscan Profesional* menghasilkan parameter IOP (*Interior Orientation Parameter*) yaitu nilai *principal distance* (C), *principal point offset* (Xp, Yp), dan parameter distorsi lensa (K1, K2, K3, P1, P2, B1, B2).

Pada Tabel 2, dapat kita lihat nilai parameter IOP dan standar deviasinya. Standar deviasi dapat didefinisikan sebagai nilai kemungkinan kuadrat sekitar nilai rata-rata untuk variabel acak dan akar kuadrat positif menjadi standar deviasi (Hassan et al., 2014)(Hanifa, 2007). Pada persamaan (4), ditampilkan rumus standar deviasi.

$$\sigma = \frac{\sum(x - \bar{x})^2}{(n - 1)} \quad (4)$$

Keterangan :

- $\sigma$  : standar deviasi
- $x$  : nilai masing-masing data
- $\bar{x}$  : *mean* dari seluruh data
- $n$  : jumlah data

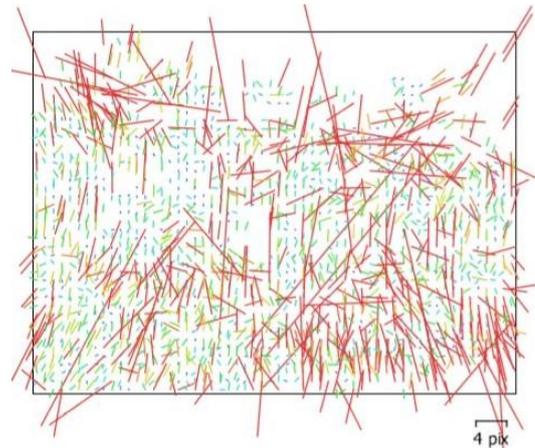
Tabel 2. Nilai IOP dan standar deviasinya

Camera Variable	Nilai Parameter	Standar Deviasi
C	1.3901 (mm)	0.0036 (mm)
X <sub>P</sub>	0.0049 (mm)	0.0000 (mm)
Y <sub>P</sub>	-0.0000 (mm)	0.0000 (mm)
K1	1.26615e-001	8.28554e-004
K2	5.74913e-003	6.29120e-005
K3	4.55685e-003	1.93155e-005
P1	1.05092e-002	1.06975e-004
P2	-8.19648e-005	1.06622e-004
B1	-7.10394e-002	1.13757e-003
B2	-6.12998e-006	4.84990e-006

Hasil koefisien kalibrasi dan matriks korelasi ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3. *Calibration coefficients* dan *correlation matrix*

	Nilai	Error	F	B1	K1	P1	P2
<b>F</b>	1913.88	5	1.00	-0.40	-0.81	0.36	-0.13
<b>B1</b>	109.365	2.3		1.00	-0.09	0.05	0.02
<b>K1</b>	0.0805595	0.0011			1.00	-0.51	0.16
<b>P1</b>	-0.00787374	0.0002				1.00	-0.02
<b>P2</b>	-6.32959e-05	0.00017					1.00



Gambar 5. *Image residuals* (2.73mm)

Pada Gambar 5, menampilkan sisa efek residu foto yang masih ada, dengan distorsi yang menyebar dan tidak konsisten. Distorsi lensa dapat menyebabkan bergesernya titik pada foto dari posisi yang sebenarnya, sehingga memberikan ketelitian pengukuran yang tidak baik, namun tidak mempengaruhi kualitas ketajaman foto yang dihasilkan.

#### 3.2. Analisis Kesalahan *Scale Bar*

*Scale bar* pada *software Agisoft Photoscan Profesional* dapat merepresentasikan jarak yang diketahui dalam *scene*. Ini bisa menjadi penggaris standar atau bar yang disiapkan khusus dengan panjang yang diketahui. Mereka dapat terbukti berguna ketika tidak ada cara untuk menemukan titik kontrol tanah di seluruh tempat kejadian. Pada Tabel 4, dapat kita lihat nilai kontrol *scale bar*, antara pengukuran jarak di lapangan dan perhitungan jarak pada *software Agisoft Photoscan Profesional* dengan akurasi 0.001 m.

Tabel 4. *Control scale bar*

Label Coded Targets	Ukuran Jarak di lapangan (m)	Ukuran Jarak di software (m)	Error (m)
Target 17 - Target 19	1.082	1.06227	-0.0197336
Target 17 - Target 18	0.924	0.933029	0.00902865
Target 18 - Target 19	0.661	0.665417	0.0044174
Target 15 - Target 19	2.520	2.49514	-0.0248572
Target 15 - Target 18	2.205	2.19826	-0.0067401
Target 15 - Target 17	1.441	1.4371	-0.0039039
Target 17 - Target 34	2.676	2.69734	0.021339
Target 15 - Target 34	1.247	1.27425	0.027247
<b>Total</b>			0.0172001

*Agisoft Photoscan Profesional* mendukung pengukuran jarak pada model, serta luas permukaan dan volume model 3D yang direkonstruksi. Semua instruksi dari bagian ini berlaku untuk bekerja pada *model view* dari program, baik untuk analisis *Dense Point Cloud* atau data *Mesh*. Saat bekerja dalam *model view*, semua pengukuran dilakukan dalam ruang 3D, tidak seperti

pengukuran dalam tampilan *Ortho*, yang merupakan gambar planar.

### 3.3. Model 3D Objek

Pengolahan foto dan kalibrasi kamera menghasilkan pemodelan 3D objek fasad bangunan rumah bagian dalam. Analisa bentuk 3D Model objek hasil kalibrasi otomatis pada pengolahan foto masih terdapat kekurangan. Model 3D objek bagian dalam fasad bangunan rumah dapat ditampilkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Model 3D Objek

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh maka dapat disimpulkan bahwa *Maximum Observational Radial Distance Encountered* sebesar 1 mm. Setelah pemrosesan dengan *software Agisoft Photoscan Professional*, nilai parameter kamera stabil dan memiliki akurasi tinggi, akurasi kalibrasi elemen orientasi dalam adalah dalam mikron. Parameter kalibrasi kamera sering kali berubah tidak teratur. Total kontrol kesalahan pengukuran jarak langsung dan perhitungan jarak *software* pada pasangan *coded targets* adalah sebesar 0,0172 m. Model 3D yang dihasilkan bisa dikatakan bagus untuk objek yang memiliki tekstur homogen.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Catur Aries Rokhmana yang sangat membantu penulis selama melakukan penelitian ini.

## 6. Referensi

Agisoft, P. (2017). Manual Agisoft Photoscan Professional. Retrieved from <http://www.agisoft.com>  
Ananingtyas, F., Prasetyo, Y., & Andri Suprayogi. (2016).

APLIKASI FOTOGRAMMETRI JARAK DEKAT UNTUK PEMODELAN 3D WAJAH MANUSIA. *Jurnal Geodesi Undip*, 5(April), 179–189.

Cox, B. C. (2016). Mobile Mapping Systems A Buyer ' s Guide. *3D Laser Mapping*, (March).

Hanifa, N. R. (2007). *Studi Penggunaan Kamera Digital Low-Cost Non-Metric Auto-Focus Untuk Pemantauan Deformasi*. Institut Teknologi Bandung.

Hassan, M. F. A., Ma' Arof, I., & Samad, A. M. (2014). Assessment of camera calibration towards accuracy requirement. *Proceedings - 2014 IEEE 10th International Colloquium on Signal Processing and Its Applications, CSPA 2014*, 123–128. <https://doi.org/10.1109/CSPA.2014.6805733>

Pullivelli, A. (2005). *Low-Cost Digital Cameras: Calibration, Stability Analysis, and Applications*. UNIVERSITY OF CALGARY.

Remondino, F., & Fraser, C. (2006). Digital camera calibration methods: Considerations and comparisons. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 36(5), 266–272.

Tang, R. (2013). *Mathematical Methods for Camera Self-Calibration in Photogrammetry and Computer Vision*. University of Stuttgart, Munchen.

Teo, T. (2015). Video-Based Point Cloud Generation Using Multiple Action Cameras. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(4W5), 55–60. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-4-W5-55-2015>

Tommaselli, A. M. G., Marcato, J., Moraes, M. V. A., Silva, S. L. A., & Artero, A. O. (2014). Calibration of panoramic cameras with coded targets and a 3D calibration field. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 40(3W1), 137–142. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-3-W1-137-2014>

Wolf, P. R., & Dewitt, B. A. (2000). *Elements of Photogrammetry - With Applications in Gis*. McGraw-Hill (4th ed., Vol. 3). United States: Mc Graw-Hill Education. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-410422-8.00003-0>

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

# Evaluasi Jaring Pemantauan Sesar Opak Segmen Segoroyoso Hasil Survei GNSS Tahun 2013 dan Tahun 2017

Dedi Atunggal<sup>1</sup>, Bilal Ma'rif<sup>2</sup>, Hilmiyati Ulinnuha<sup>3\*</sup>

<sup>1,2,3</sup> Universitas Gadjah Mada, Indonesia

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

#### Keywords:

jaring pemantau sesar, sesar opak, segmen segoroyoso, survei GNSS

#### Corresponding Author:

Dedi Atunggal

Email: [dediatunggal@ugm.ac.id](mailto:dediatunggal@ugm.ac.id)

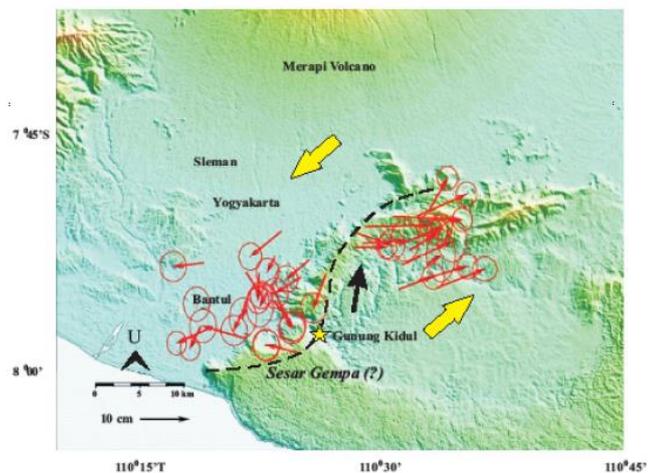
### ABSTRACT

Wilayah Daerah Istimewa Yogyakarta (DIY) terutamanya di sepanjang Sesar Opak merupakan daerah dengan potensi kegempaan yang relatif tinggi. Berbagai penelitian telah dilakukan dalam rangka mitigasi bencana gempa di sesar Opak. Pada tahun 2013, Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada telah memulai pemantauan aktivitas seismik pada sesar ini. Salah satu bagian dari sesar Opak yang menarik untuk dipelajari adalah segmen Segoroyoso (sesar mikro). Hal ini disebabkan karena pada segmen tersebut terdapat sesar kompleks yang meliputi sesar utama pada arah utara-selatan (searah dengan aliran Sungai Opak) dan beberapa sesar mikro dengan arah dari barat menuju ke timur (tegak lurus sesar opak). Penelitian ini bertujuan untuk melaksanakan survei GNSS epok 2017 pada jaring pemantauan Sesar Opak segmen Segoroyoso. Tahap pelaksanaan penelitian ini meliputi peninjauan lapangan, perencanaan pengukuran, pelaksanaan pengukuran di lapangan, pengolahan data dan analisis data. Peninjauan lapangan dilakukan untuk memastikan BM yang ada masih representatif untuk diamat dan keadaan lingkungan di sekitar BM kondusif untuk pengukuran GNSS. Pengukuran dilakukan secara serentak dengan sampling rate 15 detik secara kontinyu selama minimal 24 jam, dengan durasi maksimal menyesuaikan ketersediaan catu daya. Pengolahan data dilaksanakan dengan menggunakan perangkat lunak komersial GAMIT/GLOBK dengan terlebih dahulu melaksanakan cek kualitas data GNSS menggunakan TEQC. Jaring pemantauan sesar mikro Segoroyoso diikatkan pada jaring GNSS global ITRF 2008 untuk data mulai tahun 2013 hingga 2017. Dari pengolahan data tiap tahun kemudian dievaluasi velocity dari pergeseran titik-titik pantau tersebut. Dari hasil pengolahan data diketahui ketelitian pengolahan data tahun 2013 secara umum ada pada fraksi mm-cm. Hasil pengolahan data tahun 2017 memiliki ketelitian yang lebih baik dibanding hasil pengolahan data tahun 2013. Dari kedua hasil pengolahan data, diketahui bahwa hasil pengolahan pada titik SGY3 sama-sama memiliki ketelitian yang relatif lebih rendah dibanding ketelitian titik lainnya. Ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2013 masing-masing; 0.053, 0.09005, 0.02198 untuk komponen simpangan baku koordinat X, Y, Z kartesi 3D. Ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2017 masing-masing; 0.01086, 0.02607, 0.00725. Dari hasil pengolahan kecepatan/pergeseran titik berdasar data tahun 2013 dan 2017 diketahui bahwa secara umum titik pantau bergeser ke arah selatan/tenggara dengan komponen pergeseran komponen Northing sebesar  $\pm 5$ cm dan Easting berkisar dari 1mm-1cm.

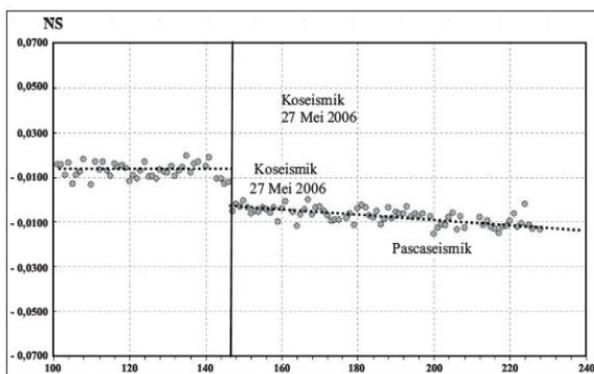
## 1. Pendahuluan

Gempa bumi yang terjadi di Yogyakarta pada tahun 2006 mengindikasikan keberadaan sesar Opak yang membentang dari selatan ke arah utara timur dari pantai selatan Yogyakarta sampai Klaten, dengan arah sesar timur laut-barat daya sebesar  $U\ 235^\circ\ T / 80^\circ$ . Sepanjang sesar tersebut, terutamanya di bagian timur disekitar sesar utama Opak terdapat sesar-sesar kecil (mikro). Salahsatu sesar mikro yang cukup kompleks dan terletak dekat dengan sesar utama Opak adalah sesar di segmen Segoroyoso. Gempa yg terjadi pada tahun 2006 tersebut mengakibatkan kerusakan bangunan yang relatif parah pada segmen tersebut.

Terkait dengan gempa yang terjadi pada tahun 2006, Abidin dkk (2009) menganalisa deformasi koseismik dan pasca seismik gempa tersebut berdasar data survei GPS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa deformasi koseismik mempunyai pergerakan sinistral (left-lateral) sekitar atau lebih kecil dari 10 - 15 cm, sedangkan deformasi pascaseismik menunjukkan pergerakan dekstral berkisar antara 0,3 cm dan 9,1 cm dari daerah sebelah timur Sesar Opak (kawasan Gunung Kidul) terhadap kawasan sebelah baratnya yang relatif lebih stabil (periode Juni 2006 sampai Juni 2008). Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa sudut strike deformasi koseismik yang terjadi adalah sekitar  $48^\circ$  dan sudut kemiringan (dip angle) sekitar  $89^\circ$  (Gambar 1 dan Gambar 2).



Gambar 1. Deformasi koseismik (horizontal) gempa Yogyakarta 2006 (Abidin dkk, 2009)



Gambar 2. Deformasi pasca seismik (horizontal) gempa Yogyakarta 2006 (Abidin dkk, 2009)

Bencana yang terjadi pada tahun 2006 tersebut sangat mungkin terjadi kembali di masa mendatang. Untuk itu perlu pengetahuan tentang perilaku deformasi yang terjadi pada wilayah tersebut terutamanya pada sesar mikro Segoroyoso. Fahrurrazi dan Atunggal (2013) telah membuat jaring pemantauan spesifik yang ditujukan untuk memantau aktivitas seismik di sesar mikro Segmen Segoroyoso. Jaring pemantauan tersebut telah dianalisis dengan optimasi jaring menggunakan metode *least square adjustment*. Desain jaring pemantauan Sesar Mikro Segoroyoso tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Jaring pemantauan Sesar Opak Segmen Segoroyoso (Fahrurrazi dan Atunggal, 2013)

Untuk keperluan monitoring deformasi dalam kerangka mitigasi bencana diperlukan adanya pengukuran secara periodik terhadap jaring kontrol monitoring deformasi yang ada di area penelitian. Mengingat analisis aktivitas seismik menggunakan data GPS memerlukan ketelitian yang tinggi, permasalahan yang mungkin potensial muncul adalah kualitas data pengukuran yg tidak sesuai untuk digunakan dalam penelitian. Aktivitas seismik per tahun pada umumnya terjadi pada level milimeter hingga beberapa sentimeter. Kualitas data yg digunakan harus baik agar analisis aktivitas seismik dapat dilakukan.

## 2. Data dan Metodologi

### 2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data hasil survei GNSS tahun 2013 dan 2017 beserta beberapa titik ikat dari jaring ITRF 2008. Lokasi penelitian di sekitar Sesar Opak segmen Segoroyoso.

### 2.2. Metodologi

Tahap persiapan penelitian terdiri atas studi literatur, desain penelitian dan pengadaan bahan penelitian. Survei GNSS masih merupakan salah satu metodologi paling efektif untuk pemantauan aktivitas seismik (Abidin, 2009). Tinjauan pustaka tentang teknik-teknik pemantauan gempa dengan menggunakan data hasil pengamatan GNSS menjadi dasar untuk menentukan desain pelaksanaan survei GNSS sekaligus pengolahan data agar tujuan penelitan dapat tercapai.

Tahap pelaksanaan meliputi peninjauan lapangan, perencanaan pengukuran, pelaksanaan pengukuran di lapangan,

pengolahan data dan analisis data. Mengingat jaring pemantau gempa di area Segoroyoso sudah dipasang sejak 2013, maka perlu dilaksanakan peninjauan lapangan apakah BM yang ada masih representatif untuk diamat. Selain itu, keadaan lingkungan di sekitar BM juga perlu dipastikan kondusif untuk pengukuran GNSS, apabila diperlukan maka obstruksi yang ada bisa di bersihkan atau dikurangi, misal; memangkas atau memohon pohon dan ranting-ranting di sekitar lokasi titik. Pengukuran direncanakan dilakukan secara serentak sehingga memudahkan proses pelaksanaan karena tidak diperlukan mobilisasi tim dari titik ke titik. Pengukuran dilaksanakan dengan sampling rate 15 detik secara kontinyu selama minimal 24 jam, dengan durasi maksimal menyesuaikan ketersediaan catu daya. Secara umum, detil pelaksanaan pengukuran mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) Jaring Kontrol Horizontal (JKH) (2002). Pengolahan data dilaksanakan dengan menggunakan perangkat lunak komersial GAMIT dengan terlebih dahulu melaksanakan cek kualitas data GNSS menggunakan TEQC. Jaring pemantauan sesar mikro Segoroyoso diikatkan pada jaring GNSS global ITRF 2008 untuk data mulai tahun 2013 hingga 2017. Dari pengolahan data tiap tahun kemudian dievaluasi *velocity* dari pergeseran titik-titik pantau tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Survei Pendahuluan

Survei pendahuluan telah dilaksanakan untuk memastikan bahwa BM yang ada masih representatif untuk diamat dan keadaan lingkungan di sekitar BM juga perlu dipastikan kondusif untuk pengukuran GNSS. Dari hasil survei, titik SGY3 adalah titik yang keadaan fisik tugunya masih bagus namun di sekitar lokasi terdapat banyak obstruksi seperti tersaji pada Gambar 4. Titik-titik BM lain secara umum fisik tugunya masih dalam keadaan baik dan keadaan lokasi di sekitar titiknya masih kondusif untuk pengukuran.



Gambar 4. Kondisi lokasi titik SGY3

#### 3.2. Hasil Perencanaan dan Pelaksanaan Pengukuran

Dari target minimal 24 jam pengukuran, hampir seluruh titik berhasil diamat melebihi durasi tersebut, kecuali titik SGY6 yang hanya berhasil merekam data GNSS dengan durasi sekitar 13 jam karena kendala teknis. Hasil pengukuran jaring Sesar Mikro Segoroyoso tersaji pada Tabel 1. Secara umum pengukuran dapat dilakukan lebih dari 24 jam dengan rata-rata durasi pengukuran selama 33 jam. Titik SGE3 yang merupakan titik cadangan untuk titik SGY3 yang berobstruksi besar berhasil diamat dengan durasi 36 jam

#### 3.3. Hasil Pengolahan Data

Hasil pengolahan jaring Sesar Mikro Segoroyoso data Tahun 2013 pada koordinat kartesi 3D dan ketelitiannya tersaji pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat dilihat bahwa ketelitian secara umum ada pada fraksi mm-cm dengan *trend* simpangan baku terbesar pada komponen Y. Perlu diingat bahwa dalam sistem koordinat ini komponen Y merepresentasikan ketinggian, sehingga hasil yang didapat secara teoritis sudah tepat. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2013 dalam sistem koordinat toposentrik disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2013 dalam sistem koordinat kartesi 3D dan ketelitiannya.

Titik	Koordinat Kartesi 3D (m)		
	X (sX)	Y (sY)	Z (sZ)
SGY1	-2204902.3451 (0.01486)	5921170.9739 (0.03157)	-868815.1630 (0.00881)
SGY2	-2202501.1562 (0.01816)	5921797.1212 (0.03804)	-870993.6258 (0.01029)
SGY3	-2204878.9803 (0.053)	5920879.3918 (0.09005)	-871243.3682 (0.02198)
SGY5	-2207951.9530 (0.01866)	5920633.9599 (0.04163)	-866159.7535 (0.01307)
SGY6	-2210164.7435 (0.0128)	5919930.1247 (0.0283)	-866245.2386 (0.00722)

Tabel 2. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2013 dalam sistem koordinat toposentrik dan ketelitiannya.

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	N (sN)	E (sE)	U (sU)
SGY1	-877367.3446 (0.00727)	12176248.8358 (0.00931)	90.5758 (0.034)
SGY2	-879573.9098 (0.00731)	12173189.6215 (0.00903)	141.3770 (0.04181)
SGY3	-879827.1482 (0.01445)	12175653.4986 (0.05352)	145.2684 (0.09126)
SGY5	-874642.3856 (0.00919)	12179967.0341 (0.01028)	283.4155 (0.04541)
SGY6	-874711.9124 (0.00588)	12182285.9812 (0.00703)	408.1752 (0.03054)

Hasil pengolahan jaring Sesar Mikro Segoroyoso data Tahun 2017 pada koordinat kartesi 3D dan ketelitiannya tersaji pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa ketelitian yang didapat secara umum pada fraksi yang sama dengan pengolahan data tahun 2013. Secara umum, hasil pengolahan data tahun 2017 memiliki ketelitian yang lebih baik dibanding hasil pengolahan data tahun 2013. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2017 dalam sistem koordinat toposentrik disajikan pada Tabel 4.

Tabel 3. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2017 dalam sistem koordinat kartesi 3D dan ketelitiannya.

Titik	Koordinat Kartesi 3D (m)		
	X (sX)	Y (sY)	Z (sZ)
SGY1	-2204902.4871 (0.00441)	5921171.0504 (0.00847)	-868815.2046 (0.00254)
SGY2	-2202501.2774 (0.00689)	5921797.1156 (0.01254)	-870993.6702 (0.00328)
SGY3	-2204879.1270 (0.01086)	5920879.4874 (0.02607)	-871243.4295 (0.00725)
SGY5	-2207952.0300 (0.00389)	5920633.9078 (0.0087)	-866159.7900 (0.00223)
SGY6	-2210164.8534 (0.00289)	5919930.1280 (0.0057)	-866245.2896 (0.00173)

Tabel 4. Hasil pengolahan jaring kontrol Sesar Mikro Segmen Segoroyoso data Tahun 2017 dalam sistem koordinat toposentrik dan ketelitiannya.

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	N (sN)	E (sE)	U (sU)
SGY1	-877367.3694 (0.00191)	12176248.9422 (0.00218)	90.7016 (0.00944)
SGY2	-879573.9488 (0.00251)	12173189.7370 (0.00357)	141.4197 (0.01401)
SGY3	-879827.1898 (0.00479)	12175653.6026 (0.00527)	145.4162 (0.02827)
SGY5	-874642.4249 (0.00193)	12179967.1244 (0.00249)	283.3988 (0.00927)
SGY6	-874711.9575 (0.00147)	12182286.0830 (0.00186)	408.2232 (0.00618)

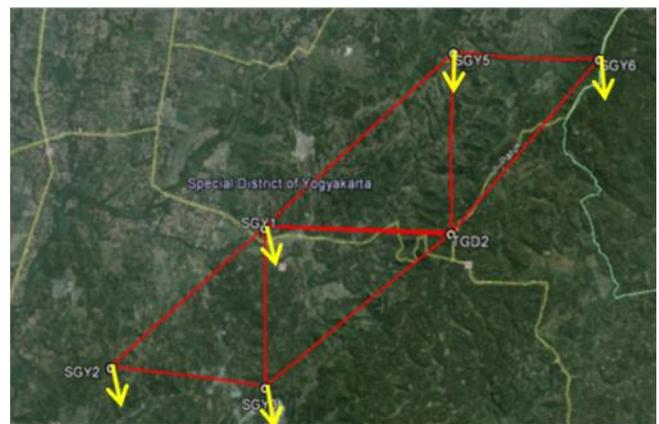
Dari kedua hasil pengolahan data, baik data tahun 2013 maupun 2017 diketahui bahwa hasil pengolahan pada titik SGY3 sama-sama memiliki ketelitian yang relatif lebih rendah dibanding ketelitian titik lainnya. Ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2013 masing-masing; 0.053, 0.09005, 0.02198 untuk komponen simpangan baku kooordinat X, Y, Z kartesi 3D sedangkan ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2017 masing-masing; 0.01086, 0.02607, 0.00725.

### 3.4. Analisis Data

Dari hasil pengolahan kecepatan/pergeseran titik berdasar data tahun 2013 dan 2017 diketahui bahwa secara umum titik pantau bergeser ke arah tenggara dan selatan dengan komponen pergeseran Northing sebesar ±5cm dan Easting berkisar dari 1mm-1cm seperti tersaji pada Tabel 5 dan Gambar 5.

Tabel 5. Kecepatan/pergeseran titik pantau Sesar Mikro Segmen Segoroyoso dalam sistem koordinat toposentrik

Titik	Koordinat Toposentrik (m)		
	N (sN)	E (sE)	U (sU)
SGY1	-0.0529	0.0123	0.0220
SGY2	-0.0560	0.0121	0.0038
SGY3	-0.0573	0.0096	0.0269
SGY5	-0.0563	-0.0009	-0.0209
SGY6	-0.0589	0.0055	-0.0021



Gambar 5. Kecepatan/pergeseran titik pantau

## 4. Kesimpulan

Berdasarkan tahapan-tahapan penelitian yang telah dilakukan dan hasil-hasil yang telah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa ketelitian pengolahan data tahun 2013 secara umum ada pada fraksi mm-cm dengan trend simpangan baku terbesar pada komponen Y. Perlu diingat bahwa dalam sistem koordinat ini komponen Y merepresentasikan ketinggian, sehingga hasil yang didapat secara teoritis sudah tepat. Ketelitian pengolahan data tahun 2017 yang didapat berkisar pada fraksi yang sama dengan pengolahan data tahun 2013. Hasil pengolahan data tahun 2017 memiliki ketelitian yang lebih baik dibanding hasil pengolahan data tahun 2013. Dari kedua hasil pengolahan data, baik data tahun 2013 maupun 2017 diketahui bahwa hasil pengolahan pada titik SGY3 sama-sama memiliki ketelitian yang relatif lebih rendah dibanding ketelitian titik lainnya. Ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2013 masing-masing; 0.053, 0.09005, 0.02198 untuk komponen simpangan baku kooordinat X, Y, Z kartesi 3D. Ketelitian titik SGY3 hasil pengolahan data tahun 2017 masing-masing; 0.01086, 0.02607, 0.00725.

Dari hasil pengolahan kecepatan/pergeseran titik berdasar data tahun 2013 dan 2017 diketahui bahwa secara umum titik pantau bergeser ke arah tenggara dengan komponen pergeseran komponen Northing sebesar ±5cm dan Easting berkisar dari 1mm-1cm.

## 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik UGM yang telah memberikan dukungan dalam penyusunan makalah ini.

## 6. Referensi

- Abidin, Hasanuddin Z (2007). *Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Abidin, H.Z., Andreas, H., Meilano, I., Gamal, M., Gumilar, I., Abdullah, C.I. (2009). *Deformasi Koseismik dan Pascaseismik Gempa Yogyakarta 2006 dari hasil Survei GPS*. Jurnal Geologi Indonesia, Vol. 4 No.4 Desember 2009: 275-284.
- Badan Standardisasi Nasional. (2002). *Standar Nasional Indonesia: Jaring Kontrol Horizontal, SNI 19-6724-2002*
- Fahrurrazi, D., Atunggal, D. (2013), Pemasangan jaring Kontrol GNSS untuk Studi Deformasi Sesar Opak Segmen Segoroyoso, Laporan Penelitian.
- Massachusetts Institute of Technology (2002), *Documentation for The GAMIT GPS Analysis Software*, MIT.

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

### Model 3D Bangunan Gedung Pusat UGM Berbasis Geospasial

Djurdjani<sup>1</sup>, Istarno<sup>1</sup>, Herry Supriyanto<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

<sup>2</sup> Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

#### ARTICLE INFO

##### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

##### Keywords:

point clouds, TLS, model 3D.

##### Corresponding Author:

Istarno

Email: istarnohadi@gmail.com

#### INTISARI

Dari berbagai pilihan teknologi yang tersedia, teknologi geospasial merupakan salah satu pilihan yang terbaik untuk menyajikan data keruangan. Teknologi geospasial terkait dengan dokumentasi keruangan, dalam hal ini adalah pemetaan secara 3D. Perkembangan teknologi semakin cepat pada bidang survei pemetaan salah satunya adalah *Terrestrial Laser Scanning* (TLS). Hasil dari pemetaan menggunakan TLS adalah sebuah model 3D bangunan secara detail, akurat dan teliti. Dengan TLS, obyek heritage dapat dipetakan dengan tingkat kedetilan dan akurasi yang tinggi. Penelitian ini mengambil obyek bangunan heritage Gedung Pusat UGM.

Perhitungan ketelitian ukuran dimensi dilakukan dengan cara membandingkan hasil ukuran dimensi model 3D. Perbandingan dilakukan pada hasil perekaman menggunakan *TLS* dengan ukuran dimensi obyek di lapangan menggunakan pita ukur.

Model 3D Gedung Pusat UGM hasil pengolahan data *TLS* memiliki akurasi yang sangat baik terhadap data ukuran lapangan menggunakan pita ukur. Diperoleh nilai hasil uji statistik pada 50 sampel data ukuran menggunakan uji distribusi *t-student* dengan derajat kepercayaan 95% didapatkan simpangan baku sebesar 0,015 meter sehingga disimpulkan bahwa penelitian ini diterima dengan 50 sampel data yang diuji diperoleh 48 data diterima dan 2 data ditolak.

## 1. Pendahuluan

### Latar Belakang

Beberapa bangunan heritage perlu dilestarikan keberadaannya. Salah satunya adalah Gedung Pusat UGM yang perlu didokumentasikan bentuknya. Teknologi geospasial merupakan teknologi pemetaan keruangan 3D yang mampu membuat dokumentasi replika bangunan secara 3D. Teknologi geospasial terkait dengan dokumentasi keruangan, dalam hal ini pemetaan secara tiga dimensi. Dengan pemetaan tiga dimensi menggunakan teknologi geospasial, akan dihasilkan sebuah replika bangunan heritage secara akurat dan teliti. Salah satu metode pemetaan geospasial yang akurat, detail dan efisien adalah dengan menggunakan teknologi *Terristrial Laser Scanner* (TLS). Dengan melakukan perekaman menggunakan TLS maka bangunan-bangunan kuno bisa direkam dengan baik dan akurat dalam waktu yang relatif singkat.

Konsep pengukuran TLS yaitu dengan prinsip perambatan gelombang dimana *scanner* dapat memancarkan gelombang sinar laser berupa gelombang elektromagnetik untuk memindai obyek pengukuran, kemudian objek tersebut memantulkan kembali gelombang sinar tersebut. Dalam proses perambatan gelombang yang dipantulkan dari objek tersebut, kemudian direkam waktu kembali ke alat yaitu berupa beda waktu pergi dan pulang dan didapat kecepatan rambat cahaya yang dapat dikonversi sehingga menghasilkan hasil berupa jarak. Kemudian saat proses perekaman dapat diketahui sudut horizontal dan vertikal sehingga dapat menghasilkan sebaran titik yang dapat diketahui koordinat 3D yang dinamakan *point cloud*. *Point cloud* merupakan sejumlah titik yang memiliki koordinat 3D pada sistem referensi tertentu.

Hasil yang diperoleh dalam pengukuran TLS berupa model 3D sangat bergantung terhadap kualitas *point cloud* sehingga perlu diperhatikan beberapa faktor yang berpengaruh terhadap hasil *point cloud*. Faktor yang berpengaruh terhadap akurasi *point cloud* diantaranya metode pengukuran, jenis

instrumen, sudut pantulan, resolusi, jarak, sudut objek, permukaan objek, kondisi lingkungan, spesifikasi scanner (Boehler dan Marbs, 2005). Faktor-faktor tersebut perlu dipertimbangkan selama akuisisi data karena berkaitan dengan kualitas hasil agar data tersebut dapat dianalisis dan dapat diterapkan dalam berbagai bidang survei rekayasa. Menurut Sophie dkk (2009) sinar laser dari scanner 3D seperti halnya TLS yang di pancarkan ke suatu obyek sangat berpengaruh terhadap struktur cahaya atau intensitas yang digunakan dan pola warna obyek dari materialnya.

#### Keaslian Penelitian

Penelitian ini belum pernah dilakukan oleh peneliti terdahulu atau berbeda dengan penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Dari penelitian-penelitian yang diketahui penulis, yang memiliki pembahasan paling mendekati dengan penelitian yang akan dilakukan peneliti saat ini yang berjudul "Model 3D Bangunan Gedung Pusat UGM Berbasis Geospasial" antara lain adalah; Pada penelitian yang dilakukan oleh Wildan Wahyu Saputra menganalisis geometri dan semantik model 3D bangunan hasil kombinasi data *Airborne Laser Scanning* dan data fotogrametri jarak dekat. Analisis geometri dilakukan dengan cara membandingkan ukuran model 3D hasil kombinasi dengan ukuran sebenarnya di lapangan, sedangkan analisis semantik dilakukan dengan membandingkan kelengkapan model 3D hasil kombinasi dengan kelengkapan objek sebenarnya di lapangan. Pada penelitian ini, peneliti menganalisis perbandingan hasil model 3D dari data TLS dan data ukuran sebenarnya di lapangan menggunakan pita ukur pada aspek ukuran dimensi panjang.

#### Manfaat Penelitian

Dengan pemetaan tiga dimensi menggunakan teknologi geospasial TLS, akan dihasilkan sebuah replika bangunan Heritage Gedung Pusat UGM secara akurat dan teliti.

#### Tujuan Penelitian

Membuat model prototype bangunan Gedung Pusat UGM berbasis geospasial dengan akurat dan teliti.

#### Tinjauan Pustaka

Dalam penelitian-penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya bermacam-macam fokus penelitian untuk studi lebih lanjut mengenai TLS. Metode akuisisi data dengan TLS, pemodelan 3D dari data TLS dan pemodelan 3D secara detil menjadi fokus utama yang banyak dijadikan bahan penelitian oleh para peneliti. Berikut beberapa penelitian yang sudah pernah dilakukan berkaitan dengan TLS yang menjadi bahan referensi peneliti dalam melakukan penelitian ini.

Lichti dkk (2004) dalam penelitiannya menjelaskan mengenai analisis perambatan kesalahan dari data *point clouds* hasil pengukuran TLS dengan georeferensi langsung untuk bangunan cagar budaya. Alshawabkeh dan Haala (2004) melakukan penelitian integrasi fotogrametri digital dan laser scanning untuk dokumentasi bangunan bersejarah. Pada penelitiannya dijelaskan kombinasi fotogrametri digital dan laser scanner mengoptimalkan akurasi geometri dan kualitas visual.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Pfeifer (2007), dibahas mengenai bagaimana sistem pengukuran TLS, pengolahan data secara keseluruhan (registrasi dan pemodelan 3 dimensi), dan aplikasi TLS dalam berbagai bidang teknik. Sedangkan Aristia (2014) melakukan penelitian tentang

pemodelan tiga dimensi kawasan cagar budaya menggunakan fotogrametri jarak dekat kombinasi data foto terestris dan foto udara kawasan Candi Sambisari. Pada penelitiannya dibahas mengenai bagaimana kombinasi foto terestris (fotogrametri jarak dekat) dan foto udara dilakukan.

#### Landasan Teori

##### Terristrial Laser Scanning (TLS)

TLS adalah suatu peralatan yang memanfaatkan aplikasi sinar laser yang digunakan untuk penyiaman suatu kenampakan objek dengan memanfaatkan sensor aktif. Sensor aktif ini memberikan suatu keuntungan yaitu tidak adanya ketergantungan terhadap kondisi pencahayaan yang mungkin berbeda secara signifikan misalnya pada daerah bervegetasi. Hasil dari peyiaman ini akan diperoleh kumpulan titik-titik 3D (X, Y dan Z) atau *point clouds* dari objek tersebut secara cepat dan akurat dalam jumlah titik penyiaman (*point clouds*) yang banyak dan *real time*.

Tipe TLS dibagi menjadi 2 bagian menurut aplikasinya, yaitu *static laser scanner* dan *dynamic laser scanner*. Statik apabila pada saat akuisisi data, TLS berada dalam posisi yang tetap atau tidak bergerak. Keunggulan dari TLS tipe statik ini adalah kepresisian yang tinggi dan kerapatan titik yang relatif tinggi (*high point density*). Tipe TLS yang ke dua yaitu tipe *dynamic*. TLS dikategorikan tipe *dynamic* apabila pada saat akuisisi data, TLS dipasang pada wahana bergerak (*mobile platform*). Kategori ini lebih kompleks, mahal dan memerlukan tambahan sistem penentuan posisi seperti *INS (Inertial Navigation System)* dan *GPS (Global Positioning System)* (Quintero dkk, 2008).

Prinsip dasar perekaman data pada *laser scanner* adalah sinar gelombang *laser* ditransmisikan dari alat *scanner* yang kemudian diterima oleh objek dan dipantulkan kembali ke sistem penerima. Selama proses pancaran gelombang diperoleh perbedaan lama waktu saat gelombang *laser* dipancarkan ke objek dan waktu saat gelombang dipantulkan kembali ke alat *laser scanner*. Perbedaan waktu tersebut yang digunakan dalam menentukan jarak ukuran dari *scan head* ke objek.

Persamaan untuk menentukan jarak ukuran dari *scan head* ke objek pada *laser scanner* sebagai berikut:

$$\text{Distance (R)} = (C \times \Delta T) / 2 \dots\dots\dots (I.1)$$

Dimana:

R : jarak *scanner* dari titik objek.

C : kecepatan gelombang sinar laser ( $3 \times 10^8$  m/s).

$\Delta T$  : jumlah waktu sinyal pergi dan pulang.

Data yang direkam berupa data sudut horizontal ( $\alpha$ ), sudut vertikal ( $\beta$ ), dan jarak antara pusat koordinat *scanner* dengan objek yang direkam (R). Koordinat 3D objek yang direkam dapat ditentukan dengan persamaan berikut.

$$X = R \cdot \cos \beta \cdot \sin \alpha \dots\dots\dots (I.2)$$

$$Y = R \cdot \cos \beta \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (I.3)$$

$$Z = R \cdot \sin \beta \dots\dots\dots (I.4)$$

Dimana:

R : jarak dari scanner ke titik objek

- $\alpha$  : sudut horizontal titik objek
- $\beta$  : sudut vertikal objek
- X,Y,Z : koordinat titik *point clouds*

### Pemodelan 3 Dimensi (3D)

Pemodelan adalah membuat bentuk suatu objek atau benda-benda, membuat dan mendesain objek tersebut sehingga terlihat seperti nyata yaitu sesuai dengan objek dan basisnya dimana secara keseluruhan dikerjakan menggunakan komputer. Melalui proses desain dan konsep untuk mendesainnya, keseluruhan objek bisa diperlihatkan secara 3D, sehingga hasil dalam membuat dan mendesain objek atau benda-benda sampai terlihat seperti nyata di media komputer biasa disebut pemodelan 3D. Sebuah model tiga dimensi akan dapat dibuat dari registrasi beberapa *scan world* yang bertampalan yaitu sekumpulan tiga dimensi (x,y,z) yang dapat merepresentasikan suatu objek.

Hasil dari proses registrasi adalah pemodelan tiga dimensi dalam bentuk *point cloud*. Namun pembentukan model tiga dimensi dari tiap metode registrasi tidak akan sama. Hal itu dipengaruhi titik konstrain (garis-garis seasal) yang digunakan untuk penggabungan *frame (scan world)* sehingga menjadi pemodelan tiga dimensi seperti contoh gambar 1.1 berikut.

### Point cloud → Model



Gambar 1.1. Tampilan contoh *point clouds* yang dibentuk jadi model 3D

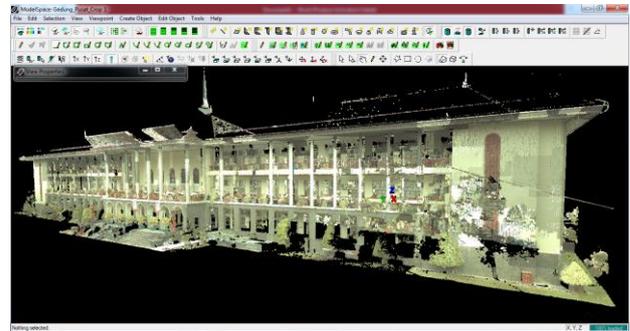
Ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan dalam pemodelan objek menjadi bentuk 3D, yang nantinya akan mempengaruhi pada kualitas hasil akhir. Aspek-aspek tersebut meliputi metode untuk mendapatkan data yang mendeskripsikan objek, tujuan dari model, tingkat kerumitan, perhitungan biaya, kesesuaian dan kenyamanan, serta kemudahan memanipulasi model. Proses pemodelan 3D membutuhkan perancangan yang dibagi menjadi beberapa tahapan untuk pembentukannya, yaitu meliputi apa objek yang akan dijadikan objek dasar, metode pemodelan objek 3D, pencahayaan dan animasi objek sesuai dengan proses yang dilakukan.

### Point Cloud

Data *point cloud* menurut (Quintero dkk, 2008) adalah sekumpulan titik-titik yang memiliki koordinat tiga dimensi (X,Y,Z) yang mana juga memberi informasi tambahan yaitu warna serta relektivitas. Di dalam *point cloud* memiliki posisi koordinat tiga dimensi dan jika ada tambahan informasi warna dan relektivitas maka *point cloud* bisa menjadi informasi empat dimensi.

*Point cloud* sendiri biasanya adalah hasil dari penyiaman alat *scanner* seperti pengukuran menggunakan LiDAR (wahana udara) atau alat TLS. Data *point cloud* biasa berformat .ptx, .pts

dan lainnya. Data *point cloud* juga bisa diperoleh dari kegiatan ekstraksi foto atau citra dari kegiatan fotogrametri dan penginderaan jauh. Contoh hasil *point cloud* dapat dilihat pada gambar 1.2 berikut.



Gambar 1.2. *Point cloud* hasil perekaman TLS.

### Kerapatan Point Cloud atau Local Point Density (LPD)

Salah satu aspek penting dalam penelitian ini yaitu *point cloud*. *Point cloud* merupakan sekumpulan data yang berisi titik-titik yang memiliki sistem koordinat XYZ di dalam suatu koordinat tiga dimensi (Quintero dkk, 2008). Dalam sistem koordinat tiga dimensi, titik-titik ini biasanya ditentukan oleh X, Y, dan Z koordinat, dan sering dimaksudkan untuk mewakili permukaan eksternal dari suatu objek. Alat 3D laser scanner mampu menghasilkan *point cloud* yang terukur sehingga dapat diolah ke dalam software untuk dimodelkan ke 3D. Dalam pengukuran menggunakan TLS semakin rapat *point cloud*-nya maka akan dapat dengan mudah di modelkan secara 3D terutama obyek yang memiliki permukaan yang tidak beraturan.

Menurut Lari dkk (2011) kerapatan *point cloud* didefinisikan *local point density* (LPD). LPD dapat dicari berdasarkan nilai K yaitu sejumlah titik yang digunakan untuk menghitung nilai LPD pada sebuah bidang hasil pengukuran, nilai ini berdasarkan sumber dari data laser yang kemudian dibagi dengan luasan pada bidang tersebut. Sehingga LPD/m<sup>2</sup> dapat dihitung dengan rumus 1.5.

$$LPD = \frac{K}{La} \dots\dots\dots(1.5)$$

dengan

- LPD : Local Point Density
- K : Jumlah Point cloud
- La : Luas Bidang/m<sup>2</sup>

### Uji Statistik

Uji statistik merupakan salah satu dari proses uji kualitas registrasi yang digunakan dalam penelitian ini. Proses uji kualitas ini dengan menggunakan perbandingan jarak. Jarak antar objek pada masing-masing hasil model 3D dari cara registrasi dibandingkan dengan jarak sebenarnya dari proses pengambilan sampel di lapangan. Berdasarkan hasil pengambilan sampel jarak dari hasil model 3D dari cara registrasi tersebut maka dapat dilakukan analisis uji statistik. Analisis uji statistik bertujuan untuk mengetahui apakah hasil pengukuran jarak tersebut masuk dalam rentang kepercayaan. Rentang kepercayaan yang diberikan pada hasil registrasi tersebut adalah sebesar 95%. Uji statistik menggunakan uji distribusi *t-student*. Berdasarkan literatur yang digunakan maka berikut ini adalah rumus rentang batas menggunakan *t-distribution* pada persamaan 1.6 (Widjajanti, 2011).

$$\bar{X} - t_{df, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} < \theta < \bar{X} + t_{df, \frac{\alpha}{2}} \cdot \frac{S}{\sqrt{n}} \dots\dots\dots(1.6)$$

- Keterangan :
- S = Simpangan baku
  - $\bar{X}$  = Nilai ukuran yang dianggap benar
  - t<sub>df</sub> = Derajat kebebasan
  - α = Level signifikan yang digunakan
  - θ = Nilai hasil ukuran
  - n = Jumlah pengamatan

## 2. Pelaksanaan

### Alat dan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Data hasil pengukuran TLS
2. Data hasil pengukuran jarak langsung dengan pita ukur.

Peralatan pengukuran yang digunakan antara lain sebagai berikut:

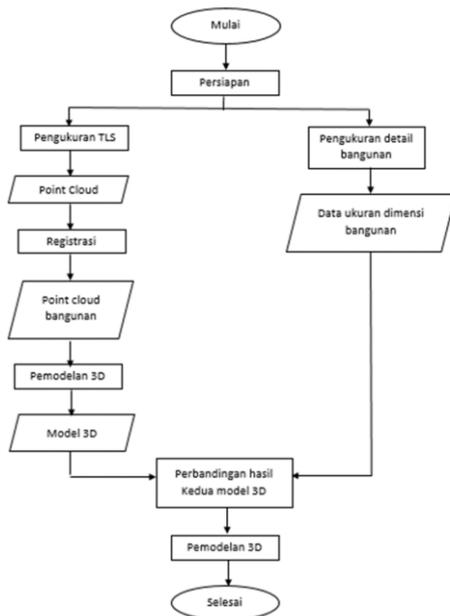
- |                             |          |
|-----------------------------|----------|
| 1. Komputer PC              | 1 set    |
| 2. Layar grafik monitor     | 1 set    |
| 3. Pita ukur dan alat tulis | 1 set    |
| 4. Formulir data lapangan   | 3 lembar |

Peralatan perangkat keras dan lunak yang digunakan untuk pengolahan data antara lain sebagai berikut:

1. Laptop dan Printer
2. *Software Cyclone v.6.0*
3. *Microsoft Word* digunakan untuk melakukan penulisan penelitian.
4. *Microsoft Excel* digunakan untuk menghitung dan manajemen data.

### Pelaksanaan

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi persiapan, pengumpulan data, pengolahan data dan penyajian hasil. Secara lebih terstruktur tahapan penelitian dapat dilihat dalam diagram alir pada Gambar 2.1 sebagai berikut.



Gambar 2.1. Diagram alir penelitian.

### Pengumpulan Data

Kegiatan pengumpulan data merupakan kegiatan awal penelitian setelah kegiatan persiapan. Data yang dikumpulkan adalah data TLS dan data ukuran lapangan menggunakan pita ukur. Data lapangan mengenai ukuran dimensi bangunan dan model 3D didapat dari hasil pengukuran TLS. Data ukuran lapangan didapat dari pengukuran menggunakan pita ukur pada objek tertentu yang dipilih sebagai sampel.

### Survei Pendahuluan

Dalam melakukan survei pendahuluan dibuat sketsa awal yang merupakan gambaran dari lokasi objek yang merupakan hasil dari pengamatan sementara. Dari hasil survei pendahuluan tersebut dapat ditentukan perlengkapan pendukung selain alat ukur utama yang dibawa yaitu estimasi waktu, jumlah personil, dan akomodasi yang diperlukan selama proses pengambilan data di lapangan.

### Orientasi Scanner

Orientasi *scanner* yaitu menentukan posisi *scanner* terhadap objek dalam merekam data. Dalam melakukan orientasi *scanner* harus diperhatikan posisi yang strategis, dimana dari posisi tersebut *scanner* dapat merekam objek dengan hasil yang maksimal. Selain itu harus diperhatikan pertampalan objek hasil perekaman dari dua posisi *scanner* yang berdekatan, dimana pertampalan tersebut harus memenuhi syarat agar data hasil perekaman dapat diregistrasi dan diolah lebih lanjut.

### Mendirikan Alat dan Membuat Database

Setelah orientasi *scanner* selesai, maka pengukuran dimulai dengan mendirikan *scanner* pada posisi yang telah ditentukan.

### Koneksi Scene ke Scanner

Pada tahap ini yang dilakukan adalah menghubungkan *scene* yang ada pada laptop dengan *Scan head*, sehingga *scene* dapat mengendalikan *scan head* dalam melakukan perekaman data. Dalam proses koneksi ini harus dipastikan bahwa *scan head* telah siap untuk melakukan penyiaran yang ditandai dengan menyalnya lampu indikator *ready* pada *scan head*.

### Scanning

*Scanning* adalah proses perekaman data objek, dimana data hasil perekaman secara otomatis akan disimpan dalam *database* dan *project* yang telah di tentukan pada saat awal pengukuran. Data objek hasil perekaman disebut dengan data *point cloud*.

### Pengolahan Data

Data penelitian yang sudah terkumpul kemudian dilakukan pengolahan data. Tiap-tiap data dilakukan pengolahan sendiri-sendiri terlebih dahulu, kemudian barulah dilakukan kombinasi. Data *laser scanner* diolah hingga menjadi model 3D-nya, kemudian dikombinasikan dengan data lapangan yang menggunakan pita ukur yang memiliki ukuran sesuai dengan keadaan sebenarnya di lapangan.

### Registrasi metode *cloud to cloud*

Pada pengolahan data *point cloud* hasil penyiaman, pertama kali yang harus dilakukan adalah registrasi data *scanworld*. Dalam *penelitian* ini registrasi yang digunakan adalah registrasi metode *cloud to cloud*. Prinsip dasar dari registrasi *cloud to cloud* adalah bahwa titik ikat yang digunakan sebagai dasar untuk registrasi berasal dari data *point cloud* hasil penyiaman, dimana titik ikat tersebut harus berada pada daerah overlap dari dua *scanworld* yang akan diregistrasi. Dalam *penelitian* ini titik yang digunakan sebagai titik ikat rata-rata diambil dari pojok-pojok objek yang ada pada Gedung Pusat UGM.

### *Unify model space* hasil registrasi

Prinsip dasar dari proses *unify* adalah untuk menyeragamkan *point cloud model space* hasil registrasi, sehingga memudahkan untuk melakukan pengolahan selanjutnya. Proses penyeragaman ini meliputi unit ukuran (unit), dimensi *point cloud* (*point thickness*), dan tingkat kecerahan dari *point cloud* (*Thickness*). Selain penyeragaman tersebut, *unify* juga digunakan untuk mereduksi *point cloud* dengan cara mengatur spasi antar *point cloud* yang akan direduksi.

### Penyajian Hasil

Setelah proses *unify* selesai, maka proses selanjutnya adalah menghilangkan objek-objek yang tidak diperlukan yang berada diluar daerah Gedung Pusat UGM. Cara menghilangkannya yaitu dengan menggunakan fungsi *polyline* kemudian setelah terseleksi dihilangkan dengan fungsi *clear inside fence* atau *clear outside fence* yang ada pada menu *selection*. Hasil akhir dari proses ini adalah model 3D Gedung Pusat UGM hasil registrasi *cloud to cloud* yang telah diunify dan telah dibersihkan. Selanjutnya dilakukan perbandingan hasil TLS dengan hasil ukuran menggunakan pita ukur pada obyek-obyek tertentu.

Model 3D hasil pengolahan data TLS dilakukan pengujian untuk memperoleh kualitas geometrinya. Pengukuran menggunakan pita ukur digunakan sebagai ukuran pembanding yang geometrinya sesuai dengan kondisi di lapangan. Pengujian kualitas geometri dilakukan dengan cara membandingkan ukuran dimensi model 3D hasil pengukuran TLS terhadap hasil ukuran menggunakan pita ukur.

### Pengukuran Menggunakan Pita Ukur

Pada tahapan ini, data pengukuran dianggap benar sehingga digunakan sebagai pembanding hasil dari TLS. Pengukuran dilakukan pada setiap detil bangunan yang terlihat pada hasil *laser scanner* menggunakan pita ukur. Ketelitian ukuran mencapai desimeter.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### Hasil Proses Pengolahan TLS

Dari proses penyiaman/*scanning* didapatkan data *point cloud* dari bangunan heritage Gedung Pusat UGM yang tersimpan dalam 8 buah *scanworld*. Banyaknya *scanworld* sesuai dengan banyaknya posisi dari *scanner* pada saat pengambilan data. Di dalam tiap-tiap *scanworld* hasil penyiaman terdiri atas 4 folder utama yang secara otomatis tersimpan dalam *database*. Folder tersebut yaitu :

1. Folder *Control Space*  
*Control space* berisi titik-titik target yang digunakan sebagai dasar untuk melakukan registrasi. Sehingga setiap registrasi *scanworld*, dilakukan berdasarkan titik atau objek yang berada di dalam *control space*.
2. Folder *model space*  
*Model space* berisi data *point cloud* hasil penyiaman, sehingga *model space* merupakan model 3D dari objek yang telah disiam. Dalam *model space* terdiri atas *model space view* yang merupakan tampilan dari *model 3D point cloud*.
3. Folder *Scans*  
Folder *scans* berisi data-data *point cloud* target yang di *acquire* atau diidentifikasi saat melakukan penyiaman.
4. Folder *Images*  
Folder *images* berisi data *multi image* yang merupakan mosaik didapat dari proses *Acquire Photo image* pada saat penyiaman.

Tampilan warna *model space* dari *scanworld* hasil penyiaman sesuai dengan yang ada di lapangan pada saat pengambilan data. Hal ini dikarenakan setingan *color map* yang aktif adalah asli dari scanner pada saat pengukuran (*Color from Scanner*). Tampilan warna dari *point cloud* ini dapat diganti dengan cara mengganti setingan *color map* pada menu layer yang ada. Bagian dari gambar yang berwarna hitam merupakan objek yang tidak terekam.

Registrasi adalah proses penggabungan beberapa *scanworld* ke dalam suatu sistem koordinat tunggal. Prinsip dasar registrasi metode *cloud to cloud* adalah transformasi koordinat sebangun 3D, dimana titik ikat yang digunakan untuk mencari parameter transformasi tidak menggunakan target, melainkan diambil dari *point cloud* hasil penyiaman. Hal penting yang harus diperhatikan dalam registrasi *cloud to cloud* adalah dalam pemilihan titik ikat. Pemilihan *point cloud* objek sebagai titik ikat harus berada pada daerah pertampalan, serta dipilih titik objek yang mudah untuk diidentifikasi dan memiliki posisi yang jelas, misalnya pada pojok bangunan. Selain hal tersebut, persebaran dari titik ikat juga perlu diperhatikan. Diusahakan agar persebaran titik ikat merata pada daerah pertampalan. hal ini bertujuan agar hasil registrasi yang didapat memiliki ketelitian yang baik. Dalam registrasi metode *cloud to cloud* ada 2 hal utama yang dilakukan, yaitu :

1. Optimisasi titik konstrain (titik ikat). Sebenarnya prinsip dasar optimisasi adalah hitungan kuadrat terkecil metode parameter. tujuan dari optimisasi ini adalah untuk mencari parameter transformasi.
2. *Register scanworld*. *Register scanworld* sebenarnya adalah proses transformasi sebangun 3D yang dilakukan setelah transformasi parameternya sudah diketahui.

Hasil yang didapat dari proses registrasi antara lain sebagai berikut :

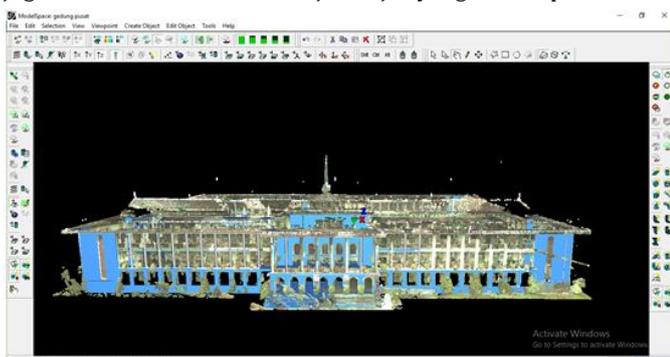
- a. *Objective function value*, yaitu nilai yang menunjukkan besarnya varian hasil iterasi hitungan kuadrat terkecil pada proses optimisasi titik ikat,
- b. *Iteration*, yaitu nilai yang menunjukkan banyaknya iterasi yang dilakukan dalam hitungan kuadrat terkecil untuk mencari parameter transformasi pada proses optimisasi,

- c. *Overlap point count*, menunjukkan jumlah *point cloud* pada area pertampalan,
- d. *RMS*, yaitu nilai yang menunjukkan ketelitian dari proses optimisasi titik ikat,
- e. *AVG, MIN dan MAX*, yaitu nilai rata-rata, terkecil dan terbesar dari nilai residual hasil hitungan kuadrat terkecil pada proses optimisasi titik ikat,
- f. *Overlap center*, yaitu pusat pertampalan dari *scanworld*,
- g. *Error after global registration*, yaitu besarnya kesalahan setelah dilakukan transformasi koordinat *scanworld* dengan menggunakan parameter transformasi hasil optimisasi titik ikat,
- h. *Translation dan rotation*, yaitu nilai yang menunjukkan besarnya parameter translasi dan rotasi hasil optimisasi titik ikat.

Dalam penelitian ini, *registrasi* dengan metode *cloud to cloud* ini dilakukan dengan 2 cara, yaitu registrasi secara bertahap dan registrasi secara keseluruhan. Perbedaan yang mendasar dari kedua cara tersebut terletak pada tahap registrasi dan pemilihan titik pada daerah pertampalan antar *scanworld*. Pada registrasi secara bertahap, registrasi *scanworld* dilakukan dalam beberapa tahap registrasi. Sedangkan pada registrasi secara keseluruhan dilakukan dalam satu kali registrasi. Dalam pemilihan titik ikat pada registrasi secara bertahap lebih teliti terutama pada tahap setelah registrasi pertama, karena salah satu *scanworld* merupakan hasil dari registrasi sehingga area pertampalan yang dimiliki lebih besar. Sedangkan untuk registrasi secara keseluruhan, pemilihan titik ikat kurang teliti bila dibandingkan pada registrasi bertahap. Hal ini disebabkan pada registrasi keseluruhan, pemilihan titik ikat dilakukan pada pasangan *scanworld* yang bukan hasil registrasi sehingga pertampalannya lebih kecil bila dibandingkan pada registrasi secara bertahap.

Proses *unify* pada dasarnya adalah proses penyeragaman *point cloud* dari *model space* hasil registrasi. Proses *unify* sangat diperlukan sebelum data hasil registrasi diolah lebih lanjut, karena unit ukuran, dimensi *point cloud*, dan tingkat kecerahan dari data *point cloud* hasil registrasi belum seragam, sehingga perlu diseragamkan terlebih dahulu. Selain itu dengan proses *unify* dapat dilakukan reduksi terhadap *point cloud* sehingga hasil *unify* akan memiliki *sampling* titik yang teratur antara satu dengan yang lain. Pada penelitian ini, proses *unify model space* hasil registrasi dilakukan dengan mereduksi *point cloud* dalam *sampling* titik sebesar 0,002 m, dan sebesar 0,005 m.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah model 3D bangunan heritage Gedung Pusat UGM yang merupakan *model space* hasil registrasi metode *cloud to cloud* yang telah di *unify*. *Model space* juga telah di bersihkan dari objek-objek yang tidak diperlukan.



Gambar 3.1. Model *space* 3D hasil *unify*.

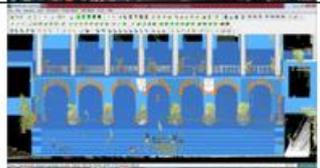
Dari gambar diatas terlihat bahwa seluruh SW telah tergabung menjadi satu sistem koordinat, dimana sistem koordinat yang digunakan adalah sistem koordinat SW1. Orientasi sumbu koordinat hasil registrasi tersebut sama dengan orientasi sumbu koordinat SW1 pada saat pengukuran. Sehingga model 3D bangunan heritage Gedung Pusat UGM menjadi satu koordinat.

Uji Statistik Hasil Ukuran

Uji ukuran dimensi model 3D hasil pengolahan data TLS dilakukan dengan cara membandingkan ukuran dimensi panjang pada model 3D yang terbentuk dengan ukuran dimensi panjang pada hasil pengukuran lapangan menggunakan pita ukur. Ukuran dimensi panjang pada hasil pengukuran lapangan menggunakan pita ukur dianggap sebagai data ukuran yang benar karena ukuran dimensinya sudah sesuai dengan kondisi di lapangan.

Model 3D hasil pengolahan TLS di ambil beberapa sampel ukuran dimensi panjangnya yang dapat diukur di lapangan menggunakan pita ukur untuk dilakukan pengujian. Persebaran sampel ukuran dimensi panjang model 3D yang dibandingkan dengan ukuran dimensi panjang pada hasil pengukuran lapangan menggunakan pita ukur dapat dilihat pada tabel III.1. Dan berdasarkan hasil uji statistik pada 50 sampel data ukuran menggunakan uji distribusi *t-student* dengan derajat kepercayaan 95% diperoleh simpangan baku sebesar 0,015 meter dan nilai tabel *t-student* sebesar 2,312 sehingga diperoleh kesimpulan bahwa penelitian ini diterima. Dan dari 50 sampel data yang diuji diperoleh 48 data diterima dan 2 data ditolak. Hasil uji statistik dapat dilihat pada tabel III.2.

Tabel III.1. Perbandingan ukuran TLS daan pita (sebagian data).

No	Visualisasi Objek pada Model 3D Hasil Pengukuran TLS	Ukuran Dibuat (meter)	Ukuran Lapangan (meter)	Selisih Ukuran (meter)
1		1,012	1,01	0,002
2		2,386	2,39	0,004
3		1,204	1,20	0,004

Tabel III.2. Hasil uji statistic distribusi *t-student*.

No.	Ukuran Model (Meter)	Ukuran Lapangan (Meter)	Selub. Ukuran (Meter)	$\bar{X} - t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}} < \theta$	Model (θ)	$\theta < \bar{X} + t_{\alpha/2} \frac{s}{\sqrt{n}}$	Kes.
1	1,012	1,01	0,002	1,005	1,012	1,015	Yes
2	2,386	2,39	0,004	2,385	2,386	2,395	Yes
3	1,204	1,20	0,004	1,195	1,204	1,205	Yes
4	3,598	3,60	0,002	3,595	3,598	3,605	Yes
5	1,003	1,00	0,003	0,995	1,003	1,005	Yes
6	1,219	1,22	0,001	1,215	1,219	1,225	Yes
7	0,455	0,46	0,005	0,455	0,455	0,465	Yes
8	1,195	1,20	0,005	1,195	1,195	1,205	Yes
9	0,458	0,46	0,002	0,455	0,458	0,465	Yes
10	3,255	3,25	0,005	3,245	3,255	3,255	Yes
11	49,628	49,63	0,002	49,625	49,628	49,635	Yes
12	49,525	49,63	0,105	49,625	49,525	49,635	No
13	2,564	2,56	0,004	2,555	2,564	2,565	Yes
14	1,027	1,03	0,003	1,025	1,027	1,035	Yes
15	3,596	3,60	0,004	3,595	3,596	3,605	Yes
16	2,609	2,61	0,001	2,605	2,609	2,615	Yes
17	1,070	1,11	0,040	1,105	1,070	1,115	No
18	3,048	3,05	0,002	3,045	3,048	3,055	Yes
19	3,602	3,60	0,002	3,595	3,602	3,605	Yes
20	0,131	0,13	0,001	0,125	0,131	0,135	Yes
21	0,323	0,32	0,003	0,315	0,323	0,325	Yes
22	2,609	2,61	0,001	2,605	2,609	2,615	Yes
23	0,650	0,65	0,000	0,645	0,650	0,655	Yes
24	1,022	1,02	0,002	1,015	1,022	1,025	Yes
25	3,624	3,62	0,004	3,615	3,624	3,625	Yes
26	24,015	24,02	0,005	24,015	24,015	24,025	Yes
27	3,616	3,62	0,004	3,615	3,616	3,625	Yes
28	2,515	2,51	0,005	2,505	2,515	2,515	Yes
29	4,719	4,72	0,001	4,715	4,719	4,725	Yes
30	2,488	2,49	0,002	2,485	2,488	2,495	Yes
31	24,021	24,02	0,001	24,015	24,021	24,025	Yes
32	0,882	0,88	0,002	0,875	0,882	0,885	Yes
33	0,700	0,70	0,000	0,695	0,700	0,705	Yes
34	24,025	24,02	0,005	24,015	24,025	24,025	Yes
35	24,053	24,05	0,003	24,045	24,053	24,055	Yes
36	29,112	29,11	0,002	29,105	29,112	29,115	Yes
37	20,882	20,88	0,002	20,875	20,882	20,885	Yes
38	17,563	17,56	0,003	17,555	17,563	17,565	Yes
39	16,899	16,90	0,001	16,895	16,899	16,905	Yes
40	29,079	29,08	0,001	29,075	29,079	29,085	Yes
41	20,996	21,00	0,004	20,995	20,996	21,005	Yes
42	43,899	43,90	0,001	43,895	43,899	43,905	Yes
43	11,687	11,69	0,003	11,685	11,687	11,695	Yes
44	0,138	0,14	0,002	0,135	0,138	0,145	Yes
45	0,354	0,35	0,004	0,345	0,354	0,355	Yes
46	0,152	0,15	0,002	0,145	0,152	0,155	Yes
47	0,353	0,35	0,003	0,345	0,353	0,355	Yes
48	45,005	45,00	0,005	44,995	45,005	45,005	Yes
49	33,699	33,70	0,001	33,695	33,699	33,705	Yes
50	26,476	26,48	0,004	26,475	26,476	26,485	Yes

#### 4. Kesimpulan

##### Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari kegiatan penelitian ini adalah model 3D Gedung Pusat UGM hasil pengolahan data TLS memiliki akurasi yang baik terhadap data ukuran lapangan menggunakan pita ukur. Diperoleh nilai hasil uji statistik pada 50 sampel data ukuran menggunakan uji distribusi *t-student* dengan derajat kepercayaan 95% didapat simpangan baku sebesar 0,015 meter dan nilai tabel *t-student* sebesar 2,312 sehingga disimpulkan bahwa penelitian ini diterima. Dari 50 sampel data yang diuji diperoleh 48 data diterima dan 2 data ditolak.

##### Saran

Berdasarkan penelitian ini, terdapat beberapa saran yang dapat diberikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Penentuan posisi penyiaman harus seefisien mungkin, diusahakan untuk memilih posisi penyiaman yang strategis sehingga mencakup seluruh objek yang akan disiam.
2. Untuk penyiaman objek dengan bentuk yang kompleks seperti bangunan heritage, penempatan titik penyiaman tidak hanya di bagian bawah sekitar bangunan heritage. Tetapi perlu dilakukan penyiaman pada bagian atas dengan menggunakan perancah, agar bentuk yang kompleks dari bangunan heritage dapat seluruhnya terekam.

#### 5. Referensi

- Alshawabkeh, Y. dan Haala, N., 2004, "Integration of Digital Photogrammetry and Laser Scanning for Heritage Documentation", International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, 35, B5.
- Aristia, N., 2014, "Pemodelan 3D Kawasan Cagar Budaya Menggunakan Fotogrametri Jarak Dekat Kombinasi Data Foto Terestris dan Foto Udara (Studi Kasus: Kawasan Candi Sambisari Yogyakarta)", Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Boehler, W. and Marbs, A., 2005, Investigating Laser Scanner Accuracy, i3mainz, Institute for Spatial Information and Surveying Technology, FH Mainz, University of Applied Sciences, Mainz, Germany.
- Lari Z, Habib A, Kwak E., 2011, An adaptive approach for segmentation of 3D laser point cloud. ISPRS Workshop Laser Scanning, Calgary, Canada.
- Lichti DD, Gordon SJ (2004) *Error Propagation in Directly Georeferenced TLS Point Clouds for Cultural Heritage Recording*. In: Proceedings of FIG Working Week, Athens, Greece, May 22 – 27. <http://www.fig.net/pub/athens>.
- Pfeifer, N., (2007, July 1-7), *Overview of TLS System, Overall Processing and Applications*, Ljubljana, Slovenia: ISPRS Summer School.
- Quintero, M. S., Genechten, B. V., Bruyne, M. D., Ronald, P., Hankar, M., dan Barnes, S., (2008, June 4), *Theory and practice on Terrestrial Laser Scanning. Project (3D Risk Mapping)*.
- Saputra, W.S, 2016, *Evaluasi Hasil Kombinasi Data Airborne Laser Scanning dan Data Fotogrametri Jarak Dekat untuk Pemodelan Bangunan Tiga Dimensi*, Tesis, Program Pascasarjana, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sithole, G., Mapurisa, W., 2012, 3D Object Segmentation of Point Clouds using Profiling Techniques, 1(1), 60–76.
- Sophie, V. B., David L. P., Foufoua, S., Frederic T., and Mongi A.A., 2009, Color Influence on Accuracy of 3D Scanners Based on Structured Light, aIRIS Lab, Electrical & Computer Engineering Dpt, The University of Tennessee, 1508 Middle Drive, Knoxville, TN, USA.
- Widjajanti N, 2011, *Modul kuliah statistik dan teori kesalahan*, Teknik Geodesi.

## Prosiding CGISE

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

### PEMETAAN DASAR LAUT MENGGUNAKAN DATA HASIL PENGUKURAN MULTIBEAM ECHOSOUNDER PADA PELABUHAN MERAK

Herry Supriyanto<sup>1</sup>, Istarno<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

<sup>2</sup> Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia

#### ARTICLE INFO

*Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:*

batimetri, pasang surut, SVP, MRU, Caris Hips and Sip.

*Corresponding Author:*

Herry Supriyanto

Email: herrysupriyanto000@gmail.com

#### INTISARI

Survei batimetri adalah kegiatan survei untuk menentukan posisi titik-titik pada dasar permukaan air dalam suatu sistem koordinat tertentu, sehingga dari kegiatan tersebut diperoleh model bentuk topografi dasar permukaan air yang disajikan atau divisualisasikan dalam bentuk peta batimetri. Dalam pembuatan peta batimetri terdiri dari tiga tahapan pekerjaan, yaitu tahap pengumpulan data, pengolahan data, dan penyajian data. Kegiatan ini berfokus pada pengolahan dan penyajian data *multibeam echosounder* dengan ketelitian pengukuran mengacu pada standar IHO SP-44 tahun 2008 pada orde spesial.

Dalam kegiatan ini menggunakan data *multibeam echosounder* yang diukur menggunakan alat *Seabat Reason T20P* oleh PUSHIDROS TNI AL pada sebagian perairan Selat Sunda, Pelabuhan Merak. Data pasang surut air laut yang diamat menggunakan alat *tide gauge* selama 15 hari di pelabuhan Anyer. Data cepat rambat gelombang akustik atau data *Sound Velocity Profile (SVP)* pada perairan Selat Sunda yang diukur menggunakan alat *Conductivity Temperature Depth (CTD)*. Dan data pergerakan kapal yang terukur dari sensor *Motion Reference Unit (MRU)*. Proses pengolahan data *multibeam* menggunakan *software* Caris Hips and Sip versi 6.1 sedangkan referensi kedalaman yang digunakan dalam pengolahan data ini adalah muka rata-rata air laut selama pengamatan pasang surut.

Hasil dari kegiatan ini berupa peta kedalaman dasar laut yang telah terkoreksi terhadap data pasang surut, SVP, dan pergerakan kapal (*heave, pitch, roll, gyro*) yang kualitas datanya telah teruji sesuai standar IHO SP-44 Tahun 2008 pada orde spesial. Dari hasil uji statistik dengan derajat kepercayaan 95% diperoleh nilai rata-rata standar deviasi pengukuran sebesar 0,187 meter, sedangkan nilai rata-rata standar deviasi dari toleransi IHO orde spesial sebesar 0,313 meter. Diperoleh juga nilai kedalaman terdangkal sebesar 1,262 meter dan nilai kedalaman terdalam sebesar 79,581 meter.

## 1. Pendahuluan

### Latar Belakang

Pelabuhan Merak yang terletak di Pulau Merak, Kota Cilegon, Banten. Merupakan salah satu wilayah yang potensial secara geografis, yakni terletak di ujung Pulau Jawa yang menjadi penghubung dengan Pulau Sumatra melalui Selat Sunda. Mengingat pentingnya wilayah laut, sehingga dibutuhkan ketersediaan data yang dapat memberikan informasi kelautan yang baik dan benar sesuai standar yang telah ditentukan *International Hydrographic Organization* (IHO) dengan kepentingan yang ingin dicapai.

Pemetaan dasar laut dimaksudkan untuk mendapatkan kondisi topografi dasar laut termasuk lokasi obyek-obyek yang mungkin membahayakan. Dalam pembuatan peta batimetri ada tiga tahapan pelaksanaan yang harus dilalui, yaitu tahap pengumpulan data, tahap pengolahan data dan tahap penyajian data (Rismanto, 2011). Untuk memperoleh peta batimetri yang akurat, diperlukan pengamatan pasang surut laut, pengukuran *Sound Velocity Profile* (SVP), koreksi pergerakan kapal dan metode survei yang sesuai spesifikasi pekerjaan. Hal tersebut dilakukan agar memperoleh nilai kedalaman yang terdefinisi dengan baik terhadap *Mean Sea Level* (MSL) atau bidang referensi. Pemetaan batimetri merupakan kebutuhan dasar dalam penyedia informasi spasial untuk perencanaan, kegiatan dan pengambil keputusan terkait informasi di bidang kelautan (Soeprapto, 2001).

Salah satu metode yang diterapkan pada pengukuran batimetri yaitu dengan menggunakan teknologi akustik dasar laut. Salah satu teknologi akustik dalam pemetaan batimetri yaitu dengan menggunakan *echosounder*, dalam kegiatan penelitian ini pengukuran kedalaman menggunakan alat *multibeam echosounder* (MBES).

Kegiatan-kegiatan rekayasa yang sebagaimana telah disebutkan tersebut harus dilakukan mengikuti standarisasi IHO SP-44 tahun 2008. Pada kegiatan aplikatif ini, proses pengolahan data menggunakan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1. Penggunaan perangkat lunak ini diharapkan mampu menyelesaikan pengolahan data hasil pengukuran dengan nilai ketelitian yang baik dan mampu menyajikan informasi dasar laut dengan nilai kedalaman yang akurat dengan mengacu pada IHO SP-44 tahun 2008 orde spesial.

### Lingkup Kegiatan

lingkup kegiatan pada pekerjaan aplikatif ini meliputi hal-hal sebagai berikut.

1. Data diperoleh dari hasil pengukuran survei batimetri bersama Pusat Hidrografi dan Oseanografi TNI Angkatan Laut (Pushidrosal) di sebagian perairan Selat Sunda menggunakan alat *Multibeam Echosounder Seabat Reason T20P*, yang diukur pada tanggal 7 Desember 2016 sampai 16 Desember 2016.
2. Kegiatan pengolahan data *multibeam echosounder* menggunakan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1.
3. Data pasut yang digunakan adalah dari pengamatan pasut selama 15 hari menggunakan alat *tide gauge* pada Pelabuhan Anyar.
4. Ketelitian pengukuran dan uji kualitas data mengacu pada standar *International Hydrographic Organization* (IHO) *Special Publication* (SP)-44 tahun 2008 pada orde spesial.

### Tujuan

Menghasilkan peta kedalaman dasar laut dari data hasil pengukuran batimetri menggunakan alat *Multibeam Echosounder Seabat Reason T20P* dengan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1 pada sebagian perairan Selat Sunda, Pelabuhan Merak, Banten, sesuai dengan standar IHO SP-44 tahun 2008 pada orde spesial.

### Manfaat

Mengetahui tahapan dalam persiapan, pengolahan dan pemrosesan data hasil pengukuran *multibeam echosounder* dengan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1 untuk menghasilkan peta kedalaman dasar laut dengan ketelitian yang terkoreksi sesuai dengan standar IHO SP-44 tahun 2008 pada orde spesial.

### Landasan Teori

#### Survei Hidrografi

Survei hidrografi merupakan serangkaian aktivitas pengamatan atau pengukuran yang dilakukan di wilayah perairan untuk memperoleh gambaran tiga dimensi (kedalaman) mengenai unsur-unsur spasial permukaan dasar lautnya (termasuk sungai, danau, dan lain sejenisnya). Menurut Poerbandono (2005) aktivitas utama survei hidrografi meliputi; 1) Penentuan posisi di laut; 2) Pengukuran kedalaman (pemeruman); 3) Pengukuran arus; 4) Pengukuran (pengambilan contoh dan analisis) sedimen; 5) Pengamatan pasang surut; 6) Pengukuran detil situasi dan garis pantai (untuk pemetaan pesisir); dan 7) Penggunaan sistem referensi. Dalam hal yang lebih sederhana, survei ini bisa berupa survei batimetri, yaitu yang hanya berfokus pada informasi kedalaman atau profil permukaan dasar lautnya.

#### Survei Batimetri

Survei batimetri adalah suatu aktivitas dan proses untuk menentukan posisi titik-titik pada dasar permukaan air dalam suatu sistem koordinat tertentu, sehingga dari kegiatan tersebut diperoleh model bentuk topografi dasar permukaan air yang disajikan atau divisualisasikan dalam peta batimetri.

Dalam mendapatkan data informasi kedalaman suatu perairan, survei batimetri menggunakan metode pemeruman. Metode pemeruman memanfaatkan gelombang akustik dalam pengukuran kedalaman dasar permukaan air dengan menggunakan teknologi *echosounder*. Untuk mendapatkan hasil peta batimetri sesuai syarat kualitas yang baik, kegiatan survei batimetri harus berpedoman pada standar minimum ketelitian dari IHO SP-44 tahun 2008.

#### Multibeam Echosounder

Survei batimetri dalam perkembangannya mulai banyak menggunakan *multibeam* yang merupakan instrumen hidroakustik. Instrumen ini memiliki kemampuan dalam melakukan pemeruman dasar laut dengan gelombang akustik yang sangat tinggi dan cakupan yang luas (Anderson, 2008). Pada dasarnya MBES menggunakan prinsip kerja yang sama dengan *singlebeam echosounder* (SBES). Yang membedakan antara SBES dan MBES adalah jumlah *beam* yang dipancarkan serta pola pancarannya. MBES memiliki lebih dari satu pancaran gelombang dan pola pancarannya melebar dan melintang

terhadap tubuh kapal. Setiap *beam* mendapatkan satu titik kedalaman dan titik-titik kedalaman tersebut apabila dihubungkan dapat membentuk profil dasar laut (Moustier, 2005).

Prinsip kerja MBES yaitu *beam* akan dipancarkan dari *transducer* merambat di dalam medium air kemudian dipantulkan kembali ketika gelombang akustik tersebut menyentuh material di dasar perairan. Sebagian gelombang yang dipantulkan akan di terima kembali oleh sensor pada *receiver* dan akan di hitung selisih beda waktu pada saat gelombang di pancarkan dan saat gelombang kembali diterima. Parameter inilah yang akan diproses menjadi informasi mengenai kedalaman air.

Apabila nilai cepat rambat gelombang akustik telah diperoleh, maka dapat diketahui nilai kedalaman dengan menggunakan rumus di bawah ini:

$$d = \frac{1}{2} \cdot v \cdot \Delta t \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

$d$  = kedalaman perairan (m).

$v$  = cepat rambat gelombang akustik dalam air (m/s).

$\Delta t$  = selang waktu tempuh antara gelombang yang dipancarkan dengan gelombang yang dipantulkan (s).

MBES dapat mengukur kedalaman permukaan dasar perairan secara bersamaan karena dapat memancarkan beberapa *beam* sekaligus, sehingga dapat menghasilkan lebih dari satu titik kedalaman dalam sekali *ping*. Satu *ping* terdiri atas beberapa *beam* yang dipancarkan secara melebar atau dikenal dengan istilah *swath* (dalam satuan derajat). Sistem *swath* bekerja dengan satu pancaran gelombang yang memiliki lebar dan panjang yang membentuk sebuah kolom dan dapat juga di pakai sebagai *Side Scan Sonar* (SSS) (De Jong, 2002). Faktor penentu akurasi MBES lebih kompleks dibanding SBES. Faktor tersebut diantaranya adalah kesalahan kecepatan gelombang akustik, kesalahan kalibrasi (*time delay, pitch, roll, yaw*), dan kesalahan posisi relatif transduser.

Komponen dasar yang digunakan dalam proses akuisisi data yaitu, *Global Positioning System* (GPS) merupakan suatu sistem penentuan posisi atau navigasi berbasis satelit. Cara penentuan posisi sistem ini adalah dengan metode pengukuran jarak antar titik dengan satelit yang diketahui posisinya (pemotongan ke belakang)(Abidin, 2000). Sensor *motion* adalah komponen yang digunakan untuk mengukur besarnya *pitch, roll, yaw* dan *heave*. *Heading sensor* adalah komponen yang digunakan untuk menentukan besarnya arah kapal terhadap acuan tertentu (*yaw*), komponen ini juga terintegrasi dengan *motion sensor*. CTD digunakan untuk mengukur kecepatan rambat gelombang akustik pada tiap lapisan kedalaman perairan yang diturunkan dari tiga parameter utama yaitu kedalaman, temperatur, dan salinitas.

Proses kalibrasi dilakukan sebelum melakukan survei terhadap MBES meliputi proses kalibrasi *offset* statik, uji keseimbangan kapal (*roll, pitch, gyro*) serta kecepatan rambat akustik (Godin, 1998). Kalibrasi *offset* dilakukan untuk menyesuaikan jarak dari sensor-sensor yang digunakan terhadap “*centerline*” (titik nol) dari kapal dan *transducer*. Dan digunakan untuk menentukan nilai posisi dari titik pemeruman. Dalam proses ini meliputi beberapa komponen yaitu kapal itu sendiri, antera GPS kapal. *Transducer, gyrocompass*, dan *Motion Reference Unit* (MRU). Kalibrasi uji keseimbangan kapal dilakukan di suatu daerah pada dasar laut, karena area yang digunakan harus memiliki kontur relatif landai dan curam dengan kemiringan 1:2

atau 1:5. Parameter yang digunakan adalah *roll, pitch, and yaw* (Lekkerkek and Huibert-Jan, 2006). Kalibrasi cepat rambat akustik dilakukan karena adanya perbedaan nilai kecepatan rambat gelombang akustik pada setiap kolom-kolom air yang dipengaruhi oleh salinitas, suhu, dan tekanan.

#### Pasut Air Laut (Pasut)

Pasut biasanya diamati sebagai gerak vertikal naik dan turun dari lautan yang mempunyai periode 12,4 jam atau 24,8 jam (De Jong, 2002). Menurut De Jong (2002), pasut di seluruh dunia memiliki empat tipe, yakni:

- Diurnal, tipe pasut yang memiliki satu puncak *high water* dan satu lembah *low water*.
- Semi-diurnal, pasut dengan tipe 2 puncak *high water* dan 2 lembah *low water*.
- Campuran condong ke diurnal, pasut dengan tipe 2 puncak *high water* dan *low water* yang tidak penuh dengan spasi tidak tetap antar satu bulan penuh atau hanya satu puncak *high water* dan *low water* dalam satu hari.
- Campuran condong ke semi-diurnal, pasut dengan 2 puncak *high water* dan *low water* antara satu bulan penuh dengan tinggi dan interval waktu yang tidak teratur.

Tujuan dari pengamatan pasut dalam survei batimetri ialah untuk menentukan bidang referensi kedalaman seperti kedudukan tengah (*mean sea level*) atau muka surutan (*chart datum*) dan juga penentuan koreksi hasil pengukuran kedalaman agar dapat mengacu pada salah satu bidang referensi vertikal.

*Mean Sea Level* (MSL) adalah kedudukan tengah antara kedudukan muka air laut tinggi dan muka air laut rendah pada saat bulan purnama atau saat bulan perbani. Sedangkan muka surutan peta (*chart datum*) adalah suatu bidang permukaan pada suatu daerah perairan yang didefinisikan terletak dibawah permukaan air laut terendah yang mungkin terjadi di daerah yang bersangkutan, atau dengan kata lain permukaan air laut tidak pernah menyentuh muka surutan peta.

Sedangkan menurut De Jong, *sounding datum* adalah datum yang dipilih selama survei berlangsung dengan menggunakan rata-rata nilai air terendah atau diambil nilai terendah seketika itu juga. Hal ini dipilih sewenang-wenang agar dapat memfasilitasi saat survei pemeruman dan mungkin atau tidak tetap akan dianggap sebagai *chart datum*. *Chart datum* sering disebut sebagai bidang nol pada peta batimetri, sedangkan *sounding datum* merupakan surutan peta terendah selama dilakukannya pekerjaan pemeruman (Soeprapto, 2001). Pada pekerjaan teknis dimana *chart datum* belum diketahui, maka digunakan *sounding datum* sebagai pengganti *chart datum*.

#### Sound Velocity Profile (SVP)

SVP merupakan gambaran dari kecepatan rambat gelombang akustik di dalam perairan. Pada setiap wilayah perairan pasti memiliki kecepatan rambat gelombang akustik yang berbeda yang dipengaruhi oleh temperatur, kedalaman, dan salinitas yang berbeda pula pada setiap wilayah. Menurut Lurton (2002), gelombang akustik secara normal merambat dalam air dengan kecepatan sekitar 1500 m/s.

Menurut Schmidt (2003), pengaruh yang disebabkan dari perubahan kecepatan gelombang akustik yang nilai kecepatannya dapat meningkat seiring peningkatan temperatur, kedalaman, dan salinitas. Kecepatan meningkat 3 m/s setiap kenaikan suhu, 0,5 m/s setiap perubahan 30 m kedalaman, dan 1,2 m/s setiap kenaikan 1 *part per thousand* (ppt). Hal tersebut menyebabkan

kecepatan rambat gelombang akustik di dalam air tidak pernah konstan.

**Standar Orde Ketelitian Survei Hidrografi**

Standar ketelitian yang digunakan dalam survei batimetri menggunakan alat *multibeam echosounder* mengacu pada standar IHO SP-44 tahun 2008. pada kegiatan aplikatif ini menggunakan derajat ketelitian orde spesial. Dimana ketelitian orde spesial mendekati standar survei rekayasa dan digunakan secara terbatas di daerah-daerah kritis dimana kedalaman dibawah permukaan air sangat minim dan di mana karakteristik dasar airnya berpotensi membahayakan kapal. Daerah-daerah kritis tersebut ditentukan secara langsung oleh instansi yang bertanggung jawab dalam masalah kualitas survei. Seperti pelabuhan-pelabuhan tempat sandar dan alur masuknya. Semua sumber kesalahan harus dibuat minimal (SNI, 2010).

**Uji Kualitas Data**

Uji kualitas data *multibeam* dilakukan pada daerah lajur yang bertampalan yang memiliki nilai kedalaman yang pada umumnya sama. Tetapi tidak ada pengukuran yang tidak lepas dari koreksi kesalahan. Uji kualitas data pada pengukuran ini mengacu pada standar IHO SP-44 tahun 2008 Orde Spesial. Di mana nilai toleransi kesalahan yang digunakan pada pertampalan antara lajur kanan dan lajur kiri dihitung menggunakan persamaan (2) dengan tingkat kepercayaan 95%.

$$\Sigma = \pm \sqrt{a^2 + (b \times d)^2} \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- a : factor kesalahan independen (jumlah kesalahan yang bersifat tetap).
- b : faktor kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah kesalahan yang bersifat tidak tetap).
- d : kedalaman terukur.
- (b x d) : kesalahan kedalaman yang dependen (jumlah semua kesalahan kedalaman yang dependen).

Untuk nilai konstanta pada orde spesial yaitu a = 0,25m dan b = 0,0075.

Dilakukan uji statistik pada data kedalaman yang bertampalan dari kedua lajur pemeruman. Agar dapat diketahui apakah pengukuran tersebut memenuhi standar toleransi dengan tingkat kepercayaan 95%(± σ\*1,96[tabel Z]) atau tidak. Uji statistik dilakukan dengan metode *sampling*, yaitu mengambil data sampel secara acak dari lajur yang bertampalan sebanyak 20 data. Sampel ini diambil dari dua lajur yang saling bertampalan antar lajur kanan dan lajur kiri yang posisinya berdekatan atau posisi yang sama. Nilai-nilai tersebut didapat lalu dihitung selisishnya dan dilakukan perhitungan nilai rata-rata dan standar deviasi. Perhitungan nilai standar deviasi (Bodiono & Koester, 2004).

$$\hat{H} = \frac{\Sigma (H_2 - H_1)}{n} \dots\dots\dots (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\Sigma (H_i - \hat{H})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

- H<sub>1</sub> : kedalaman lajur 1
- H<sub>2</sub> : kedalaman lajur 2
- Ĥ : nilai rata-rata

- H<sub>i</sub> : beda nilai kedalaman lajur 2 dan lajur 1
- σ : standar deviasi
- n : banyaknya sampel

Dari perhitungan nilai diatas, nilai beda kedalaman dengan tingkat kepercayaan 95% yang mengacu pada IHO SP-44 tahun 2008 orde spesial yaitu sebesar σ\*1,96(tabel Z). Jika nilai kesalahan data beda kedalama masih dalam batas toleransi maka data tersebut diterima. Sedangkan jika nilai kesalahan data beda kedalaman di luar batas toleransi maka data tidak dapat diterima.

**Penyajian Informasi**

Penyajian informasi dari hasil pengolahan data kedalaman dapat disajikan dengan berbagai cara, seperti penyajian melalui visualisasi tiga dimensi atau dua dimensi dalam bentuk peta. Penyajian informasi pada kegiatan aplikatif ini yaitu dalam bentuk pemetaan dasar laut, yang yang berasal dari data spasial yang berisi informasi kedalaman suatu daerah perairan. Dari data tersebut dapat menggambarkan tentang kondisi struktur dan bentuk dasar perairan suatu daerah dengan data kontur beserta persebaran titik-titik kedalaman yang telah terkoreksi terhadap *chart datum* (Sager, 1998). Peta kedalaman dasar laut disajikan dengan mengacu pada *Chart No.1* tahun 2013.

**2. Pelaksanaan**

**Lokasi Kegiatan**

Lokasi kegiatan pengukuran terletak di sebagian perairan Selat Sunda yang terletak pada koordinat 5°56'06"LS dan 105°59'52"BT.

**Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan aplikatif ini meliputi:

1. Perangkat keras yang digunakan terdiri dari:
  - a. Laptop Asus Series A450L Intel Core i5 dengan RAM 4 GB.
  - b. Media penyimpanan data, *FlashDisk* dan *HardDisk*.
  - c. Media pencetakan yaitu Printer.
2. Perangkat lunak yang digunakan terdiri dari:
  - a. Sistem operasi *Windows 7 32-bit*, digunakan untuk menjalankan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1.
  - b. Perangkat lunak Caris Hips and Sips versi 6.1, digunakan untuk mengolah data hasil pengukuran batimetri menggunakan alat *multibeam echosounder*.
  - c. Perangkat lunak ArcGIS 10.3, digunakan untuk pembuatan peta kedalaman dasar laut dari hasil pengolahan data *multibeam* dan pembuatan *layout* peta.
  - d. Perangkat lunak Microsoft Exel 2016, digunakan untuk manajemen data *multibeam*.
  - e. Perangkat lunak Microsoft Word 2016, digunakan untuk penulisan laporan kegiatan.

**Bahan**

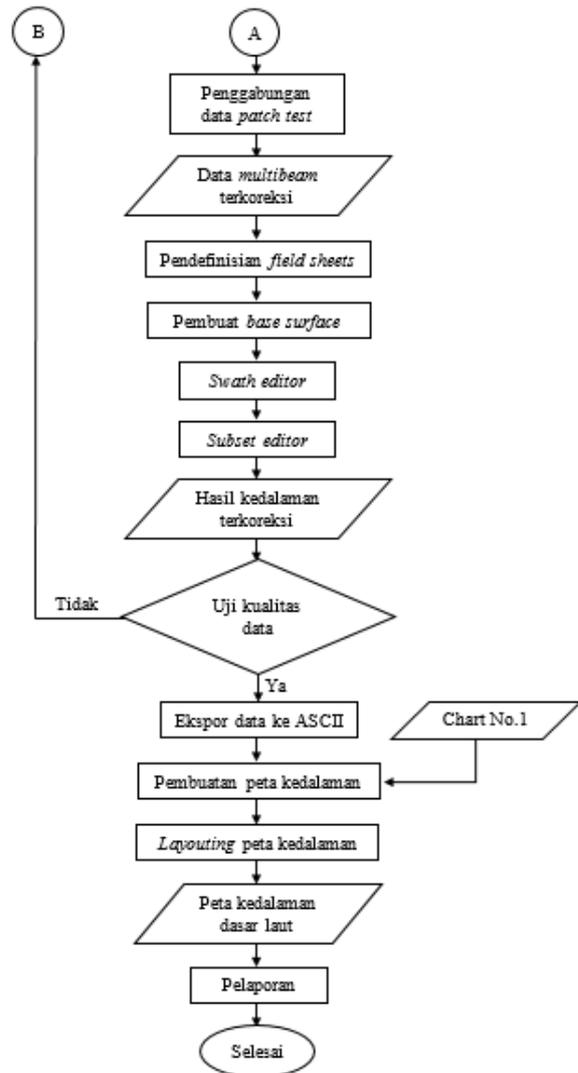
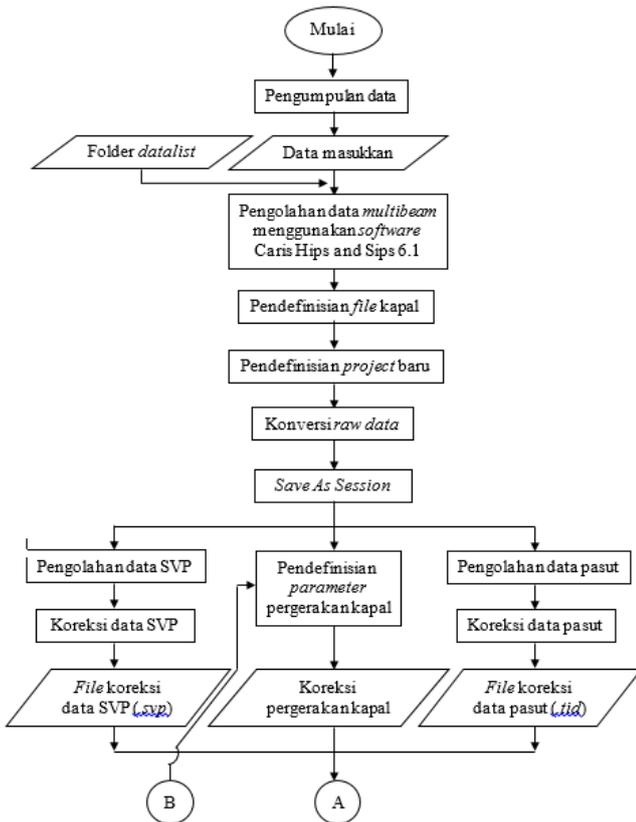
Bahan yang digunakan dalam pelaksanaan kegiatan aplikatif ini adalah sebagai berikut.

1. Data *Multibeam Echosounder Seabat Reason T20P*.
2. Data pengukuran pasut menggunakan alat *tide gauge*.

3. Data cepat rambat gelombang akustik yang diperoleh dari pengukuran menggunakan alat CTD.

**Pelaksanaan**

Tahapan dalam kegiatan aplikatif ini terdiri dari pengumpulan data primer, pengolahan data *multibeam echosounder*, dan pembuatan peta kedalaman dasar laut. Skematik tahapan kegiatan yang dilakukan dapat dilihat pada diagram alir berikut.



(Gambar 2.1. Diagram alir kegiatan)

**Tahap Pengumpulan Data**

Pada tahap pengumpulan data juga dilakukan proses persiapan peralatan. Pada kegiatan aplikatif ini data primer yang digunakan meliputi:

- a. Data kedalaman diperoleh dari pengukuran batimetri menggunakan alat *Multibeam Echosounder Seabat Reason T20P*.
- b. Data pasut diperoleh dari pengukuran menggunakan alat *tide gauge*.
- c. Data SVP diperoleh dari pengukuran menggunakan alat CTD.

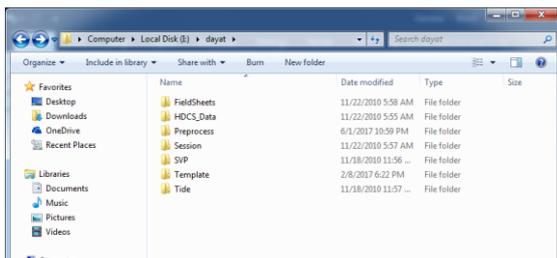
Pengukuran survei batimetri pada kegiatan ini menggunakan kapal nelayan. Posisi *transducer* berada disebelah kanan lambung kapal. Dan perhitungan *offset* terhadap posisi antena GPS dilakukan untuk mendapatkan keakuratan posisi dari masing-masing alat survei. Data yang diperoleh dari hasil pengukuran kemudian diolah menggunakan *software* Caris Hips and Sips.

### Tahap Pengolahan Data Multibeam

Data *multibeam* hasil pengukuran batimetri diolah menggunakan *software* Caris. Berikut proses pengolahan data menggunakan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1.

#### Pembuatan direktori penyimpanan data.

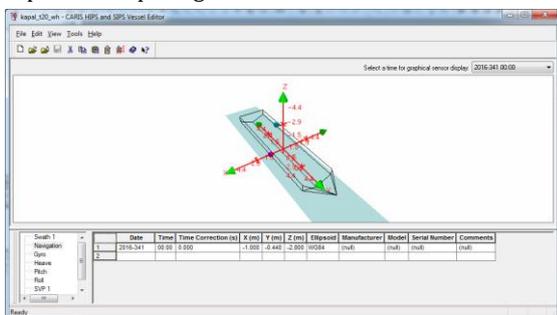
Proses awal yang harus dilakukan untuk menjalankan *software* Caris. Ini merupakan rumah atau *host* sebagai tempat semua hasil olahan data yang telah di proses menggunakan *software* Caris. Direktori ini berupa folder-folder penyimpanan yang dibuat sebelum menggunakan *software* Caris. Dapat dilihat pada gambar 2.2 berikut.



(Gambar 2.2. Folder penyimpanan data)

#### Pendefinisian konfigurasi kapal

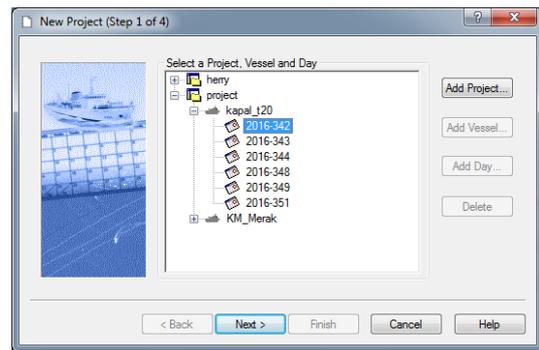
Bertujuan untuk memasukkan nilai dimensi dari kapal survei yang digunakan dalam pengukuran dan tanggal (dalam *Julian Date*) pemasangan alat-alat survei pada kapal. Posisi dari alat-alat survei seperti *transducer*, *receiver* GPS, MRU, dan lainnya harus di ukur sebagai referensi pengukuran. Yang kemudian datanya di *input* menggunakan *command* vessel editor yang dapat dilihat pada gambar 2.3 berikut.



(Gambar 2.3. Pendefinisian konfigurasi kapal pada Caris)

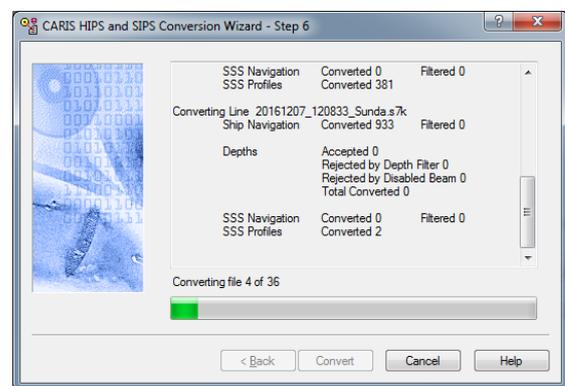
#### Pembuatan project baru dan konversi data

*Project* adalah sebuah tempat yang digunakan sebagai ruang untuk mengolah data pengukuran kedalaman. Informasi yang dibutuhkan dalam pembuatan *project* baru yaitu nama *Project*, *Add Vessel* dengan memasukkan kapal yang telah dibuat sebelumnya, dan *Add Day* dengan memasukkan hari pelaksanaan pengukuran. Selain itu ada informasi lain yang perlu dimasukkan seperti deskripsi *project*, sistem koordinat referensi, dan zona area pengukuran, seperti gambar 2.4 berikut.



(Gambar 2.4. Pendefinisian *project* baru)

Setelah *project* selesai dibuat, selanjutnya melakukan konversi *raw* data hasil pengukuran dengan *multibeam echosounder* yang berformat *.s7k* lalu di-*input* melalui *tools Conversion Wizard* yang kemudian di konversi kedalam format Caris agar dapat terbaca oleh *software* Caris Hips, seperti gambar 2.5 berikut.



(Gambar 2.5. Konversi data kedalam format Caris)

#### Pengolahan data pasang surut

Data pasang di ukur langsung menggunakan alat pengukur pasang *tide gauge* pada stasiun pasang yang berada di Pelabuhan Anyar selama 15 hari dengan interval pengamat 15 menit yang kemudian di cuplik dalam interval 30 menit. Data pasang tersebut kemudian di manajemen kedalam *Microsoft excel* dan di *save* dalam format *.txt* agar dapat terbaca oleh *software* Caris. Adapun urutan kolom dalam penyusunan data pasang yaitu tanggal (tahun/bulan/tanggal) pengamatan, waktu (jam:menit:detik) pengamatan, dan nilai kedalaman (dalam meter). Untuk melakukan pengolahan data pasang menggunakan Caris, pilih menu *tide editor*, lakukan *input* data dengan format *.txt* yang sudah ada dan *save* data pasang tersebut kedalam format *.tid* agar dapat dijalankan pada *software* Caris.

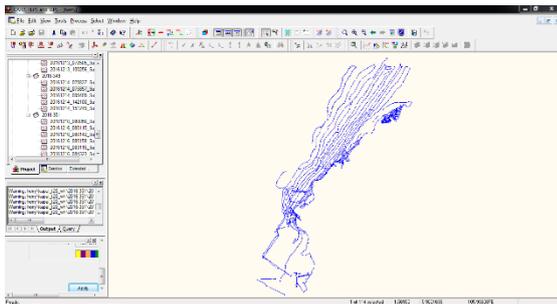
#### Pengolahan data Sound Velocity Profile

Pada *software* Caris data masukkan untuk mengelola data SVP yaitu tanggal dan waktu data di ukur, posisi geodetik dari pengukuran yang dilakukan, dan nilai kedalaman dan kecepatan gelombang akustik. Koreksi SVP dilakukan untuk mencegah pembelokan lintasan (*reybending*) yang disebabkan oleh kecepatan *beam* yang tidak tepat. Pembelokan itu menyebabkan kesalahan yang terjadi pada jarak antar lintasan sonar di tiap-tiap lapisan air menjadi buruk. Data masukan SVP dalam

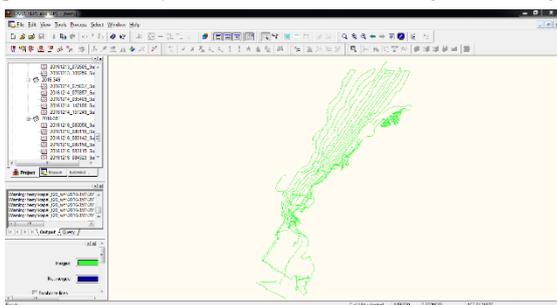
format *.txt* kemudian di *input* pada menu *SVP editor* sehingga akan tersimpan dalam *software* Caris dalam format *.svp*.

### Penggabungan data terkoreksi

*Patch Test* adalah penggabungan data pasut dan data SVP yang telah terformat dalam *software* Caris (data pasut berformat *.tid* dan data SVP berformat *.svp*) yang telah diolah sebelumnya. Data kedalaman dikoreksi oleh data pasut melalui sub-menu *Load Tide* dan data SVP melalui sub-menu *Sound Velocity Correction* dari menu *Process*. Kemudian dilakukan *merge* pada menu *Process*. Lajur pengukuran setelah proses *Patch Test* berubah menjadi berwarna hijau yang sebelumnya lajur pengukuran berwarna biru, yang dapat dilihat pada gambar 2.6 dan gambar 2.7 berikut.



[Gambar 2.6. Lajur sebelum di *Pacth Test* (warna biru)]



[Gambar 2.7. Lajur setelah di *Pacth Test* (warna hijau)]

### Pengolahan data pergerakan kapal

Pergerakan kapal selama kegiatan survei dipantau menggunakan alat MRU (*Motion Reference Unit*). MRU merupakan alat sensor pendeteksi gerak pada kapal yang khusus dibuat untuk kegiatan survei kelautan. Informasi yang dihasilkan berupa nilai *roll*, *pitch*, *yaw*, dan *heave* dari gerakan kapal. Informasi ini diperlukan dalam pengolahan data kedalaman karena sebagai koreksi data kedalaman yang disebabkan oleh perubahan dinamika laut yang tidak pasti.

### Mendefinisikan lembar lapangan

*Field Sheet* atau lembar lapangan dibuat sebagai tempat pendefinisian *Base Surface* yang akan terbentuk. Informasi yang dimasukkan dalam pembuatan lembar lapangan adalah nama lembar lapangan, skala, resolusi horizontal, resolusi kedalaman, sistem koordinat, zona area survei, dan batas area survei. Kemudian membuat *Base Surface* menggunakan metode *Swath Angle* dengan memasukkan informasi nama, jenis warna peta, dan resolusi setiap lajur. Setelah *Base Surface* terbentuk maka dapat dilakukan visualisasi menggunakan *3D display* dan parameter *depth* untuk menampilkan bentuk *3D*.

### Pengolahan data multibeam echosounder

Data kedalaman yang telah terkoreksi dengan data-data lainnya, kemudian diolah untuk menghilangkan data *outliers*. Data *outliers* yaitu data kedalaman yang menyimpang dari data-data kedalaman lainnya. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan menu *Swath Editor* dan *Subset Editor*. Pada menu *Swath Editor* tersedia fasilitas *filtering* yang berfungsi sebagai penyaring data kedalaman yang tidak baik karena disebabkan oleh lebar pancaran dan batas kedalaman gelombang akustik yang dipancarkan oleh *multibeam echosounder*. *Swath Editor* memiliki 6 tampilan sudut pandang yang mempermudah untuk menghilangkan data *outliers* yang terdapat pada data kedalaman. Tampilan *Swath Editor* seperti *Profil*, *Plan*, *Side*, *Rear*, *Amplitudo*, dan *3D*.

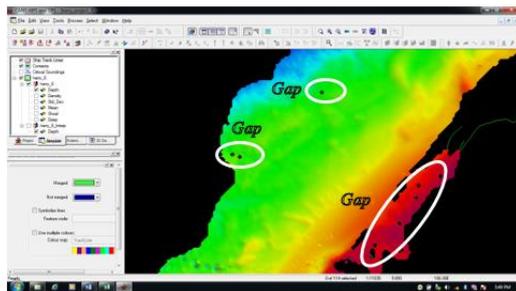
Selanjutnya pengolahan data *multibeam* dilakukan dengan menu *Subset Editor*. Tampilan menu *Subset Editor* terdiri dari dua tampilan yaitu *2D* dan *3D* yang mempermudah untuk menghilangkan data *outliers*. Data *outliers* tersebut dihilangkan menggunakan menu *reject* kemudian di blok/*select* data-data kedalaman yang menyimpang dari data-data kedalaman lainnya. Setelah melakukan koreksi data *outliers* pada area yang telah ter-blok/*select* maka *Base Surface* akan terhitung ulang dan tersimpan secara terkoreksi melalui *recomputing* data pada layar *depth*.

### Uji kualitas data terkoreksi

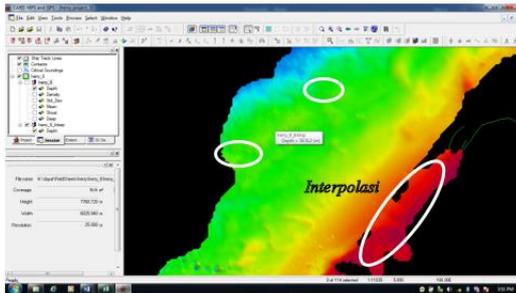
Data kedalaman yang sudah terkoreksi dari data *outliers* selanjutnya dilakukan uji statistik terhadap kualitas dari data kedalaman yang terkoreksi apakah memenuhi standar IHO atau tidak. Pengujian dilakukan dengan mengambil 20 titik sampel yang diasumsikan memiliki nilai kedalaman yang sama atau saling berdekatan pada setiap lajur pemeruman yang bertampalan atau bersilangan. Uji kualitas data menggunakan tingkat kepercayaan 95% dengan mencari nilai standar deviasinya dikalikan dengan nilai tabel Z (1,96). Data akan diterima jika nilai standar deviasi dikali nilai tabel Z (1,96) lebih kecil dari batas toleransi IHO, dan akan di tolak jika nilai standar deviasi dikali nilai tabel Z (1,96) lebih besar dari batas toleransi IHO.

### Identifikasi terhadap hasil data terkoreksi

Data kedalaman yang telah memenuhi standar IHO kemudian dilakukan identifikasi untuk mengecek apakah terdapat data *Gap* (data yang hilang pada daerah survei). Ciri dari data *Gap* dapat dilihat pada permukaan survei yang bolong. Hal ini disebabkan karena kurang atau hilangnya data pengukuran. Penyebabnya yaitu karena koreksi *outliers* yang terlalu berlebihan atau dikarenakan pada saat pengukuran tidak terjadi *over lapping* pada daerah survei. Pada data *gap* yang disebabkan karena berlebihan dalam koreksi *outliers*-nya dapat di atasi dengan cara *interpolasi* pada daerah yang bolong. Seperti gambar 2.8 dan gambar 2.9 berikut.



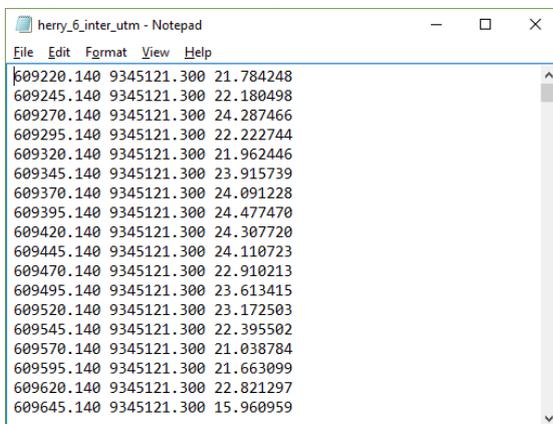
(Gambar 2.8. Daerah yang terjadi Gap)



(Gambar 2.9. Daerah Gap yang telah di Interpolasi)

#### Ekspor data kedalaman yang terkoreksi

Data kedalaman yang sudah terkoreksi terhadap semua parameter dan telah teruji kualitas datanya kemudian dapat di ekspor kedalam beberapa format data melalui menu *Export Wizard*. Pada kegiatan aplikatif ini hasil ekspor data berformat ASCII dengan nilai XYZ. Seperti gambar 2.10 berikut.



(Gambar 2.10. Data hasil ekspor berformat ASCII)

#### Pembuatan Peta Kedalaman Dasar Laut

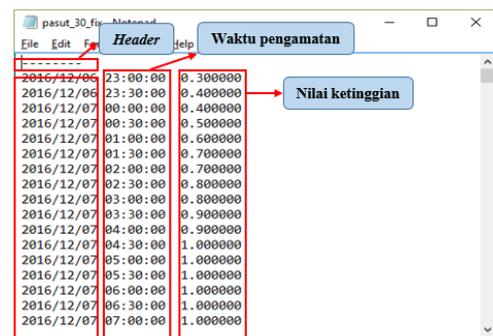
Dilakukan pembuatan garis kontur dengan metode TIN (*Triangulated Irregular Network*) dan menggunakan *Raster Surface* pada menu *3D Analyst Tool*. Pada *shapefile* sebelumnya di seleksi titik-titik tinggi yang mewakili ketinggian pada garis kontur yang akan ditampilkan sebagai titik-titik kedalaman. Pembuatan peta kedalaman mengacu pada *Chart No.1* dengan garis kontur yang digunakan yaitu kontur 2, 5, 10 dan kelipatan 10 meter serta menggunakan gradasi warna kedalaman dari kedalaman terdangkal sampai kedalaman terdalam yaitu warna biru sampai ke putih. Tahap akhir pada pekerjaan ini yaitu

pembuatan *layout* peta. *Layout* peta berisi tentang informasi lokasi, arah utara, skala, legenda dan parameter geodetik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### Koreksi Data Pasut

Urutan data pasut yang tersimpan dalam format *.txt* yaitu pada baris pertama merupakan *header* yang berisikan garis minus sebanyak delapan buah (-----) dan baris kedua dan seterusnya dibagi menjadi tiga kolom. Secara berturut-turut kolom tersebut berisikan tanggal pengamatan (tahun/bulan/tanggal), jam pengamatan (jam:menit:detik), dan nilai ketinggian muka air laut dalam meter. Seperti gambar 3.1 berikut.



Tanggal pengamatan

(Gambar 3.1. Data pasut dalam format *.txt*)

Koreksi data pasut diolah dengan menggunakan menu *tide editor* yang terdapat pada *software* Caris bertujuan untuk menghasilkan data berformat *.tid* yang kemudian akan digunakan dalam koreksi data *multibeam*.



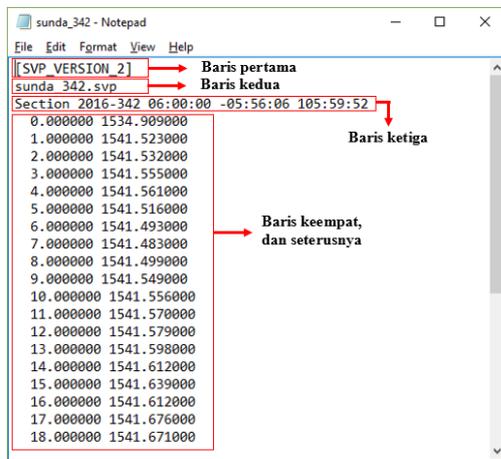
(Gambar 3.2. Jendela informasi *tide editor*)

Pada jendela informasi diatas dapat dideskripsikan bahwa nilai pasut ditunjukkan dengan sumbu vertikal, sedangkan nilai waktu ditunjukkan dengan sumbu horizontal. Data pasut tergambar pada grafik berwarna hijau. Dan dibawah grafik juga disajikan informasi pasut dalam bentuk tabel yang berisikan nomor, tanggal, waktu, dan tinggi pasut pada saat pengamatan.

Data pasut yang sudah benar disimpan melalui menu *save edit* dengan format *.tid* dan dimasukkan kembali menggunakan menu *load tide* dari menu *process*. Secara otomatis *software* Caris akan melakukan koreksi pada data pasut terhadap data nilai kedalaman yang di-input.

### Koreksi Data Sound Velocity Profile

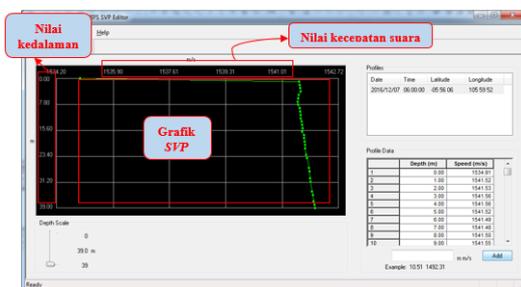
Pengoreksian data SVP harus dilakukan sebelum pembersihan data kedalaman dari data *outliers*



(Gambar 3.3. Koreksi file SVP dalam format .txt)

ditampilkan format data SVP yang dapat dibuat menggunakan *command notepad* (seperti gambar 3.3) kemudian data di simpan ke dalam format .svp dengan urutan sebagai berikut:

- Baris pertama [SVP\_VERSION\_2] menunjukkan spesifikasi versi file SVP.
- Baris kedua menunjukkan direktori penyimpanan file SVP.
- Baris ketiga menunjukkan:
  - Section 2016-342 = Sesi pengambilan data SVP (dalam tanggal Julian Date) saat pengukuran menggunakan alat CTD.
  - 06:00:00 = Waktu pengambilan data (dalam [jam:menit:detik]).
  - 05:56:06 = Posisi lintang pengambilan data (dalam [derajat:menit:detik]).
  - 105:59:52 = Posisi bujur pengambilan data (dalam [derajat:menit:detik]).
- Baris keempat dan seterusnya menunjukkan nilai SVP pada masing-masing kedalaman (dalam meter).

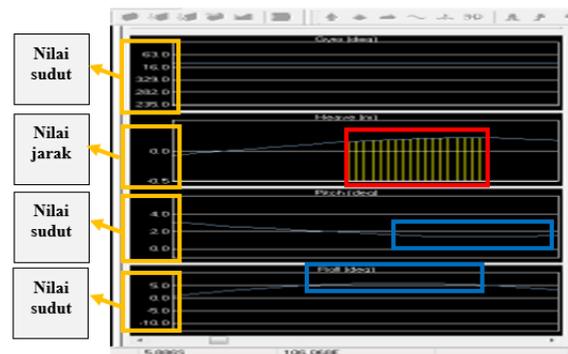


(Gambar 3.4. Grafik nilai SVP pada SVP Editor)

Pada Gambar 3.4 menampilkan *plotting* data SVP pada SVP Editor. Dimana grafik hijau adalah hasil *plotting* data SVP, angka disebelah kiri grafik adalah nilai kedalaman saat diambil data SVP dan angka diatas grafik adalah nilai kecepatan gelombang akustiknya. Pada menu SVP Editor dapat melakukan *editing* data SVP secara manual seperti *editing* tanggal, waktu, koordinat, dan nilai-nilai SVP.

### I. Koreksi Pergerakan Kapal

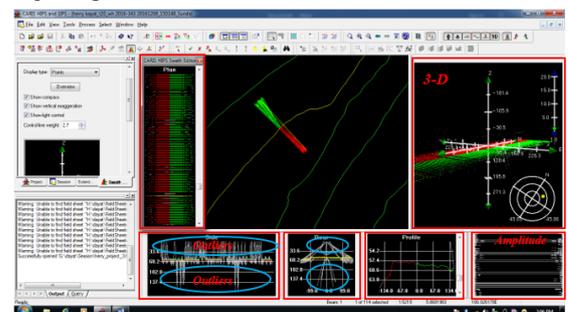
Koreksi pergerakan kapal dapat dilakukan pada menu *attitude editor* yang terdapat pada *software Caris*. Menu *attitude editor* akan muncul ketika lajur pemeruman telah dipilih terlebih dahulu. Tampilan pada menu *attitude editor* berupa grafik garis yang menampilkan nilai dari *Gyro*, *Heave*, *Pitch*, dan *Roll*. Kemudian melakukan proses analisis pergerakan kapal pada setiap lajur pemeruman. Metode yang digunakan dalam proses pengeditan adalah metode *reject*, data yang di *reject* merupakan data *outliers*. Terlihat pada gambar 3.5 berikut.



(Gambar 3.5. Grafik menu attitude editor)

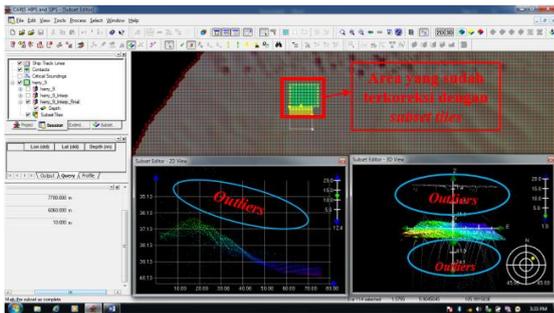
### Hasil Pengolahan Data Multibeam

Pengolahan data *multibeam echosounder* pada *software Caris* menggunakan menu *swath editor* dan *subset editor*. Menu *swath editor* digunakan untuk mengolah data pemeruman/lajur sedangkan menu *subset editor* digunakan untuk mengolah data *base surface*. Menu *swath editor* dapat aktif ketika terlebih dahulu telah men-*select* lajur yang akan dikoreksi. Pada menu *swath editor* terdapat enam tampilan sudut pandang yaitu, *plan view*, *side view*, *rear view*, *profil view*, *amplitude view*, dan *3-D view*. Seperti gambar 3.6 berikut.



(Gambar 3.6. Hasil pengolahan lajur pemeruman)

Proses *swath editor* bertujuan untuk mempermudah dalam proses berikutnya. Dimana kesalahan dalam lajur pemeruman telah dikoreksi dari data-data *outliers*, selanjutnya melakukan proses pengolahan *base surface*. Pengolahan *base surface* menggunakan menu *subset editor* yang terdapat pada *software Caris*. Pada menu *subset editor* terdapat dua tampilan grafis yang membantu dalam pembersihan data-data *outliers* yang terjadi pada saat pengukuran berlangsung. Sebelum masuk pada proses *subset editor* sebaiknya terlebih dahulu membuat layer *new subset tiles*-nya untuk mempermudah dalam pengolahan *base surface*-nya, ini bertujuan sebagai penanda area yang telah dikoreksi. Area yang terkoreksi dapat dilihat pada gambar 3.7 berikut.



(Gambar 3.7. Area yang terkoreksi dengan subset tiles)

Kecermatan dalam proses pengolahan *base surface* sangat dibutuhkan untuk menghindari terjadinya pembersihan data *outlier* yang berlebih, sehingga menyebabkan terjadinya *gap* atau hilangnya data pengukuran karena proses pembersihan *outliers* yang berlebihan. Kita juga dapat mengetahui informasi data tersebut melalui menu *query* yang terdapat pada *toolbar*. Di dalam menu *query* memberikan informasi mengenai *record*, *line*, *profil*, *beam*, *kedalaman*, *status*, *longitude*, *latitude*, *project*, *vessel*, *days*, *time*, dan *tide* yang berguna dalam pemilihan data *outliers*.

Setelah selesai proses pembersihan *base surface*, dilakukan proses *recumpute* data untuk menghitung ulang kembali data *base surface* yang sudah dibersihkan dari *outliers*. Interpolasi diperlukan jika dalam proses *recompute* data terjadi data *gap* pada *base surface*. Hal itu di tandai dengan terdapatnya daerah yang bolong pada area *base surface*. Pada kegiatan ini terdapat data *gap*, sehingga di perlukannya proses *interpolasi* data. pada *software* Caris terdapat sub-menu *interpolate* yang berfungsi dalam proses *interpolasi* dari data *gap*. Data kedalaman yang telah terkoreksi dari data *outliers* dan *gap* kemudian di ekspor kedalam format *ASCII* menggunakan menu *ekspor wizard* yang terdapat pada *software* Caris. Data dalam format *ASCII* selanjutnya dapat diolah menggunakan *software* ArcGIS.

### Hasil Uji Kualitas Data Terkoreksi

Dalam kegiatan ini uji kualitas data mengacu pada standar IHO orde spesial. Pada pengukuran di area survei terdapat 16 lajur yang bertampalan dengan 20 sampel titik tinggi yang diambil. Hasil uji kualitas dapat dilihat pada table 3.1 berikut.

Tabel 3.1. Hasil uji kualitas pada lajur yang bertampalan.

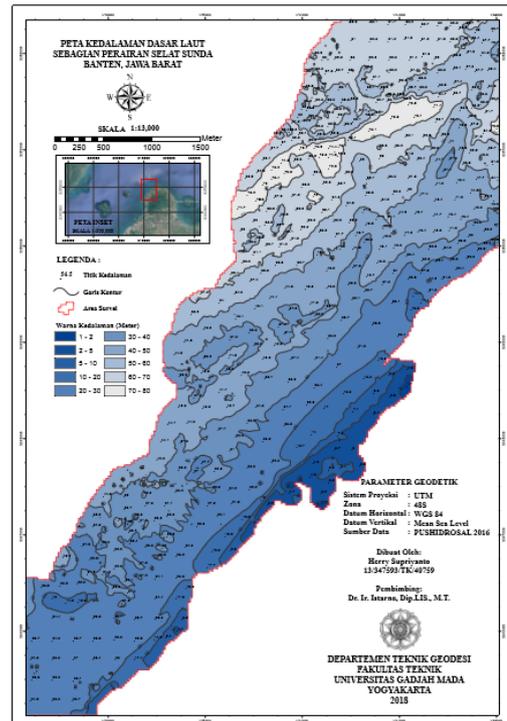
No.	Jalur	Deviasi Maksimum (meter)	Deviasi Minimum (meter)	Deviasi rata-rata (meter)	Absolut Mean Error	Standar Deviasi (meter)	1,96 x Standar Deviasi	Toleransi IHO (meter)	Keterangan
1	124733-cross	0.061	0	0.015	-0.007	0.124	0.243	0.313	Diterima
2	091936-cross	0.005	0	0	0.003	0.018	0.036	0.275	Diterima
3	081244-cross	0.016	0	0.005	-0.008	0.069	0.135	0.298	Diterima
4	091224-cross	0.174	0	0.021	0.001	0.149	0.292	0.309	Diterima
5	173818-cross	0.025	0	0.006	-0.045	0.083	0.162	0.317	Diterima
6	140217-cross	0.057	0	0.006	-0.02	0.077	0.152	0.308	Diterima
7	074840-cross	0.01	0	0.002	0.019	0.05	0.098	0.298	Diterima
8	084934-cross	0.236	0	0.02	-0.044	0.145	0.284	0.293	Diterima
9	140217a-cross	0.113	0	0.023	0.056	0.155	0.304	0.339	Diterima
10	091224a-cross	0.112	0	0.02	0.022	0.144	0.283	0.334	Diterima
11	074840a-cross	0.055	0	0.013	-0.077	0.116	0.227	0.379	Diterima
12	083934-cross	0.142	0	0.007	0.009	0.083	0.162	0.351	Diterima
13	140217b-cross	0.189	0	0.01	-0.032	0.102	0.199	0.309	Diterima
14	141944-cross	0	0	0	0.001	0.004	0.008	0.315	Diterima
15	172209-cross	0.067	0	0.008	-0.029	0.094	0.184	0.307	Diterima
16	122706-cross	0.046	0	0.012	0.027	0.113	0.221	0.264	Diterima

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa hampir semua nilai dari lajur bertampalan mendekati nilai toleransi IHO. Hal ini disebabkan karena pada posisi horizontal (x,y) yang sama memiliki kedalaman (z) yang berbeda, yang seharusnya pada posisi horizontal (x,y) yang sama memiliki kedalaman (z) yang

sama pula. Tetapi pada hasil uji kualitas data, semua data sampel diterima memenuhi toleransi standar IHO pada orde spesial.

### Hasil Layout Peta Kedalaman

*Layouting* peta kedalaman dasar laut mengacu pada *Chart No.1* dengan menggunakan *software* ArcGIS 10.3 dalam proses *contouring* menggunakan *Raster Interpolasi IDW (Inverse Distance Weighted)* dengan *maximum distance* 50 meter yang terdapat pada menu *ArcToolbox*. Interval kontur yang digunakan yaitu 2, 5, 10 dan kelipatan 10 meter dengan skala 1:13.000 dan menggunakan referensi kedalaman muka rata-rata air laut dari data pengamatan pasang surut yang dilakukan selama pengukuran. Hasil peta kedalaman dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



(Gambar 3.8. Peta kedalaman dasar laut)

## 4. Kesimpulan dan Saran

### Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil kegiatan ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dihasilkan peta kedalaman dasar laut pada sebagian perairan Selat Sunda, Pelabuhan Merak, Banten, yang terkoreksi terhadap data pasut, data SVP, dan data pergerakan kapal (*pitch*, *roll*, *gyro*, dan *heave*) menggunakan *software* Caris Hips and Sips versi 6.1.
2. Dari hasil uji statistik kualitas data masuk dalam standar toleransi IHO SP-44 tahun 2008 pada orde spesial. Dengan derajat kepercayaan 95% diperoleh nilai rata-rata standar deviasi sebesar 0,187 meter, sedangkan nilai rata-rata dari toleransi IHO sebesar 0,313 meter. Diperoleh juga nilai kedalaman terdangkal sebesar 1,262 meter dan nilai kedalaman terdalam sebesar 79,581 meter.

## Saran

Saran yang dapat diberikan dari kegiatan ini adalah sebagai berikut:

1. Memperhatikan format data yang digunakan dan kelengkapan data yang diperlukan, baik data *multibeam echosounder*, data pasut, data SVP, data pergerakan kapal maupun data-data pendukung lainnya.
2. Area survei yang diproses memiliki kepentingan dan tujuan yang jelas, agar hasil peta dapat digunakan dengan baik.

## 5. Referensi

- Abidin, H. S., 2000, Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Anderson JT, DV Holliday, R Kloser, D.G. Reid dan Y. Simrad, 2008. Acoustic Seabed Classification: Current Practice and Future Directions, *ICES J.Mar.Sci*, 5:1004-1011.
- Boediono dan Koester W., 2004, *Teori Dan Aplikasi Statistik Dan Probabilitas*, PT. Remaja Rosdakarya, Bandung.
- Brennan, C. W., 2009, *Basic Acoustic Theory*, R2 Sonic LLC.
- De Jong., 2002, *Hydrography*, Delft University Press, The Netherlands.
- Godin, A., 1998, *The Calibration of Shallow Water Multibeam Echo-Sounding Systems*, Departement of Geodesy and Geomatics Engineering University of New Brunswick, Canada.
- IHO, 2008, *IHO Standards for Hydrographic Surveys, International Hydrographic Bureau*, Monaco.
- Kongsberg Maritime, 2017, *Multibeam Echosounders*, <https://www.kongsberg.com/multibeam> , Diakses tanggal 7 Oktober 2017.
- Lekkerkerk and Huibert-Jan, 2006, *Handbook of Offshore Surveying Acquisition and Processing*, Fugro, Netherlands.
- Lurton, X., 2002, *An Introduction to Underwater Acoustics*, U&K: Praxis publishing.
- L-3 Communication SeaBeam Instrument, 2000, *Multibeam Sonar Theory of Operation*, Washinton Street, East Walpole.
- Mann, R. dan Godin, A., 1998, *Field Procedure for the Calibration of Shallow Water Multibeam Echo-Sounding System*, Canadian Hydrographic Conference, Canada.
- Mike K. 2008. *Estimation of The Ocean Sound Velocity Profile*.
- Moustier, D., 2005, *Course Multybeam Sonar Method*, Publication Data, Inggris.
- Murdock, C., 2017, *Calibration Time*, <https://noateacheratsea.blog/tag/multibeam-echosounder/>, Diakses pada tanggal 03 Oktober 2017.
- Poerbandono & Djunarsjah, E., 2005, *Survei Hidrografi*, PT. Refika Aditama, Bandung.
- Romenah, 2002, *Pengetahuan Peta*, PT. Tiga Serangkai, Surakarta.
- Sager, W., 1998, *Measuring The Depth, Quarterdeck Online Winter 1998 / Spring 1999; Vol. 6/3*.
- Schmidt, V. C. D., and Caress, D., 2003, *The MB-System Cookbook*, USA, Lamont Doherty Observatory of Columbia University & Monterey Bay Research Institute.
- SNI 7646, 2010, *Survei Hidrografi Menggunakan Singlebeam Echosounder*, Badan Stadardisasi Nasional, Jakarta.
- Soeprapto, 2001, *Survei Hidrografi*, Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

**Prosiding CGISE**

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

**Evaluasi Metode Pengukuran Batimetri dan UAV untuk Mendukung Pembangunan Infrastruktur Pelabuhan Tanjung Adikarto**Maritsa Faridatunnisa<sup>1</sup>, Hilmiyati Ulinnuha<sup>1</sup>, Jongko Satrio Aji<sup>1</sup>, Kholqi Azam<sup>1</sup>, Abdul Basith<sup>1</sup><sup>1</sup> Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia**ARTICLE INFO***Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:* batimetri, uav, pelabuhan, pendangkalan*Corresponding Author:**Author's name**Email:***ABSTRACT**

*Pelabuhan Tanjung Adikarto merupakan pelabuhan perikanan yang terletak di Dusun Keboan, Desa Karangwuni, Kecamatan Wates, Kabupaten Kulon Progo. Kapal dengan bobot hingga 150 GT dapat berlabuh di pelabuhan ini dengan dimensi kolam parkir seluas 60.000 meter persegi. Pelabuhan ini telah dibangun sejak tahun 2004, namun hingga saat ini belum dapat dioperasikan sebagai pelabuhan perikanan. Permasalahan yang terjadi pada pelabuhan tersebut adalah adanya pendangkalan (shallowing) pada pintu masuk kolam pelabuhan yaitu di muara Sungai Serang. Ombak pantai Selatan yang besar menyebabkan breakwater yang sudah dibangun tidak berfungsi bahkan mengalami kerusakan. Proses pendangkalan Pelabuhan Tanjung Adikarto dapat diketahui dengan pengukuran batimetri dan area di sekitar pelabuhan. Pengukuran batimetri dapat dilakukan dengan berbagai metode dan peralatan. Penelitian ini melakukan evaluasi metode pengukuran batimetri yang diintegrasikan dengan pengukuran arus, pasang surut, dan detil situasi, serta pengukuran metode UAV. Pengukuran batimetri dengan menggunakan dua peralatan single beam echosounder, pemetaan detil situasi dengan GPS geodetik metode RTK dan Total Stations, serta pemotretan UAV dengan wahana Fixed Wings. Hasil evaluasi dari ketiga metode ini adalah pelabuhan adikarto memiliki waktu-waktu tertentu untuk melakukan pengukuran batimetri area dangkal dan pengukuran metode RTK yaitu pada saat pagi dan sore hari. Selain itu, pengolahan hasil pemotretan UAV Pelabuhan Tanjung Adikarto memerlukan persiapan yang baik untuk mengurangi resiko terhambatnya proses perhitungan.*

**1. Pendahuluan**

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2001 tentang Kepelabuhanan, yang dimaksud dengan pelabuhan adalah tempat yang terdiri dari daratan dan perairan di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan ekonomi yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, berlabuh, naik turun penumpang dan/atau bongkar muat barang yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antar moda transportasi. Salah satu pelabuhan yang ada di Yogyakarta dan berupaya untuk memenuhi kegunaan dan fungsi pelabuhan adalah pelabuhan ikan Tanjung Adikarto.

Pelabuhan ikan Tanjung Adikarto berlokasi di Pantai Glagah, berjarak 41 kilometer dari pusat kota Yogyakarta. Posisi geografis pelabuhan tersebut terletak pada 7°54'58"LS dan 110°5'0"BT. Pembangunan pelabuhan sudah dilakukan sejak tahun 2004, namun kenyataannya hingga saat ini pelabuhan masih belum dapat digunakan secara optimal. Adanya pelabuhan ikan Tanjung Adikarto ini diharapkan dapat berfungsi sebagai tempat berlayar dan berlabuh nelayan hingga memperjualbelikan ikan melalui transaksi pelelangan. Pelabuhan ini diharapkan menjadi pusat kegiatan masyarakat nelayan disekitar Pantai Glagah.

Sejak dibangun, pelabuhan Tanjung Adikarto belum dapat beroperasi optimal dikarenakan terjadinya fenomena pendangkalan di kolam pelabuhan. Pendangkalan yang terjadi di

alur pelabuhan biasanya disebabkan karena adanya pasokan sedimen dari pantai (Arifin, dkk., 2003). Dalam dokumen Informasi Laporan Penyelenggaraan Pemerintah Daerah Bupati Kulon Progo Tahun Anggaran 2011 disebutkan bahwa pada tahun 2011 telah dilakukan pengerukan pasir kolam untuk bersandar kapal. Penyempurnaan bangunan pemecah ombak masih terus diupayakan.

Hingga saat ini, pembangunan pelabuhan Tanjung Adikarto masih terhambat sehingga belum dapat beroperasi. Kondisi terkini pelabuhan bahwa terjadi pendangkalan karena sedimentasi yang berpindah dan mengendap di pintu masuk pelabuhan, yaitu pada muara sungai Serang. Ombak pantai Selatan yang besar menyebabkan *breakwater* yang sudah dibangun tidak berfungsi bahkan mengalami kerusakan. Diberitakan bahwa pada tahun 2019, pembangunan pelabuhan Tanjung Adikarto akan dilanjutkan dengan pembangunan *breakwater* yang lebih panjang. Normalisasi alur masuk menuju kolam pelabuhan akan dilakukan agar perahu besar dapat masuk dan berlabuh.

Sebelum pembangunan pelabuhan dilanjutkan, diperlukan adanya analisis proses dan penyebab pendangkalan untuk dapat dijadikan bahan pertimbangan dalam melanjutkan pembangunan. Beberapa metode survey dapat digunakan untuk memperoleh informasi tersebut, seperti metode survei batimetri dan oseanografi serta fotogrametri. Dalam penelitian ini akan dibahas mengenai metode survei batimetri dan oseanografi serta fotogrametri menggunakan pesawat tanpa awak (UAV) untuk mendukung kelanjutan pembangunan Pelabuhan ikan Tanjung Adikarto.

## 2. Data dan Metodologi

Pada penelitian ini dilakukan survei batimetri untuk memperoleh data kedalaman pelabuhan serta dilakukan survei oseanografi untuk memperoleh data pasang surut dan data arus. Selain itu, pemotretan udara menggunakan UAV dilakukan untuk memperoleh data peta foto area pelabuhan.

### 2.1. Data dan Lokasi

Penelitian ini dilakukan di pelabuhan Tanjung Adikarto, berjarak 41 km dari pusat kota Yogyakarta dengan posisi geografis 7°54'58"LS dan 110°5'0"BT. Pelabuhan ini berada pada wilayah administrasi desa Karangwuni Kecamatan Wates Kabupaten Kulon Progo. Lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi penelitian Pelabuhan ikan Tanjung Adikarto

Pelaksanaan survei batimetri, oseanografi dan fotogrametri menggunakan peralatan sebagai berikut:

1. Seperangkat *echosounder* ATLAS DESO
2. Seperangkat *Fish Finder*

3. Seperangkat GPS Geodetik
4. Seperangkat *Total Stations*
5. Palembang
6. Seperangkat *Currentmeter*
7. Seperangkat *digital levelling*
8. Seperangkat UAV
9. Bola Arus

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Perangkat lunak *download* data pemeruman
2. Perangkat lunak pengolahan data batimetri
3. Perangkat lunak pengolahan data UAV
4. Perangkat lunak CAD untuk penggambaran data topografi
5. Quantum GIS 2.18
6. Microsoft Office

Bahan pendukung penelitian yang digunakan antara lain patok untuk keperluan GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Control Point*) dan formulir pengukuran.

### 1.20. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan berbagai alat pengukuran dan mengkombinasikan berbagai teknik survei dan pemetaan. Tahapan penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.

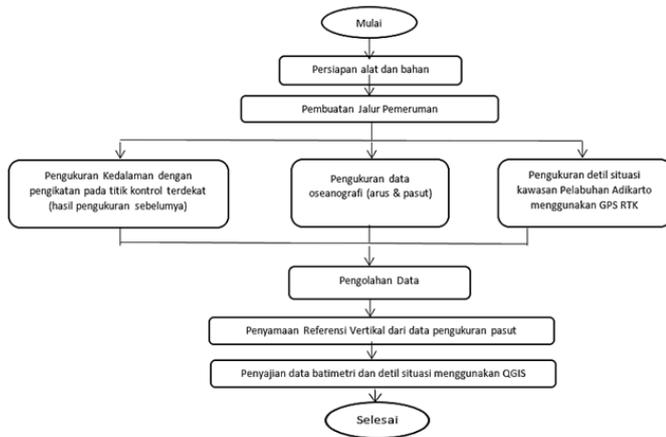


Gambar 2. Diagram alir Pengukuran Tanjung Adikarto

Tahapan penelitian dimulai dengan persiapan alat dan bahan. Persiapan alat dilakukan untuk memastikan bahwa semua alat termasuk kabel dapat digunakan ketika pengukuran. Kemudian melakukan survei pendahuluan yang meliputi proses perencanaan dan pemasangan patok GCP dan ICP. Titik GCP dan ICP dapat digunakan sebagai titik kontrol hasil foto UAV.

Setelah persiapan dan pemasangan patok GCP dan ICP selesai, selanjutnya dilakukan pengukuran. Pengukuran yang

dilakukan mengkombinasikan tiga metode pengambilan data yaitu pengukuran batimetri, pengukuran UAV, dan pengukuran topografi. Pengukuran topografi di Pelabuhan Tanjung Adikarto dilakukan dengan menggunakan *Total Stations* dan GPS Geodetik. Tahapan pengukuran batimetri ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir pengukuran batimetri dan oseanografi

Evaluasi pengukuran dilakukan dengan mengevaluasi kelebihan dan kelemahan dari kombinasi metode pengumpulan data Pelabuhan Tanjung Adikarto yaitu pengukuran batimetri, pengukuran UAV, dan pengukuran topografi. Selain itu, evaluasi juga dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang terjadi dalam proses pengukuran Pelabuhan Tanjung Adikarto.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Survei Pendahuluan

Kegiatan ini meliputi survei lokasi, perencanaan, pemasangan, pengukuran, dan pengolahan titik kontrol GCP dan ICP. Setelah mengetahui kondisi area penelitian, selanjutnya dilakukan perencanaan penempatan titik kontrol. Titik kontrol ini merupakan titik-titik pengukuran yang tersebar di area penelitian secara merata dan sesuai dengan kriteria penempatan titik kontrol, antara lain distribusi yang baik, kondisi tanah yang stabil, mudah dicapai, tidak mengganggu dan terganggu, serta memperhatikan rencana penggunaan lokasi di masa depan.

Titik kontrol ini akan digunakan pada saat pengukuran dengan GPS sebagai titik ikat tinggi dengan pengukuran pasang surut serta sebagai titik ikat pada pengukuran topografi atau situasi. Selain itu, titik kontrol yang lain juga diperlukan sebagai GCP (*Ground Control Point*) dan ICP (*Independent Control Point*) pada pengukuran fotogrametri.

Pengukuran titik kontrol dilakukan menggunakan alat GPS tipe Geodetik yang memiliki hasil ketelitian posisi hingga fraksi milimeter. Metode pengukuran yang dilakukan adalah metode radial dengan mengikatkan titik-titik tersebut pada suatu titik fixed (diketahui secara pasti nilai koordinatnya). Koordinat titik fixed direncanakan menggunakan CORS BPN Kulon Progo dan CORS BPN Bantul. Output dari pengukuran ini adalah titik kontrol untuk menggabungkan peta kedalaman dan peta detail situasi di kawasan Pelabuhan Tanjung Adikarto, serta sebagai GCP dan ICP pada pembuatan peta foto menggunakan UAV. Kegiatan pengukuran titik kontrol disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengukuran titik kontrol menggunakan GPS

Data pengamatan titik kontrol yang diambil menggunakan teknologi GPS, selanjutnya diolah menggunakan perangkat lunak komersil. Pengolahan menggunakan perangkat lunak komersil didasarkan pada pemrosesan suatu *baseline* dimana korelasi matematis antara semua *baseline* yang diukur secara simultan diabaikan. Biasanya pada tahap pertama, semua *baseline* yang memungkinkan di semua sesi yang terbentuk antar titik diolah pada satu sesi secara bersamaan oleh *software*. Selanjutnya, turunan jaring GPS 3D kemudian dilakukan perataan (Fotiou, A., dkk., 2009). Proses *adjustment* yang dilakukan terdiri dari *adjustment free* dan *adjustment fixed*. *Adjustment free* dilakukan tanpa menggunakan titik tetap, sedangkan *adjustment fixed* dengan menggunakan minimal satu buah titik tetap.

#### 3.2. Survei Batimetri dan Oseanografi

Pelaksanaan pengukuran didahului dengan persiapan yang meliputi persiapan alat. Hal tersebut penting dilakukan untuk menghindari kesalahan metode akuisisi data saat di lapangan. Alat yang dipersiapkan antara lain echosounder, GPS Geodetik, palem pasut, dan *currentmeter*. Peralatan yang digunakan selama survei hidrografi dibagi menjadi 3 kelompok peralatan utama yaitu penentuan posisi, pengukuran kedalaman dan pengukuran ketinggian air (FIG Report, 2010).

Bahan yang digunakan untuk merancang jalur pemeruman adalah foto udara area kolam pelabuhan atau citra satelit resolusi tinggi yang menampilkan kolam pelabuhan dengan jelas. Kriteria perancangan jalur pemeruman adalah dengan membuat jalur utama yang tegak lurus dengan batas daratan dan jarak antar lajur sesuai dengan skala peta yang dibuat. Jalur pemeruman juga harus memuat rancangan lajur silang yang tegak lurus dengan orientasi lajur utama dan jarak antar lajur silang adalah 10 kali jarak antar lajur utama.

Pengukuran batimetri dilaksanakan menggunakan alat Echosounder ATLAS DESO. Gambaran pengukuran ditunjukkan pada Gambar 5. Alat ini memiliki ukuran *transducer* yang cukup besar dan bobot yang berat sehingga menambah beban kapal. Saat dilakukan pengukuran, kapal survei yang digunakan untuk mobilisasi akuisisi data sesuai dengan jalur pemeruman mengalami kandas. Hal ini dikarenakan pendangkalan di pelabuhan yang sudah terlalu parah. Kapal yang memuat

seperangkat Echosounder beserta genset serta beberapa orang surveyor tidak mampu melanjutkan proses akuisisi karena terhambat pendangkalan yang menyebabkan kapal selalu kandas.

Permasalahan tersebut akhirnya menemukan solusi dengan mengganti alat akuisisi data dengan yang lebih ringan namun tetap menghasilkan nilai kedalaman yang baik. Alat akuisisi data batimetri pengganti yang digunakan adalah *Fishfinder*. Alat ini dipasang di kapal survei dan melakukan akuisisi data batimetri sesuai dengan jalur pemeruman yang sudah dirancang dengan dipandu dengan GPS Navigasi yang dipasang di kapal. Selain itu, solusi lain yang diambil adalah pengukuran pada area yang sangat dangkal dilakukan ketika air pasang yaitu pada waktu pagi dan sore hari.



Gambar 6. Proses akuisisi data batimetri menggunakan kapal

Selain pengukuran data batimetri, pengukuran arus dengan *currentmeter* juga dilakukan pada area pertemuan antara aliran sungai menuju laut dengan air laut yang masuk ke kolam pelabuhan. Pencatatan bacaan arus yang nampak pada *display* dicatat dengan interval pembacaan setiap 5 menit. Seperangkat alat pengukur arus perlu dipasang pada alat bantu seperti sebilah bambu untuk dapat dimenjangkau area air yang ingin diukur arusnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Seperangkat alat *currentmeter* dipasang pada alat bantu (bambu)

Selain pengamatan arus menggunakan *current meter*, juga dilakukan pengamatan arus menggunakan bola arus. Pengukuran ini dilakukan dengan melepaskan bola arus pada area kolam

Pelabuhan Adikarto dan mencatat posisinya setiap satu lajur pemeruman selesai dilakukan. Dengan menggunakan persamaan jarak dan waktu (sesuai dengan persamaan (1)), maka didapatkan kecepatan arus pergerakan di Pelabuhan Tanjung Adikarto.

$$\text{Kecepatan Arus} = \frac{\text{Jarak}}{\text{waktu}} \quad (1)$$

Pengamatan pasang surut juga dilakukan di area kolam pelabuhan menggunakan palem pasut seperti disajikan pada Gambar 8. Pembacaan tinggi muka air laut dilakukan dengan interval 1 menit. Penyatuan referensi vertikal harus dilakukan terhadap data pengamatan pasang surut ini. Keseluruhan kegiatan akuisisi data batimetri dan oseanografi dilakukan pada hari Sabtu dan Minggu tanggal 12-13 Mei 2018 pukul 08.00 hingga 17.00 WIB.



Gambar 8. Palembang pasut (*tide staff*) untuk pengukuran tinggi muka air laut

Pada pengolahan data batimetri diperlukan penyamaan referensi vertikal. Penyamaan referensi vertikal bertujuan untuk menggabungkan data kedalaman dan data ketinggian detail situasi di sekitar kawasan Pelabuhan Tanjung Adikarto (diatas permukaan laut). Referensi vertikal menggunakan data pasang surut air di Pelabuhan Tanjung Adikarto yang diikatkan ke stasiun pasut terdekat. Proses pengikatan dilakukan dengan menggunakan *digital levelling* dan prinsip pengukuran beda tinggi.

Pengolahan arus dilakukan dengan menganalisis besar arus di wilayah pinggir pelabuhan dan di tengah pelabuhan. Sedangkan pengolahan data batimetri dengan menggunakan perangkat lunak *download* data pemeruman dan perangkat lunak pengolahan data batimetri. *Output* dari pengukuran dan pengolahan data batimetri adalah peta batimetri yang berisi informasi kedalaman pelabuhan dan detail situasi di area kawasan Pelabuhan Tanjung Adikarto.

Tabel 1. Kelebihan dan Kelemahan Pengukuran Batimetri dengan ATLAS DESO, *FishFinder*, Palembang Pasut, dan *Current Meter*

Kelebihan	Kelemahan
1. Pengukuran berjalan lebih komprehensif dengan menggunakan kombinasi alat pengukuran	1. Memerlukan banyak persiapan yang dikarenakan banyaknya peralatan survei yang dibawa
2. Terdapat data lebih dalam pengukuran kedalaman	2. Dengan ukuran ATLAS DESO yang besar

(adanya pengukuran ATLAS DESO dan <i>Fish Finder</i> )	mengakibatkan diperlukan ruang yang lebih luas pada kapal survei
3. Data pasang surut (pasut) didapatkan secara langsung tanpa ada proses <i>download</i> data	3. Data pasang surut air tidak didapatkan dengan interval yang rapat dan terdapat kemungkinan kesalahan <i>blunder</i>
4. Pengukuran arus mudah dilakukan hanya menggunakan <i>current meter</i> sederhana	4. Pengukuran arus tidak dapat menjangkau area yang dekat dengan <i>break water</i>

### 3.3. Survei Topografi Pelabuhan Tanjung Adikarto

Untuk memperoleh informasi detail situasi, dilakukan pemetaan setiap bangunan atau kenampakan fisik yang ada di sekitar pelabuhan. Hal ini dilakukan dengan menggunakan alat Total Station seperti pada Gambar 9, dengan menggunakan koordinat hasil pengukuran titik kontrol sebagai koordinat referensi. Hasil akuisisi data menggunakan Total Station adalah jarak dan sudut titik bidik relatif terhadap kedudukan alat Total Station. Kedua nilai tersebut akan menghasilkan suatu titik posisi yang jika semua data akuisisi digabungkan maka akan menghasilkan suatu dimensi objek yang diukur.



Gambar 9. Akuisisi data detail situasi menggunakan Total Station

Selain menggunakan alat *Total Station*, pengukuran detail situasi juga dilakukan dengan alat GPS Geodetik metode RTK (*Real Time Kinematic*) untuk menjangkau area-area yang tidak nampak jika diukur menggunakan *Total Station*. Selain itu, pengukuran menggunakan GPS metode RTK juga dilakukan untuk mengakuisisi titik-titik ketinggian untuk menghasilkan kontur ketinggian area sekitar kolam pelabuhan. Pengukuran detail situasi menggunakan alat GPS metode *Real Time Kinematic* disajikan pada Gambar 10.



Gambar 10. Pelaksanaan akuisisi data detail dan titik tinggi dengan GPS

Proses pengukuran detail situasi mengalami kendala pada pengukuran metode RTK. Proses pengukuran mengalami hambatan ketika tengah hari sekitar pukul 13.00 WIB sampai 15.00 WIB. Pada waktu tengah hari *receiver* GPS tidak dapat menerima koreksi dengan baik sehingga tidak didapatkan solusi *fixed*. Hal ini dapat disebabkan oleh kondisi atmosfer yang kurang baik sehingga mengganggu proses pemberian koreksi pengukuran. Solusi yang dilakukan adalah dengan mengukur objek-objek yang tidak bisa diukur dengan menggunakan *Total Stations*.

Pengolahan data detail situasi Pelabuhan Tanjung Adikarto menggunakan perangkat lunak CAD dan Quantum GIS. Tidak ada hambatan dalam pengolahan data data detail situasi, namun perlu dipastikan bahwa ketinggian yang dihasilkan pengukuran GPS RTK dan *Total Station* memiliki referensi tinggi yang sama.

Tabel 2. Kelebihan dan Kelemahan Pengukuran Topografi Pelabuhan Tanjung Adikarto

Kelebihan	Kelemahan
1. Pengukuran berjalan dengan lebih cepat pada waktu pagi atau siang hari karena adanya pengukuran dengan metode RTK	1. Pengukuran metode RTK tergantung kondisi atmosfer
2. Area yang tercover lebih luas	2. Diperlukan penyamaan referensi tinggi pada pengukuran GPS dan pengukuran <i>Total Stations</i>

### 3.4. Pemotretan Pelabuhan Tanjung Adikarto dengan UAV

Pengukuran UAV dilakukan dengan menggunakan UAV tipe *Fixed Wings*. Tipe ini digunakan karena memperhatikan kondisi angin di sekitar Pelabuhan Tanjung Adikarto yang cukup kencang pada waktu tertentu. Pengukuran dibagi sesuai dengan jalur terbang dan *overlap-sidelap* foto yang telah ditentukan pada saat persiapan pengukuran. Sebelum pengukuran dilakukan, tim lapangan memastikan titik kontrol (*GCP*) sudah ditandai dan akan terlihat pada hasil pemotretan. Kegiatan pengambilan data foto udara ini dilakukan pada saat pagi hari tgl 13 Mei 2018.

Pengolahan data UAV dilakukan setelah pengolahan titik kontrol (*GCP-ICP*) selesai. Hal ini dilakukan karena untuk memperoleh foto udara tegak (*orthofoto*) dibutuhkan *input* koordinat titik kontrol.

Tahapan pengolahan UAV dilakukan dengan proses menggabungkan semua foto yang dihasilkan sesuai dengan jalur terbang, kemudian dilanjutkan dengan proses orthorektifikasi. Proses pembuatan foto ortho dilakukan dengan perangkat lunak pengolahan data UAV dan memasukkan titik kontrol dan perhitungan *adjustment*. Hasil dari proses ini adalah foto udara ortho yang memiliki koordinat sesuai dengan koordinat di lapangan. Setelah terbentuk foto udara ortho, dilakukan *layouting* menggunakan *QGIS*.

Pengukuran UAV di Pelabuhan Tanjung Adikarto jagan memiliki kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari pengukuran UAV Pelabuhan Tanjung Adikarto adalah hasil pemotretan dapat memberikan gambaran lokasi dari pelabuhan Tanjung Adikarto. Sedangkan kelemahannya adalah pada proses pengolahan data foto. Pada proses ini diperlukan *memory* dan komputer dengan spesifikasi tinggi, sehingga proses pengolahan memerlukan waktu yang lama.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah penggunaan metode batimetri yang mengkombinasikan beberapa macam peralatan dapat menimbulkan hambatan pada proses pengolahan data, salah satunya adalah proses penggabungan data. Namun, berdasarkan evaluasi metode yang digunakan dalam penelitian ini, pengukuran batimetri memerlukan peralatan *echosounder* dengan ukuran yang kecil sehingga memudahkan dalam pengukuran. Hal ini mempertimbangkan ukuran kapal yang kecil. Selain itu, diperlukan waktu pengukuran yang tepat dalam pengukuran batimetri yaitu pada saat air pasang.

Pengukuran detil situasi menggunakan metode RTK dapat menghasilkan ukuran yang baik jika dilakukan ketika pagi dan sore hari. Hal ini dimungkinkan kondisi atmosfer di pesisir pantai masih baik.

Pengolahan foto UAV memerlukan persiapan yang baik, salah satunya adalah mempersiapkan *memory* dan komputer yang dapat dipakai untuk memproses *adjustment*. Hal ini dapat mengurangi resiko permasalahan yang dapat ditimbulkan dari ukuran foto yang besar.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami berikan kepada Bapak Bambang Kun Cahyono, S.T., M.Sc. yang telah banyak memberikan dorongan dan masukan, sehingga makalah ini dapat diselesaikan dengan baik. Selain itu juga kami berterimakasih kepada Universitas Gadjah Mada yang telah memberikah Hibah Penelitian Dosen Muda kepada tim sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

#### 6. Referensi

- Arifin, L., Hutagaol, J.P., Hanafi. M. (2003). Pendangkalan Alur Pelayaran di Pelabuhan Pulau Baai Bengkulu. *Jurnal Geologi Kelautan* Vol.1 No.3.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 69 Tahun 2001 tentang Kepelabuhanan.
- Fotiou, A., dkk. (2009). The Effect of Independent and Trivial GPS Baselines on the Adjustment of Network in Everyday Engineering Practice. 19th International Symposium on Modern Technologies, Education and Professional Practice in Geodesy and Related Fields, At Sofia, Bulgaria.
- International Federation of Surveyors (FIG) Commission 4 Report. (2010). Guidelines for the Planning, Execution and Management of Hydrographic Surveys in Ports and Harbours. FIG Publication No.56.

**Prosiding CGISE**

Conference of Geospatial Information Science and Engineering

E-ISSN: xxxx-xxxx

**Analisis Lokasi Rawan Rendah di Propinsi Sulawesi Tengah Dan Kota Palu Berdasarkan Letak Sesar dan Data ShakeMap BMKG Paska Gempabumi Palu-Donggala 28 September 2018**Telly Kurniawan<sup>1</sup>, Supriyanto Rohadi<sup>2</sup>, Rasmid<sup>3</sup>, Sulastri<sup>4</sup>, Asep Nur Rachman<sup>5</sup>, Bambang Sunardi<sup>6</sup>  
<sup>1,2,3,4,5,6</sup> BMKG, Indonesia**ARTICLE INFO***Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:* Intensitas, Shakemap, Makroseismik*Corresponding Author:**Email:* tellykurniawan46@gmail.com**ABSTRACT**

Dampak gempabumi dan tsunami pada tanggal 28 September 2018, mengakibatkan banyaknya kerusakan dan jumlah korban jiwa. Kerusakan ini sangat meluas, menyusul datangnya bencana lain yaitu tsunami, liquifaksi dan longoran, sehingga sangat sulit untuk penentuan lokasi terdekat yang aman dari bencana. Tujuan penelitian ini adalah menentukan Lokasi Rawan Rendah di Propinsi Sulawesi Tengah Dan Kota Palu Berdasarkan Letak Sesar dan Data ShakeMap BMKG Paska Gempabumi Palu-Donggala 28 September 2018. Manfaat dari penelitian ini dapat menjadi salah satu sumber informasi untuk penataan tata-ruang pengembangan Propinsi Sulawesi Tengah dan Kota Palu pada khususnya. Metode penelitian yang dilakukan adalah Plotting dan Spatial Analysis data ShakeMap dan Sesar kedalam batas administrasi Propinsi Sulawesi Tengah dan Kota Palu. Berdasarkan Spatial Anaysis, hasil penelitian menunjukkan Lokasi Rawan Rendah di Propinsi Sulawesi Tengah terletak pada perbatasan antara Kabupaten Tojo Una-una dan Kabupaten Morowali Utara sedangkan di Kota Palu lokasi rawan rendah mempunyai intensitas kerusakan minimal V MMI yang terletak di sebagian Desa Pantoloan, Desa Baiya, Desa Lambara, Desa Panau, Desa Kayumalue Ngapa, Desa KayuMalue Pajeko, Desa Taipa, Desa Mamboro, Desa Layana Indah, dan, Desa Poboya.

**1. Pendahuluan**

Gempabumi Palu-Donggala pada tanggal 28 September 2018 dengan koordinat 119.850E, 0.220S pada kedalaman 10 km terjadi di Pulau Sulawesi (sumber: BMKG, 2018),

Pulau Sulawesi mempunyai banyak potensi terjadinya bencana gempabumi dan tsunami. Secara tektonik, pulau ini memiliki banyak patahan (sesar) yang merupakan sumber terjadinya gempabumi. Sesar tersebut sudah terdefiniskan dan dipetakan oleh para peneliti yang tergabung dalam Pusat Studi Gempa Nasional 2017. Sesar-sesar tersebut adalah Sesar Palu-Koro, Sesar Tarakan, Sesar Megarthurst Sulawesi Utara, Sesar Tomini, Sesar Gorontalo, Sesar Tondano, Sesar Selat Makassar, Sesar Loa, Sesar Matano, Sesar Sausu, Sesar Tokararu, Sesar Poso, Sesar Weluki, Sesar Soroako, Sesar Geressa, Sesar Batui, Sesar Peleng, Sesar Balantak, Sesar Lawanopo, Sesar Buton, Sesar Tolo, Sesar Walanae, Sesar Peleng dan Ambelang. Lokasi sesar-sesar yang terpetakan di Pulau Sulawesi ditunjukkan pada gambar 1 (sumber: Peta Sumber Bahaya Gempabumi Indonesia, PUPR, 2017)

Berdasarkan sumber terjadinya gempabumi, maka terjadinya gempabumi di Palu dan Donggala kemarin disebabkan oleh pergerakan Sesar Palu-Koro, sesar ini merupakan sesar utama yang sangat aktif di Sulawesi.

Dampak gempabumi dan tsunami Palu-Donggala ini mengakibatkan banyaknya kerusakan dan jumlah korban meninggal yang lebih dari 2113 orang (sumber: nasional.tempo.co/read/1138400, diakses 22 oktober, 2018).

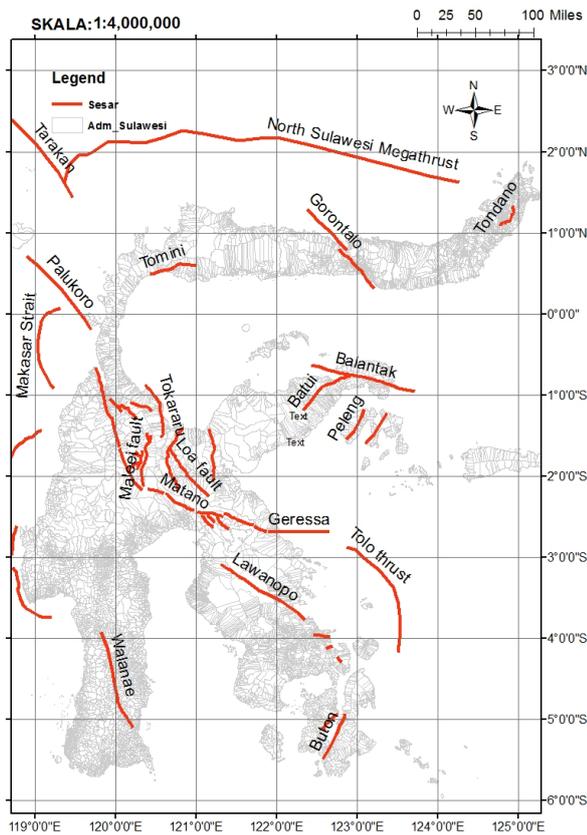
Berdasarkan besarnya dampak dan kerusakan yang hampir merata di Donggala, Palu dan Sigi, maka diperlukan langkah mitigasi terhadap area yang sudah sangat jelas diketahui potensi ancaman bencananya baik gempabumi dan tsunami. Salah satu langkah mitigasi adalah dengan menentukan Lokasi Rawan Rendah pada wilayah yang mempunyai potensi gempabumi.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Lokasi Rawan Rendah di Propinsi Sulawesi Tengah Dan Kota Palu Berdasarkan Letak Sesar dan Data ShakeMap BMKG Paska Gempabumi Palu-Donggala 28 September 2018. Penentuan titik lokasi ini dilakukan berdasarkan analisis menggunakan 2 (dua) kriteria. Kriteria pertama yaitu mempunyai skala intensitas kerusakan lebih kecil atau minimal sama dengan IV MMI sehingga termasuk dalam kategori "Potential Damage=None". Kriteria kedua adalah menjauh dari sesar, karena sesar merupakan sumber terjadinya gempabumi. Tabel lengkap mengenai definisi skala intensitas dan potential damage ditunjukkan pada gambar 2.

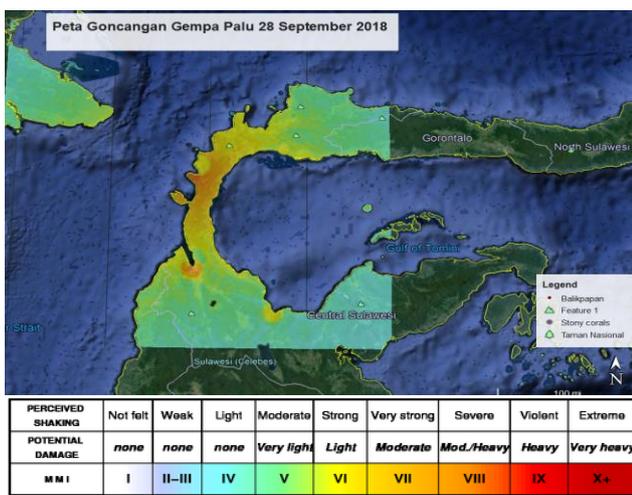
Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat menjadi salah satu sumber informasi untuk penataan tata ruang dan wilayah di propinsi Sulawesi Tengah dan Kota Palu pada khususnya, sebagai

kesiapsiagaan menghindari timbulnya kerusakan dan korban jiwa jika gempa bumi mengalami perioda ulang di lokasi ini.

Dari data ShakeMap BMKG, akibat gempa bumi 28 September 2018, ada 2 (dua) lokasi yang mempunyai nilai intensitas sangat tinggi, ditunjukkan dengan warna merah pada Gambar 2. Lokasi tersebut terletak di Teluk Talise Kota Palu dan Kabupaten Donggala yang merupakan lokasi sumber gempa bumi utama. Data dan info lengkap Shake Map dari BMKG ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Sesar di Pulau Sulawesi (sumber PusGen 2017)



Gambar 2. ShakeMap Gempabumi 28 September 2018 (sumber: BMKG 2018)

## 2. Data dan Metodologi

Lokasi penelitian ini dibatasi pada lokasi kerusakan akibat gempa bumi 28 September 2018 secara luas se-Propinsi Sulawesi Tengah berdasarkan data ShakeMap kemudian untuk lokasi lokal dilakukan analisis pada Kota Palu yang merupakan pusat ibukota yang sudah padat penduduknya.

### 2.1. Data dan Lokasi

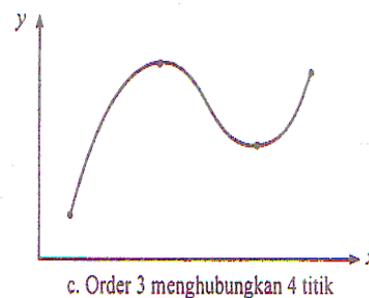
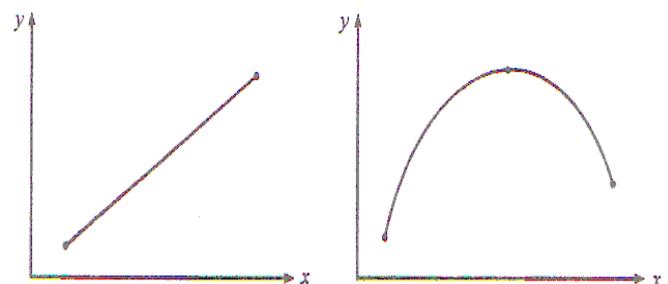
Dalam penelitian ini ada 2 (dua) data yang digunakan dalam pengolahan yaitu:

- Data intensitas ShakeMap gempa bumi dalam skala MMI sesudah terjadinya Gempabumi 28 September 2018.
- Data batas administrasi geografi level kabupaten/kota untuk Propinsi Sulawesi Tengah dan level desa untuk Kota Palu.

### 1.2.1. Metodologi

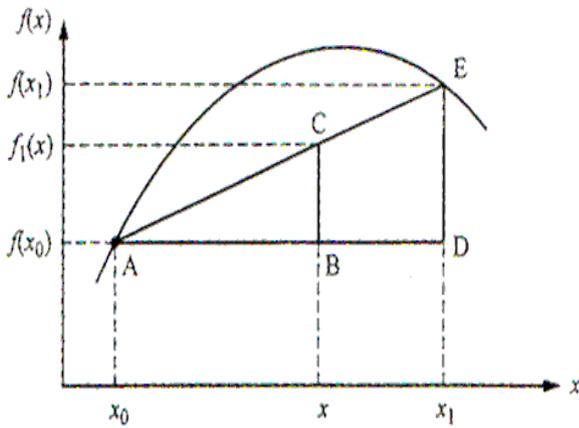
Metode penelitian yang digunakan adalah *Plotting* data *ShakeMap* menggunakan *ArcGIS*, kemudian melakukan *Spatial Analysis* berdasarkan teori metoda interpolasi pada titik yang mengalami kerusakan akibat gempa bumi dan tsunami. Data hasil *Spatial Analysis* kemudian di-*display* pada data batas administrasi geografi.

Dalam memahami teori metoda interpolasi, dapat digunakan bentuk pengolahan interpolasi yang paling sederhana yaitu dengan menghubungkan dua titik data. Dengan hanya 2 (dua) titik data maka hanya akan dihasilkan satu garis lurus, tetapi jika data lebih banyak dan ter-grid dengan baik, maka hasil interpolasi akan semakin baik. Contoh hasil interpolasi 2, 3 dan 4 titik data ditunjukkan pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Contoh Hasil Interpolasi

Proses pengolahan data dengan menggunakan formula metoda interpolasi ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Interpolasi Linier

Pada gambar 4 terlihat ada nilai suatu fungsi di titik  $x_0$  dan  $x_1$ , yaitu  $f(x_0)$  dan  $f(x_1)$ . Dengan metode interpolasi linier akan dicari nilai fungsi di titik  $x$ , yaitu  $f_1(x)$ . Indeks 1 pada  $f_1(x)$  menunjukkan bahwa interpolasi dilakukan dengan interpolasi polinomial orde satu.

Dari dua segitiga sebangun  $ABC$  dan  $ADE$  seperti tampak dalam Gambar 4, terdapat hubungan berikut:

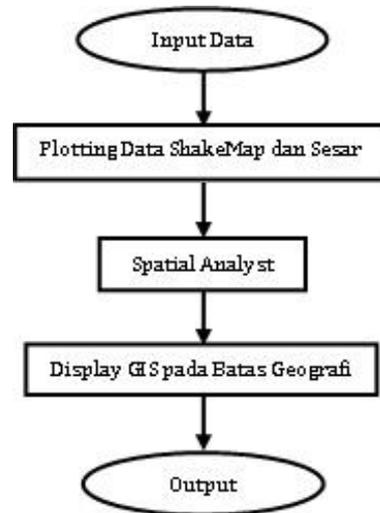
$$\frac{BC}{AB} = \frac{DE}{AD} \quad (1)$$

$$\frac{f_1(x) - f(x_0)}{x - x_0} = \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \quad (2)$$

$$f_1(x) = f(x_0) + \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} (x - x_0) \quad (3)$$

Persamaan (1) sampai (3) adalah rumus interpolasi linier, yang merupakan bentuk interpolasi polinomial orde satu. Suku  $[f(x_1) - f(x_0)] / (x_1 - x_0)$  adalah kemiringan garis yang menghubungkan dua titik data dan merupakan perkiraan beda hingga dari turunan pertama. Semakin kecil interval antara titik data, hasil perkiraan akan semakin baik.

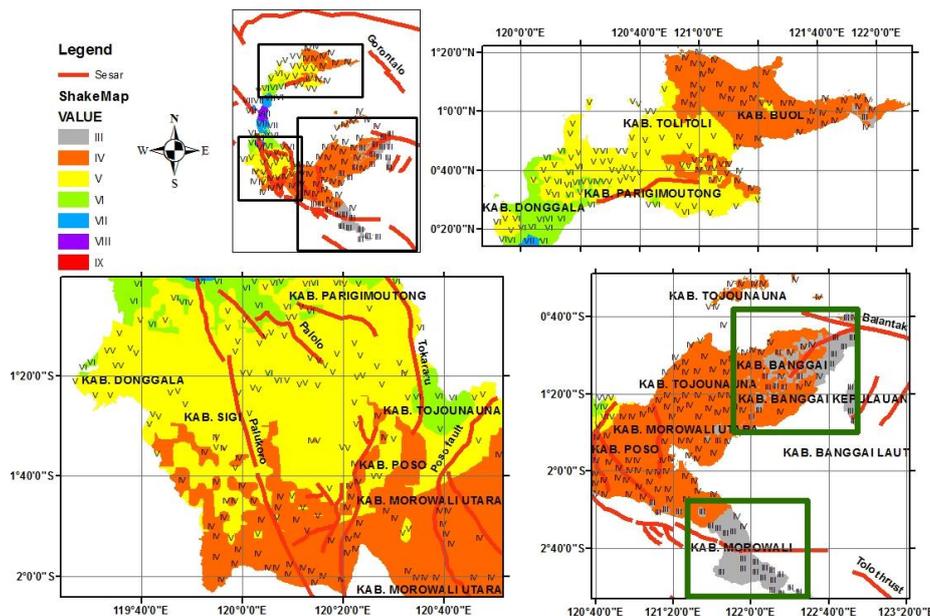
Diagram alir penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 5



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. ShakeMap Propinsi Sulawesi Tengah

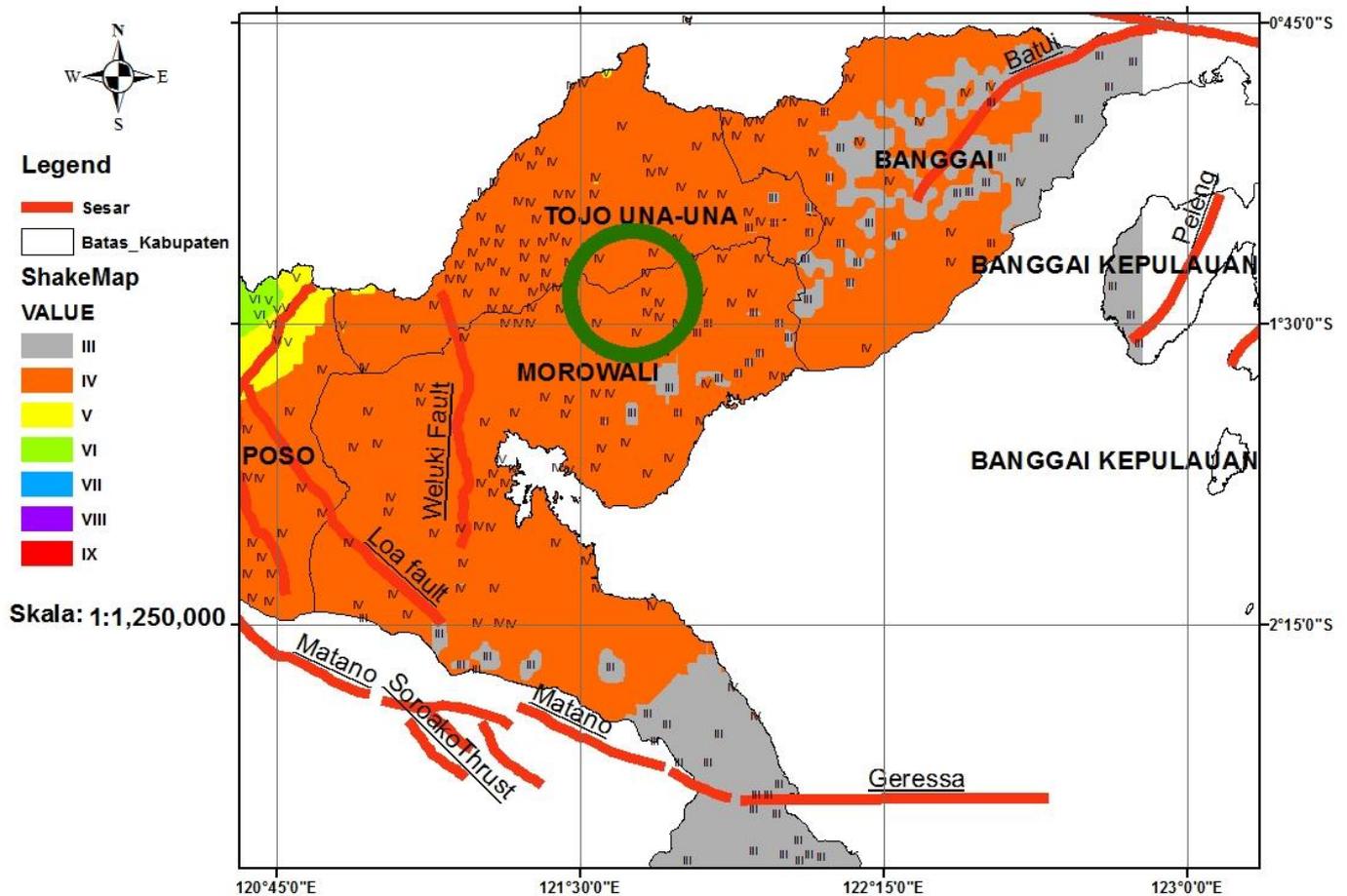


Gambar 6. Hasil Plotting dan Analisis Spatial data ShakeMap dan Sesar di Propinsi Sulawesi Tengah

Pada Gambar 6, berdasarkan data ShakeMap, intensitas kerusakan dibawah VII MMI ditunjukkan pada zooming 3 (tiga) kotak garis luar warna hitam. Diantara 3 (tiga) kotak garis luar warna hitam tersebut ada 1 (satu) kotak garis luar warna hitam di sudut kanan yang menunjukkan 3 (tiga) kabupaten yang dominan mempunyai intensitas kerusakan minimal III MMI, yaitu Kabupaten Banggai, Kabupaten Banggai Kepulauan dan Kabupaten Morowali yang ditandai 2 (dua) kotak garis luar warna hijau.

Untuk memutuskan ke-3 (tiga) kabupaten ini mempunyai rawan rendah, maka faktor ke-2 (dua) yang akan digunakan sebagai kriteria adalah letak sesar.

Berdasarkan letak sesar terhadap ke-3 (tiga) kabupaten yang mempunyai intensitas kerusakan minimal III MMI ini, ternyata dibawah permukaan masing-masing kabupaten ini dilintasi oleh sesar. Untuk melihat lebih detail lokasi letak sesar dan kabupaten yang mempunyai intensitas kerusakan minimal ini ditunjukkan pada gambar 7.



Gambar 7. Fokus Letak Sesar terhadap Kabupaten/Kota yang mempunyai Intensitas Kerusakan Minimal Di Sulawesi Tengah Akibat Gempabumi 28 September 2018

Dari Gambar 7, dengan jelas terlihat, berdasarkan letak sesar Kabupaten Banggai terletak dilintasi Sesar Batui, Kabupaten Banggai Kepulauan dilintasi Sesar Peleng dan Kabupaten Morowali dekat dengan Sesar Weluki, Sesar Loa, Sesar Matano, Sesar Soroako dan Sesar Geressa. Sehingga sesar yang melintasi 3 (tiga) kabupaten tersebut juga perlu diwaspadai, karena ketika sesar-sesar tersebut aktif, dapat berpotensi menimbulkan gempabumi.

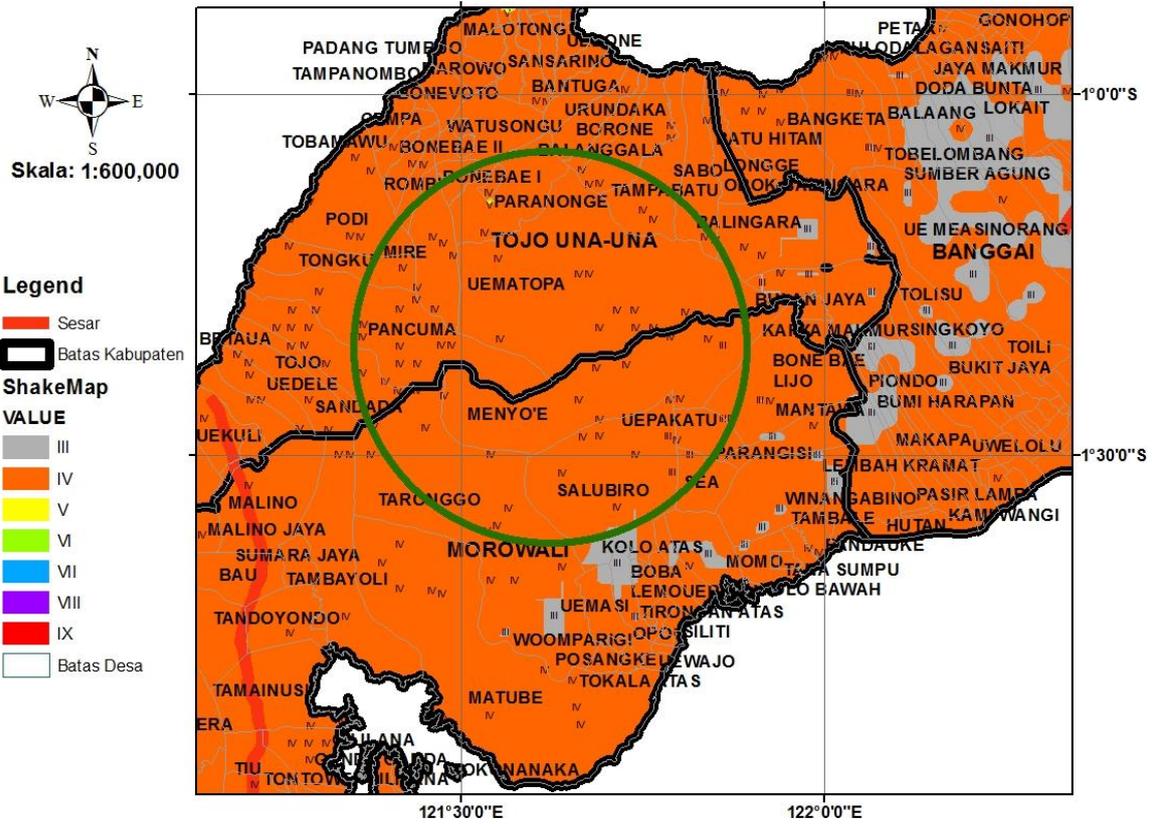
Maka berdasarkan 2 kriteria yaitu intensitas kerusakan minimal dan letak sesar, 3 (tiga) kabupaten tadi tidak memenuhi syarat untuk dijadikan lokasi rawan rendah, dan sebagai alternatif solusi, maka lokasi rawan rendah bergeser pada perbatasan antara Kabupaten Tojo Una-una dan Kabupaten Morowali Utara yang ditunjukkan dengan lingkaran bergaris luar warna hijau pada Gambar 7, Lokasi perbatasan ini dapat

dikategorikan cukup memenuhi syarat berdasarkan 2 kriteria yaitu intensitas kerusakan IV MMI yang masuk kategori "Potential Damage = None" dan menjauhi sesar-sesar yang berpotensi menimbulkan gempabumi.

Dalam level desa lokasi yang termasuk lingkaran berwarna hijau ditunjukkan pada Gambar 8. Pada Gambar 8, desa-desa yang masuk kategori lokasi rawan rendah berada pada radius didalam lingkaran berwarna hijau. Meskipun desa-desa tersebut terlihat mempunyai nilai intensitas kerusakan IV MMI, tetapi masuk kategori "Potential Damage = None". Desa-desa tersebut juga cukup jauh dari letak sesar yang berwarna merah.

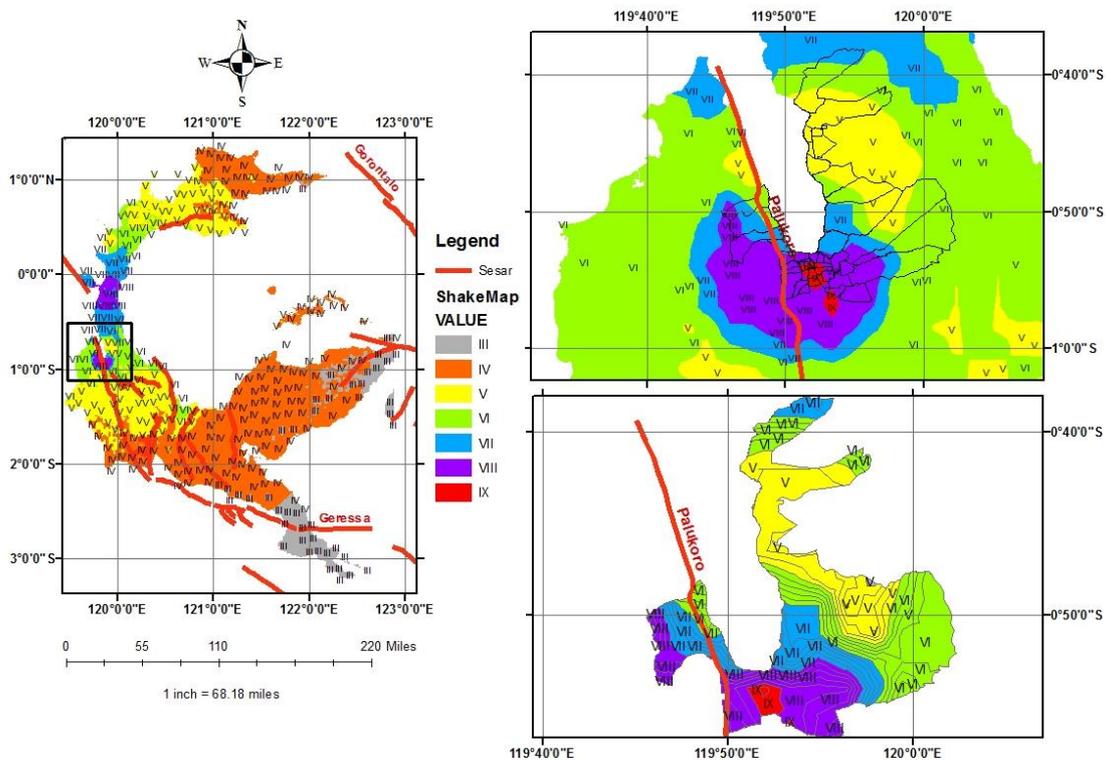
Desa yang mempunyai risiko paling terkecil terkena dampak bencana gempa dan tsunami adalah desa yang sejauh mungkin menjauhi pantai. Dalam lingkaran berwarna hijau tersebut, maka contoh desa yang dikategorikan paling rawan rendah adalah

Desa Uematopa di Kabupaten Tojo Una-Una dan Desa Menyoe di Kabupaten Morowali Utara.



Gambar 8. Lokasi detail level desa yang merupakan kategori lokasi rawan rendah dari bencana gempa bumi

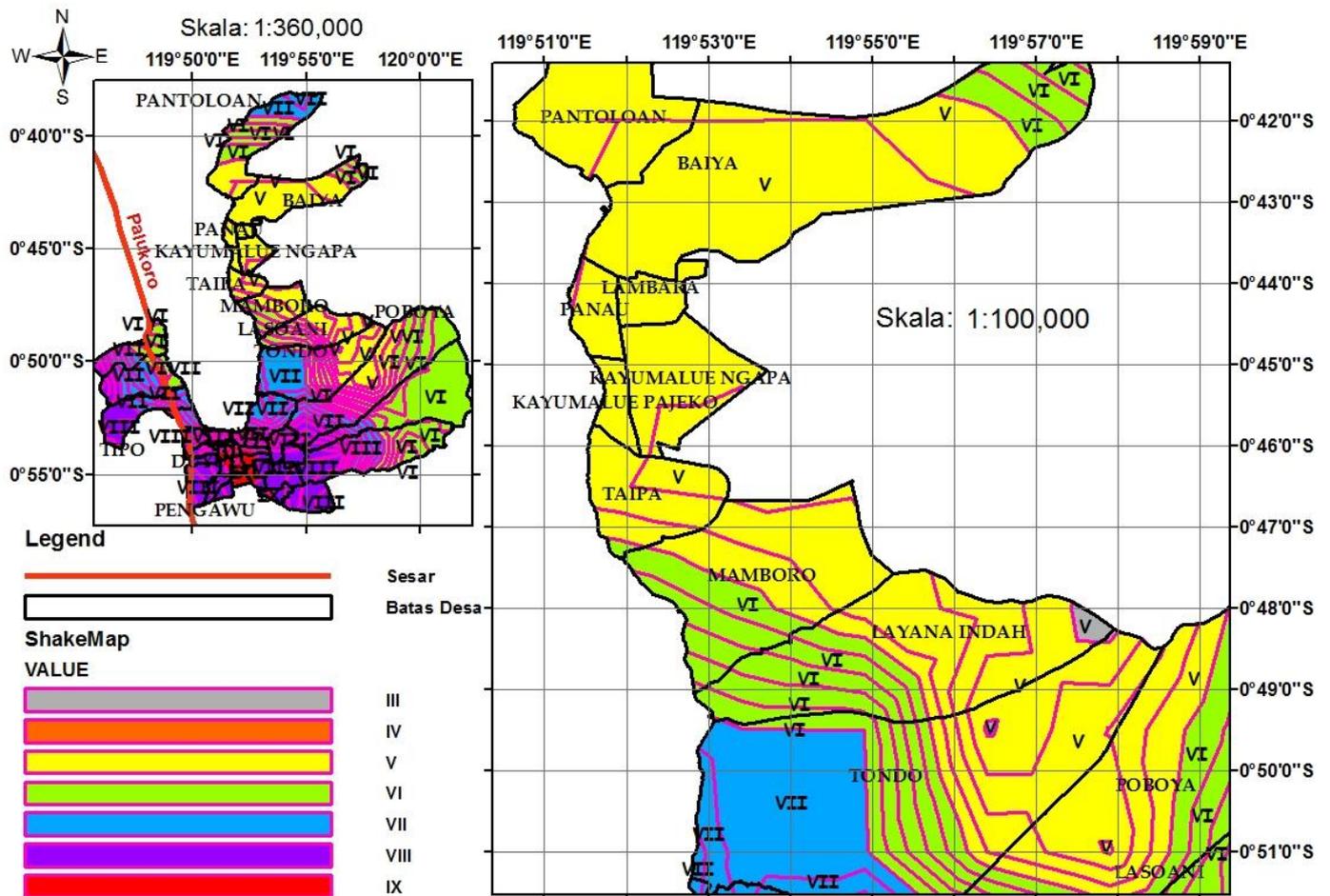
### 3.1. ShakeMap Kota Palu



Gambar 9. Hasil Plotting dan Analisis Spatial data ShakeMap dan Sesar di Propinsi di Kota Palu

Pada Gambar 9, ditunjukkan bahwa intensitas kerusakan di kota Palu mempunyai nilai skala V – IX MMI, karena tidak ada lokasi yang mempunyai intensitas kerusakan dibawah V MMI, maka lokasi dengan intensitas V MMI yang minimal dipilih sebagai lokasi rawan rendah, dengan intensitas V MMI maka lokasi ini dikategorikan “Potential Damage = Very Light” satu tingkat

dibawah “Strong”. Lokasi ini dapat dikategorikan Rawan Rendah, karena cukup jauh dari letak sesar Palu Koro, sehingga dampak di lokasi ini tidak separah lokasi yang dekat dengan Sesar dan Teluk Palu. Untuk menentukan nama desa yang masuk kategori ini ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 10. Desa-desanya yang menunjukkan nilai intensitas kerusakan minimal di Kota Palu

Pada gambar 10, desa-desa yang mempunyai nilai intensitas kerusakan minimal V MMI terletak di sebagian Desa Pantoloan, Desa Baiya, Desa Lambara, Desa Panau, Desa Kayumalu Ngapa, Desa KayuMalue Pajeko, Desa Taipa, Desa Mamboro, Desa Layana Indah, dan, Desa Poboya.

#### 4. Kesimpulan

Propinsi Sulawesi Tengah dan Kota Palu pada khususnya yang merupakan ibukota dengan penduduk yang padat dan terus bertambah, merupakan lokasi yang mempunyai sumber potensi bencana gempabumi dan tsunami, dengan kejadian gempabumi dan tsunami 28 September 2018, maka langkah mitigasi menjadi sangat penting agar kejadian yang menimbulkan kerusakan dan korban jiwa tidak terulang. Perlunya detail tata ruang di Kota Palu sangat penting dilakukan, dengan menggunakan data-data yang diperoleh dari kejadian gempabumi yang terjadi. Daerah-daerah yang rawan sebaiknya dihindari untuk dijadikan pemukiman, dan alternative jika memang akan kembali dijadikan pemukiman maka harus diperhitungkan bangunan-bangunan tahan gempa dan terhindar dari potensi Tsunami.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada Artadi Pria Sakti, sehingga penulis dapat mengolah data ShakeMap, terima kasih kepada BMKG, Puslitbang BMKG dan Litbang Geofisika atas support data yang dapat diolah oleh penulis.

#### 6. Referensi

- Database Gempabumi BMKG ([repogempa.bmkg.go.id](http://repogempa.bmkg.go.id), diakses 18 Oktober 2018), BMKG
- Pria Sakti, Artadi dkk, (2018), Laporan data intensitas ShakeMap Gempabumi dan Tsunami Propinsi Sulawesi Tengah, Kedeputusan Bidang Geofisika, BMKG.
- Pusat Studi Gempa Nasional, (2017), Peta Sumber dan Bahaya Gempabumi Indonesia Tahun 2017, Puslitbang PUPR
- Gempa Tsunami Palu-Donggala: 2.113 korban meninggal, sumber: [nasional.tempo.co/read/1138400](http://nasional.tempo.co/read/1138400), diakses 22 oktober 2018.
- Sidiq, M. Interpolasi, ([http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/17METODE\\_NUMERIK.pdf](http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/17METODE_NUMERIK.pdf)), diakses oktober 2018

**Prosiding CGISE****Kaitan Penurunan Muka Tanah Dari Citra Sentinel 1A dan Muka Air Tanah Di Kota Semarang Tahun 2016-2017**Yoanna Anita Christy<sup>1</sup>, Abdul Basith<sup>2</sup><sup>1</sup> Alumni Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia<sup>2</sup> Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM, Indonesia**ARTICLE INFO***Article History:*

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

*Keywords:* penurunan muka tanah, Kota Semarang, Sentinel-1a, DinSAR, penurunan muka air tanah*Corresponding Author:*

Yoanna Anita Christy

Email: yoannanita21@gmail.com

**ABSTRACT**

Penelitian ini mengkaji penurunan muka tanah yang diamati menggunakan teknologi radar citra Sentinel-1a di wilayah Semarang dan kaitannya dengan penurunan muka air tanah dari data sumur. Pengolahan citra dilakukan menggunakan metode DinSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar) dan perangkat lunak SNAP (Sentinel Application Platform). Hasil penurunan muka tanah dibandingkan terhadap nilai penurunan muka tanah penelitian DinSAR sebelumnya dan nilai penurunan muka tanah hasil pengamatan GPS. Nilai penurunan muka tanah kemudian dicari kaitannya dengan penurunan muka air tanah. Hasil pertama dari penelitian ini adalah penurunan muka tanah pada tahun 2016-2017 terjadi pada 93,75% wilayah Kota Semarang, dengan besar penurunan hasil pengamatan DinSAR sebesar  $-0,0298 \pm 0,0404$  m dan laju penurunannya sebesar  $-0,0324$  m/tahun. Hasil kedua menyatakan hasil pengolahan DinSAR tahun 2016-2017 menyatakan enam titik di wilayah utara Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah sesuai hasil pengolahan GPS dan nilai penurunan muka tanah secara keseluruhan konsisten pada nilai penurunan muka tanah penelitian DinSAR sebelumnya. Adapun hasil ketiga adalah penentuan kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah tidak dapat ditentukan karena kurangnya data sumur pantau. Hasil perbandingan keduanya adalah ketiga titik sumur pantau ANJASMORO, SMKN10, dan KWS\_CANDI mengalami penurunan muka air tanah dan penurunan muka tanah. Sedangkan titik WJ\_KUSUMA mengalami kenaikan muka air tanah dan penurunan muka tanah.

**1. Pendahuluan**

Semarang adalah daerah perkotaan dan industri yang terletak di utara Pulau Jawa, Indonesia. Keberadaan air bersih di Kota Semarang merupakan hal yang sangat penting. Guna memenuhi kebutuhan akan air bersih, masyarakat Kota Semarang memanfaatkan air tanah. Pemanfaatan air tanah di Kota Semarang dilakukan karena masyarakat tidak dapat memanfaatkan sumber air langsung seperti air permukaan dan air hujan yang sudah tercemar akibat aktivitas manusia itu sendiri (Putranto dan Kusuma, 2009). Pemanfaatan air tanah di Kota Semarang dilakukan secara berlebihan sehingga menyebabkan penurunan muka tanah.

Pengambilan air tanah yang berlebihan mempengaruhi muka air tanah yang menyebabkan penurunan muka tanah. Penurunan muka tanah di Kota Semarang memiliki laju yang bervariasi dan cukup tinggi. Nilai laju penurunan tanah yang diamat menggunakan GPS pada tahun 2013-2016 di kota Semarang memiliki rentang 2,07-17,04 cm/tahun (Prasetya dkk., 2017). Penelitian yang dilakukan oleh Yuwono (2013) menyatakan bahwa penurunan muka tanah dan muka air tanah memiliki besaran korelasi 0,628 - 0,926 yang diamati menggunakan berbagai metode.

Pemantauan penurunan muka tanah suatu wilayah dapat diamat dengan beberapa metode geodesi seperti survei sipat datar

(leveling), survei GPS (Global Positioning System) dan yang saat ini sedang dikembangkan yakni teknologi LiDAR (Light Detection and Ranging) dan teknologi radar (Radio Detection and Ranging). Salah satu teknologi radar yang digunakan dalam pemantauan penurunan muka tanah adalah DInSAR (Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar). DInSAR adalah teknologi geodesi yang dikembangkan dengan baik selama beberapa dekade terakhir untuk pengamatan deformasi permukaan pada level sentimeter (Saputro dkk., 2011). Muka air tanah sendiri diamati dengan sumur-sumur pantau yang tersebar di beberapa wilayah Kota Semarang.

Penelitian ini mengamati penurunan muka tanah menggunakan citra Sentinel-1a menggunakan metode DinSAR. Pengolahan menggunakan citra Sentinel metode DinSAR memiliki keuntungan yaitu biaya yang relatif rendah dan penggunaan perangkat lunak SNAP (Sentinel Application Platform) yang berbasis open source. Penelitian serupa telah dilakukan oleh Islam dkk. (2017) yang mengamati penurunan muka tanah kota Semarang tahun 2015-2016 menggunakan citra Sentinel-1a metode DinSAR diperoleh nilai laju rata-rata  $4,37 \pm 4$  cm/tahun. Penelitian tersebut tidak mengkaitkan penurunan muka tanah dan muka air tanah. Penelitian ini bermaksud untuk melanjutkan penelitian Islam dkk. (2017) dalam pengamatan muka tanah menggunakan citra Sentinel-1a metode DinSAR dan menentukan kaitan penurunan muka tanah hasil metode DinSAR dengan muka air tanah.

## 2. Data dan Metodologi

Data dan metodologi yang digunakan dalam penelitian dijelaskan sebagai berikut :

### 2.1. Data dan Lokasi

Berisi rincian mengenai bahan utama dan pendukung yang digunakan dalam penelitian, serta lokasi penelitian.

1. Data citra Sentinel-1a SLC tanggal 19 Juli 2016, 16 Maret 2017, dan 20 Juni 2017.
2. SRTM 1 arc.
3. Administrasi Kota Semarang
4. Data penurunan muka tanah pada enam buah titik hasil pengamatan GPS oleh Kasfari, dkk. (2018).
5. Data empat buah sumur pantau tahun 2016-2017 (WJ\_KUSUMA, ANJASMORO, SMKN10, KWS\_CANDI).

### 2.2. Metodologi

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahapan, diantaranya persiapan perangkat keras, perangkat lunak dan data, pengolahan data citra, visualisasi hasil akhir, perbandingan terhadap nilai penurunan GPS, perhitungan rata-rata penurunan muka air tanah, penentuan kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah.

Pelaksanaan dimulai dengan pengumpulan data dan pemilihan data citra radar. Tahap pengolahan citra radar terdiri atas pengolahan untuk masing-masing citra dan pengolahan pasangan citra. Pengolahan untuk masing-masing citra meliputi pemilihan area penelitian pada citra (*TOPSAR Split*) dan koreksi orbit citra (*Apply Orbit File*). Pengolahan pasangan citra meliputi pembentukan interferogram sampai pengolahan multitemporal.

Hasil pengolahan multitemporal selanjutnya dilakukan proses visualisasi. Visualisasi penurunan muka tanah dibuat dalam bentuk peta penurunan muka tanah. Tujuan dari visualisasi ini adalah mempermudah dalam membaca hasil pengolahan data.

Nilai penurunan muka tanah selanjutnya dibandingkan terhadap hasil pengolahan GPS oleh Kasfari dkk. (2018). Sebanyak enam buah titik GPS masing-masing memiliki nilai penurunan

muka tanah dan standar deviasinya. Keenam buah titik tersebut kemudian dilakukan plotting pada hasil pengolahan multitemporal sehingga didapatkan nilai penurunan muka tanah metode DinSAR. Setelah diperoleh nilai penurunan muka tanah metode DinSAR pada titik-titik GPS selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap nilai penurunan tanah metode GPS. Perbandingan dilakukan menggunakan hitungan statistika yaitu distribusi normal menggunakan interval konfidensi 95%.

Kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah tidak dapat ditentukan karena kurangnya data sumur pantau. Kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah hanya divisualisasikan menggunakan grafik. Posisi empat buah titik pantau dilakukan plotting terhadap hasil pengolahan multitemporal sehingga diperoleh nilai penurunan muka tanah pada titik-titik sumur pantau. Setelah itu dibuat grafik penurunan muka tanah dan muka air tanah. Pelaksanaan dimulai dengan pengumpulan data dan pemilihan data citra radar. Tahap pengolahan citra radar terdiri atas pengolahan untuk masing-masing citra dan pengolahan pasangan citra. Pengolahan untuk masing-masing citra meliputi pemilihan area penelitian pada citra (*TOPSAR Split*) dan koreksi orbit citra (*Apply Orbit File*). Pengolahan pasangan citra meliputi pembentukan interferogram sampai pengolahan multitemporal.

Hasil pengolahan multitemporal selanjutnya dilakukan proses visualisasi. Visualisasi penurunan muka tanah dibuat dalam bentuk peta penurunan muka tanah. Tujuan dari visualisasi ini adalah mempermudah dalam membaca hasil pengolahan data.

Nilai penurunan muka tanah selanjutnya dibandingkan terhadap hasil pengolahan GPS oleh Kasfari dkk. (2018). Sebanyak enam buah titik GPS masing-masing memiliki nilai penurunan muka tanah dan standar deviasinya. Keenam buah titik tersebut kemudian dilakukan plotting pada hasil pengolahan multitemporal sehingga didapatkan nilai penurunan muka tanah metode DinSAR. Setelah diperoleh nilai penurunan muka tanah metode DinSAR pada titik-titik GPS selanjutnya dilakukan perbandingan terhadap nilai penurunan tanah metode GPS. Perbandingan dilakukan menggunakan hitungan statistika yaitu distribusi normal menggunakan interval konfidensi 95%.

Kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah tidak dapat ditentukan karena kurangnya data sumur pantau. Kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah hanya divisualisasikan menggunakan grafik. Posisi empat buah titik pantau dilakukan plotting terhadap hasil pengolahan multitemporal sehingga diperoleh nilai penurunan muka tanah pada titik-titik sumur pantau. Setelah itu dibuat grafik penurunan muka tanah dan muka air tanah.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Bagian ini akan disajikan hasil dan pembahasan. Hasil yang disajikan terdapat tiga bagian, yaitu hasil pengolahan multitemporal dan laju penurunan muka tanah, perbandingan penurunan muka tanah DinSAR terhadap hasil pengolahan GPS dan penelitian sebelumnya, kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah

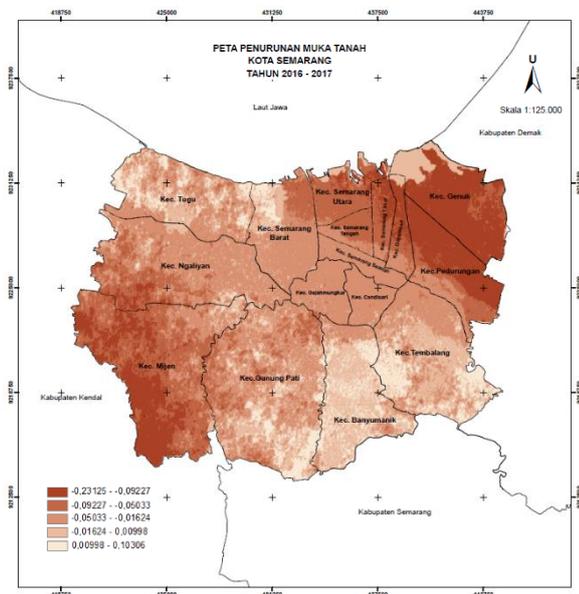
### 3.1. Hasil Pengolahan Multitemporal dan Laju Penurunan Muka Tanah

Hasil pengolahan DinSAR pasangan citra pertama (19 Juli 2016 dan 16 Maret 2017) dan kedua (16 Maret 2017 dan 20 Juni 2017) ditambahkan untuk nilai *displacement* secara multitemporal. Menurut hasil statistika pengolahan secara multitemporal pada Tabel III.1 diperoleh nilai penurunan tanah kota Semarang sebesar  $-0,0298 \pm 0.0404$  m, dengan nilai penurunan tanah terbesar di Kecamatan Genuk sebesar  $-0,0482$

m. Anomali uplift masih terjadi di Kecamatan Banyumanik sebesar 0,0012 m. Menurut hasil pengolahan multitemporal ini dapat disimpulkan bahwa 93,75% wilayah Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah. Hasil visualisasi penurunan muka tanah pengolahan multitemporal dapat dilihat pada Gambar III.1.

Tabel III.1. Statistika hasil pengolahan multitemporal

Nama Kecamatan	Rata-rata (m)	Standar Deviasi (m)
Mijen	-0,0403	0,0466
Gunung Pati	-0,0155	0,0239
Semarang Selatan	-0,0113	0,0159
Banyumanik	0,0012	0,0115
Gajahmungkur	-0,0181	0,0152
Genuk	-0,0482	0,0565
Pedurungan	-0,0376	0,0493
Gayamsari	-0,0400	0,0442
Semarang Timur	-0,0600	0,0414
Candisari	-0,0159	0,0154
Tembalang	-0,0045	0,0162
Semarang Utara	-0,0324	0,0394
Semarang Tengah	-0,0299	0,0298
Semarang Barat	-0,0159	0,0230
Tugu	-0,0068	0,0175
Ngaliyan	-0,0230	0,0270



Gambar 1. Visualisasi hasil pengolahan multitemporal

Selang akuisisi citra pada tanggal 19 Juli 2016 sampai dengan 20 Juni 2017 adalah 336 hari. Laju penurunan tanah selama 1 tahun atau 365 hari dihitung menggunakan hitungan matematika

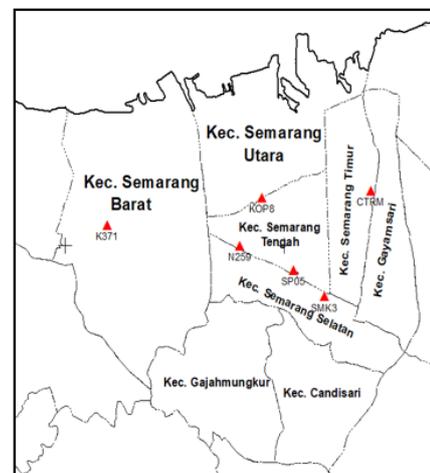
persamaan berbanding lurus. Nilai laju penurunan muka tanah hasil pengolahan DinSAR adalah -0,0324 m/tahun.

### 3.2. Perbandingan Penurunan Muka Tanah DinSAR terhadap Hasil Pengolahan GPS dan Penelitian Sebelumnya

Hasil pengolahan DinSAR kemudian dibandingkan dengan hasil pengolahan GPS yang telah dilakukan oleh Kasfari dkk. (2018). Enam buah titik GPS diamat untuk mendapatkan nilai penurunan muka tanah pada tahun 2016-2017 di Kota Semarang. Keenam buah titik tersebut diikatkan pada titik acuan yang dianggap tidak mengalami deformasi. Keenam buah titik tersebut hanya tersebar di wilayah utara Kota Semarang seperti Gambar III.2. Hasil pengolahan titik GPS selanjutnya diplot pada hasil pengolahan DinSAR. Adapun nilai penurunan keduanya dituliskan pada Tabel III.2.

Tabel III.2. Perbandingan nilai penurunan titik-titik GPS dan RADAR

Titik	Nilai deformasi GPS (m)	Standar Deviasi GPS (m)	Nilai deformasi radar (m)	Selisih deformasi GPS dan radar (m)
N259	-0,0910	0,00480	-0,0380	0,0530
SMK3	-0,0154	0,00498	-0,0320	-0,0166
SP05	-0,0882	0,00496	-0,0330	0,0552
CTRM	-0,1301	0,00483	-0,1180	0,0121
K371	-0,1337	0,00500	-0,0150	0,1187
KOP8	-0,3243	0,00498	-0,0640	0,2603



Gambar III.2. Keenam buah titik GPS di wilayah utara Kota Semarang

Titik GPS digunakan sebagai acuan karena adanya nilai standar deviasi. Penentuan interval konfidensi pada tingkat 95% dilakukan menggunakan tabel t. Hasil perhitungan ditunjukkan pada Tabel III.3.

Tabel III.3. Hasil perhitungan interval konfidensi titik-titik GPS

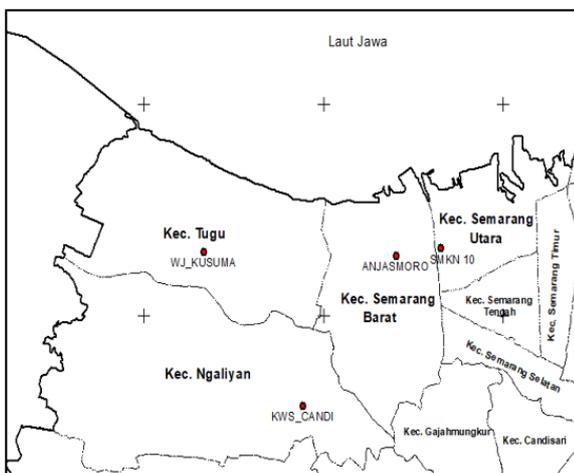
Titik	Batas Bawah (m)	Batas Atas (m)
N259	-0.0970	-0.0850
SMK3	-0.0210	-0.0100
SP05	-0.0940	-0.0820
CTRM	-0.1360	-0.1250
K371	-0.1390	-0.1280
KOP8	-0.3300	-0.3190

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa semua hasil pengukuran radar tidak masuk ke dalam interval konfidensi GPS namun kedua hasil pengamatan tersebut menyatakan bahwa keenam titik mengalami penurunan. Nilai rata-rata selisih antar keduanya yaitu 0,0805 m.

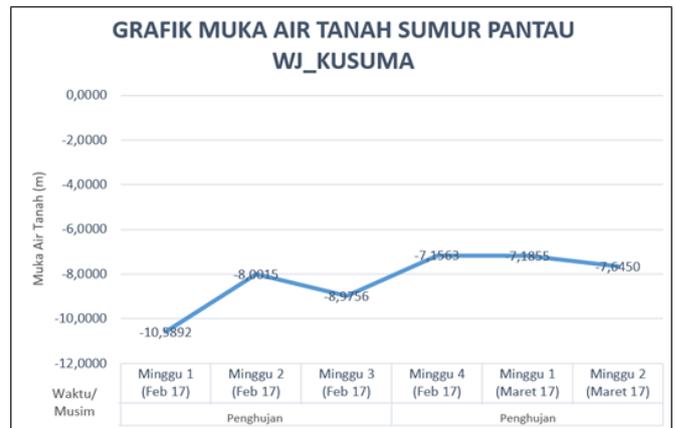
Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Islam dkk. (2017), penurunan muka tanah Kota Semarang tahun 2015-2016 rata-rata mengalami penurunan muka tanah sebesar  $-0,0437 \pm 0,0400$  m/tahun. Dari data tersebut diperoleh nilai batas bawah  $-0,0037$  m dan batas atas  $-0,0837$  m. Dalam penelitian ini diperoleh penurunan muka tanah rata-rata Kota Semarang tahun 2016-2017 adalah  $-0,0324$  m/tahun artinya nilai tersebut berkisar seperti nilai penurunan muka tanah sebelumnya. Penelitian sebelumnya juga menyatakan bahwa penurunan muka tanah terbesar yaitu Kecamatan Genuk begitu halnya penelitian ini. Nilai penurunan  $-0,1035$  m pada tahun 2015-2016 dan  $-0,0482$  m pada tahun 2016-2017. Lain halnya dengan penurunan muka tanah terendah yang sama-sama terjadi di Kecamatan Banyumanik. Nilai penurunan muka tanah Kecamatan Banyumanik pada penelitian sebelumnya  $-0,0007$  m sedangkan pada penelitian ini terindikasi uplift sebesar  $0,0012$  m. Anomali uplift pada penelitian ini tidak dilakukan pengecekan ke lapangan. Anomali ini disebabkan berbagai kesalahan yang mungkin terjadi pada saat pengolahan citra seperti pengaruh atmosfer dan dekorelasi.

### 3.2. Kaitan Penurunan Muka Tanah dan Muka Air Tanah

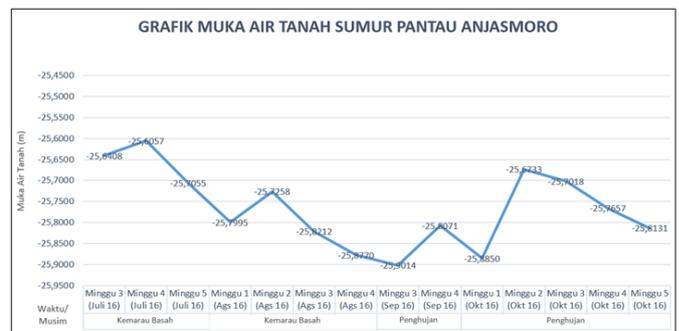
Data sumur pantau yang digunakan adalah empat sumur pantau, namun dikarenakan keterbatasan alat (alat mati) maka hanya diperoleh beberapa bulan saja pada tahun 2016-2017. Keempat sumur pantau tersebut adalah WJ\_KUSUMA, ANJASMORO, SMKN10, dan KWS\_CANDI diilustrasikan pada Gambar III.3. Adapun grafik muka air tanah keempat sumur pantau disajikan pada Gambar III.4 s.d. Gambar III.7.



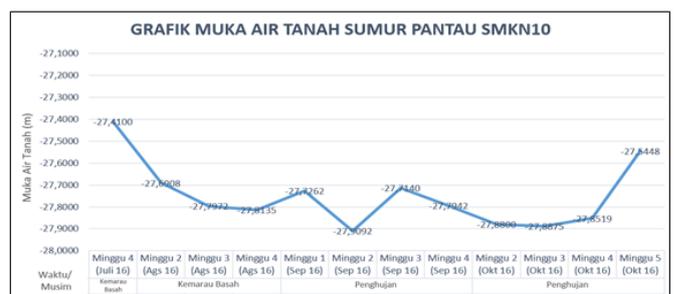
Gambar III.3. Lokasi keempat sumur pantau



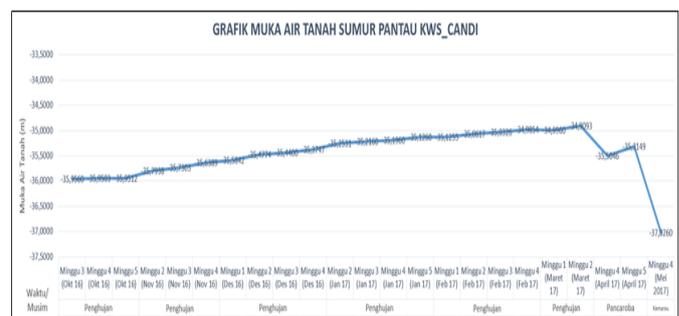
Gambar III.4. Grafik muka air tanah sumur pantau WJ\_KUSUMA



Gambar III.5. Grafik muka air tanah sumur pantau ANJASMORO



Gambar III.6. Grafik muka air tanah sumur pantau SMKN10

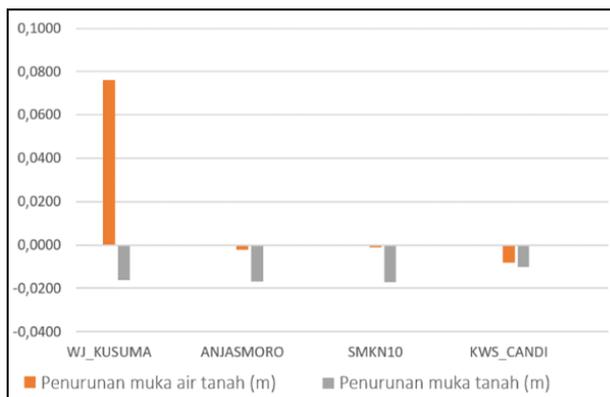


Gambar III.7. Grafik muka air tanah sumur pantau KWS\_CANDI

Berdasarkan Gambar III.4. sampai dengan III.7. trend utama dari muka air tanah sumur pantau WJ\_KUSUMA naik, sedangkan ketiga titik lainnya ANJASMORO, SMKN10, dan KWS\_CANDI turun. Muka air tanah yang naik turun dapat disebabkan karena pengaruh musim. Pada sumur pantau WJ\_KUSUMA muka air tanah cenderung naik karena sedang terjadi musim penghujan. Pada sumur pantau ANJASMORO dan SMKN10 muka air tanah naik turun karena pengaruh musim kemarau basah dan penghujan. Sedangkan sumur pantau KWS\_CANDI muka air tanah mengalami kenaikan saat musim penghujan dan penurunan saat musim kemarau.

Nilai penurunan muka tanah kemudian dilihat per titik dan dihitung sesuai selang perekaman data sumur pantau. Perhitungan nilai penurunan tanah menggunakan pasangan citra pertama atau pasangan citra kedua mengikuti selang waktu terdekat dari waktu data sumur pantau. Nilai penurunan muka air tanah dan muka tanah titik-titik sumur pantau disajikan pada Tabel III.4.

Perhitungan korelasi antara penurunan muka tanah dan muka air tanah tidak dapat dilakukan karena kurangnya data sumur pantau sehingga nilai standar deviasi penurunan muka air tanah tidak dapat dicari apabila menyesuaikan hasil pengolahan DinSAR. Oleh karena itu, dibuat visualisasi antara penurunan muka tanah dan muka air tanah yang ditunjukkan Gambar III.8.



#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diperoleh, maka kesimpulan pada penelitian ini adalah :

1. Penurunan muka tanah pada tahun 2016-2017 terjadi pada 93,75% wilayah Kota Semarang dengan besar penurunan hasil pengamatan DinSAR sebesar  $-0,0298 \pm 0,0404$  m dan laju penurunannya sebesar 0,0324 m/tahun.
2. Hasil pengolahan DinSAR tahun 2016-2017 menyatakan enam titik di wilayah utara Kota Semarang mengalami penurunan muka tanah sesuai hasil pengolahan GPS dan nilai penurunan muka tanah secara keseluruhan konsisten pada nilai penurunan muka tanah penelitian DinSAR sebelumnya.
3. Penentuan kaitan penurunan muka tanah dan muka air tanah tidak dapat ditentukan karena kurangnya data sumur pantau. Hasil perbandingan keduanya adalah ketiga titik sumur pantau ANJASMORO, SMKN10, dan KWS\_CANDI mengalami penurunan

muka air tanah dan penurunan muka tanah, sedangkan titik WJ\_KUSUMA mengalami kenaikan muka air tanah dan penurunan muka tanah.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada BIG, Dinas energi dan Sumber Daya Mineral Provinsi Jawa Tengah, USGS, dan Alaska Satellite Facility yang telah memberikan bantuan data untuk penelitian ini.

#### 6. Referensi

- Hsieh, C. S., Shih, T.Y., Hu, J. C., Tung, Hsin, Huang, M.H., dan Angelier, J. 2011. Using differential SAR interferometry to map land subsidence: a case study in the Pingtung Plain of SW Taiwan. Springer.
- Islam, L. J. F., Prasetyo, Y., dan Sudarsono, B. 2017. Analisis Penurunan Muka Tanah (Land Subsidence) Kota Semarang Menggunakan Citra Sentinel-1 Berdasarkan Metode DInSAR Pada Perangkat Lunak SNAP. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kasfari, R., Yuwono, B. D., dan Awaluddin, M. 2018. PENGAMATAN PENURUNAN MUKA TANAH KOTA SEMARANG TAHUN 2017. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Kodoatie, R. J. dan Sjarief, R. 2010. Tata Ruang Air. Yogyakarta: ANDI.
- Kuang, 1996. Geodetic Network Analysis and Optimal Design. Chelsea: Ann Arbor Press.
- Lillesand, T. M. dan Kiefer, R. W. 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Prasetya, A. B., Yuwono, B. D., dan Awaluddin, M. 2017. Pemantauan Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Tahun 2016 Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.6. Jurnal Geodesi Undip, 6(2), 21 - 28. <https://media.neliti.com/media/publications/85157-ID-pemantauan-penurunan-muka-tanah-kota-sem.pdf> (Diunduh tanggal 20 Februari 2018).
- Putranto, T. T., dan Kusuma, K. I. 2009. Permasalahan Airtanah Pada Daerah Urban. Teknik, 30(1), 48 - 56. <http://www.ejournal.undip.ac.id/index.php/teknik/article/view/1824>. (Diunduh tanggal 20 Februari 2018).
- Saputro, E. A., Kahar, S., dan Sasmito, B. 2011. Deteksi Penurunan Muka Tanah Kota Semarang Dengan Teknik Differential Interferometric Synthetic Aperture Radar ( Dinsar ) Menggunakan Software Roi \_ Pac Berbasis Open Source (Diunduh tanggal 20 Februari 2018).
- Sarsito, D. A., Susilo, Andreas, H., Pradipta, Irwan, G. 2012. Regional Phenomena of Vertical Deformation in Southern Part of Indonesia. IOP Conference Series.
- Sophian, R. I. 2010. Penurunan Muka Tanah di Kota-kota Besar Pesisir Pantai Utara Jawa (Studi Kasus: Kota Semarang). Bulletin of Scientific Contribution, 8(1), 41-60.
- Yuwono, B. D. 2013. Korelasi Penurunan Muka Tanah dengan Penurunan Muka Air Tanah di Kota Semarang. Semarang: Universitas Diponegoro.

## Prosiding CGISE

# Analisis Tingkat Kerawanan Kemiskinan di Kota Banda Aceh dengan Metode Analytical Hierachy Process (AHP)

Freddy Sapta Wirandha<sup>1</sup>, Purnama Budi Santosa<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Magister Teknik Geomatika UGM, Departemen Teknik Geodesi FT-UGM

<sup>2</sup>Staf Pengajar Departemen Teknik Geodesi FT-UGM

### ARTICLE INFO

#### Article History:

Received Day Month Year

Received in revised form Day Month Year

Accepted Day Month Year

Available online Day Month Year

**Keywords:** Kemiskinan, Analytical Hierarchy Process (AHP), Kota Banda Aceh, Tingkat Kerawanan Kemiskinan

#### Corresponding Author:

Author's name Freddy Sapta Wirandha

Email: freddysaptawirandha@gmail.com

### ABSTRACT

Kemiskinan merupakan fenomena sosial yang menuntut perhatian serius dari semua pihak, baik pemerintah maupun masyarakat. Pengertian Kemiskinan adalah keadaan dimana terjadi ketidak mampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar seperti makanan, pakaian, tempat berlindung, pendidikan, dan kesehatan. Analytical Hierachy Process (AHP) adalah salah satu metode atau model pendukung pengambilan keputusan yang akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki, hirarki adalah suatu representasi dari sebuah permasalahan. Proses AHP dimulai dengan menentukan permasalahan, kemudian menentukan kriteria dan alternatif pilihan. Selanjutnya membuat matriks perbandingan berpasangan dan menentukan bobot akhir sehingga didapatkan hasil dari proses AHP. Kemiskinan merupakan masalah yang kompleks dan multidimensi sehingga metode AHP sangat cocok digunakan untuk melakukan analisis tingkat kerawanan kemiskinan karena kelebihan dari metode AHP adalah mampu memecahkan masalah yang kompleks menjadi hirarki-hirarki yang sederhana hingga menghasilkan solusi atau alternatif penyelesaiannya. Dalam penelitian ini akan mengaplikasikan metode AHP untuk menganalisis tingkat kerawanan kemiskinan dengan karakteristik kemiskinan di Kota Banda Aceh dengan menggunakan empat belas kriteria kemiskinan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Kota Banda Aceh. Kemudian dari hasil proses AHP akan menghasilkan tiga kelas tingkat kerawanan kemiskinan yaitu fakir miskin, miskin, dan rentan miskin. Hasil kriteria kemiskinan atau tingkat kerawanan kemiskinan dimasukkan menjadi atribut pada data spasial rumah penduduk Kota Banda Aceh, sehingga pada ArcGIS bisa dilakukan klasifikasi sesuai dengan tingkat kerawanan kemiskinan yang telah ditentukan yaitu fakir miskin, miskin, dan rentan miskin. Hasil Proses AHP ditumpang susun dengan data administrasi Kota Banda Aceh dan data kepadatan penduduk Kota Banda Aceh sehingga diketahui nama desa dan kecamatan dengan tingkat kerawanan kemiskinan tertinggi dan terendah serta status desa atau kecamatan tersebut masuk daerah yang padat atau tidak padat penduduk. Hasil akhirnya adalah Peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan dalam bentuk digital dan dalam bentuk cetak.

## 1. Pendahuluan

Kemiskinan merupakan fenomena sosial yang menuntut perhatian serius dari semua pihak, baik pemerintah maupun masyarakat. Pengertian Kemiskinan adalah keadaan dimana terjadi ketidak mampuan untuk memenuhi kebutuhan dasar

seperti makanan, pakaian, tempat berlindung, pendidikan, dan kesehatan. Menurut Badan Pusat Statistik (2015) penduduk miskin adalah penduduk yang memiliki rata-rata pengeluaran per kapita per bulan di bawah garis kemiskinan. Garis Kemiskinan (GK) merupakan penjumlahan dari Garis Kemiskinan Makanan (GKM) dan Garis Kemiskinan Non

Makanan (GKNM). Garis Kemiskinan Makanan (GKM) merupakan nilai pengeluaran kebutuhan minimum makanan yang disetarakan dengan 2100 kilokalori perkapita perhari. Kemiskinan dapat disebabkan oleh kelangkaan perangkat pemenuhan kebutuhan dasar, ataupun sulitnya akses pada pendidikan dan pekerjaan. kemiskinan merupakan masalah multidimensi yang mendesak dan memerlukan langkah-langkah penanganan dan pendekatan yang sistemik, terpadu dan menyeluruh, hal ini sesuai dengan Peraturan Presiden Nomor 166 Tahun 2014 tentang Percepatan Penanggulangan Kemiskinan.

Menindaklanjuti Keputusan Presiden tersebut Pemko Banda Aceh telah menetapkan beberapa indikator kemiskinan yang merupakan perpaduan antara indikator nasional dengan indikator lokal. Isu kemiskinan juga masuk dalam Rencana Pembangunan Jangka Menengah (RPJM) Kota Banda Aceh yaitu mengenai penanggulangan kemiskinan. Dalam penanggulangan kemiskinan Pemko Banda Aceh memiliki beberapa target dan prioritas, Prioritas tersebut adalah meningkatkan kesempatan kerja, yang berdampak pada peningkatan pendapatan masyarakat. Meningkatkan kualitas tenaga kerja dan menyusun kebijakan penguatan sektor riil. Memperkuat ekonomi kerakyatan dan membangun kerjasama dalam bidang agrikultur. Meningkatkan aksesibilitas dan kualitas pendidikan dan kesehatan. Memperbaiki program perlindungan sosial dan penegakan hukum, pemberantasan korupsi dan reformasi birokrasi.

Kebijakan dalam penanggulangan kemiskinan yang telah dilakukan oleh Pemko Banda Aceh adalah membangun aplikasi DKMG (Basis data Kemiskinan Masyarakat Gampong) dan melakukan pembaruan basis data kemiskinan. Kemudian data disajikan atau divisualisasikan dalam bentuk tabel atau grafik, belum dianalisis secara spasial. Sehingga belum diketahuinya dengan detail titik-titik rawan kemiskinan di Kota Banda Aceh. Agar program penanggulangan kemiskinan dapat optimal diberikan kepada keluarga miskin diperlukan data yang akurat dan dukungan sistem yang tepat untuk membantu menentukan dalam pengambil keputusan mengenai kemiskinan. Agar hasil dari Sistem Pengambilan Keputusan (SPK) dapat memberikan hasil yang optimal maka diperlukan visualisasi dalam bentuk spasial sehingga potensi kemiskinan dapat terdeteksi lebih dini.

Sistem pendukung pengambilan keputusan atau Decision Support System (DSS) adalah sekumpulan prosedur berbasis model untuk data pemrosesan dan penilaian guna membantu para pengambil keputusan dalam mengambil keputusan. Salah satu metode DSS adalah *Analytical Hierarchy Process* (AHP). AHP adalah salah satu metode atau model pendukung keputusan yang akan menguraikan masalah multi faktor atau multi kriteria yang kompleks menjadi suatu hirarki, hirarki adalah suatu representasi dari sebuah permasalahan (Sri Redjeki, M.Guntara and Anggoro, 2015). Proses AHP dimulai dengan menentukan permasalahan, kemudian menentukan kriteria dan alternatif pilihan. Selanjutnya membuat matriks perbandingan berpasangan dan menentukan bobot akhir sehingga didapatkan hasil dari proses AHP (Saaty, 2008).

Kemiskinan merupakan masalah yang kompleks dan multidimensi sehingga metode AHP sangat cocok digunakan untuk melakukan analisis tingkat kerawanan kemiskinan karena kelebihan dari metode AHP adalah mampu memecahkan

masalah yang kompleks menjadi hirarki-hirarki yang sederhana hingga menghasilkan solusi atau alternatif penyelesaiannya. Dalam penelitian ini akan mengaplikasikan metode AHP untuk menganalisis tingkat kerawanan kemiskinan dengan karakteristik kemiskinan di Kota Banda Aceh dengan menggunakan kriteria kemiskinan yang telah ditetapkan oleh Pemko Kota Banda Aceh. Kemudian dari hasil proses AHP akan menghasilkan tiga kelas tingkat kerawanan kemiskinan yaitu fakir miskin, miskin, dan rentan miskin.

## 2. Data dan Metodologi

Adapun data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

### 2.1. Data dan Lokasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Bappeda Kota Banda Aceh. Berikut rincian data yang digunakan :

1. Data administrasi Kota Banda Aceh (.shp) skala 1: 10.000
2. Data spasial rumah penduduk Kota Banda Aceh (.shp) skala 1: 10.000
3. Data kepadatan penduduk Kota Banda Aceh (.excel) tahun 2016
4. Data rumah tangga (.excel) tahun 2015
  - a. Pendapatan rumah tangga perbulan
  - b. Pekerjaan utama kepala keluarga
  - c. Pendidikan tertinggi kepala keluarga
5. Data pangan keluarga (.excel) tahun 2015
  - a. Sumber air minum
  - b. Konsumsi daging/susu dalam seminggu
6. Data bangunan keluarga (.excel) tahun 2015
  - a. Jenis dinding rumah
  - b. Jenis atap rumah
  - c. Jenis lantai rumah
  - d. Luas lantai rumah
  - e. Sumber penerangan rumah

### 2.2. Metodologi

#### a. Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP)

AHP pada dasarnya didesain untuk menangkap secara rasional persepsi orang yang berhubungan sangat erat dengan permasalahan tertentu melalui prosedur yang didesain untuk sampai pada suatu skala preferensi diantara berbagai alternatif. Analisis ini ditunjukkan untuk membuat suatu model permasalahan yang tidak mempunyai struktur, biasanya diterapkan untuk memecahkan masalah yang tidak terukur (kuantitatif), masalah yang memerlukan pendapat (judgement) maupun pada situasi yang kompleks atau tidak terkerangka, pada situasi dimana data, informasi statistik sangat minimum atau tidak ada sama sekali dan hanya bersifat kualitatif yang didasari oleh persepsi, pengalaman ataupun intuisi (Oksaping, Sudarsono and Nugraha, 2015).

Ada beberapa prinsip dalam menyelesaikan persoalan dengan metode AHP. menurut Priatna (2016) beberapa prinsip tersebut antara lain yaitu :

1. *Decomposition*, Pengertian *decomposition* adalah memecahkan atau membagi problema yang utuh menjadi

unsur – unsurnya ke bentuk hirarki proses pengambilan keputusan, dimana setiap unsur atau elemen saling berhubungan. Untuk mendapatkan hasil yang akurat, pemecahan dilakukan terhadap unsur-unsur sampai tidak mungkin dilakukan pemecahan lebih lanjut, sehingga didapatkan beberapa tingkatan dari persoalan yang hendak dipecahkan.

2. *Comparative Judgement*, dilakukan dengan penilaian tentang kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. Penilaian ini merupakan inti dari AHP karena akan berpengaruh terhadap urutan prioritas dari elemen – elemennya. *Judgement* ini harus dilakukan oleh para ahli atau pakar dibidangnya.
3. *Synthesis of priority*, dilakukan dengan menggunakan eigen vector method untuk mendapatkan bobot relatif bagi unsur – unsur pengambilan keputusan.
4. *Logical consistency* merupakan karakteristik penting AHP. Hal ini dicapai dengan mengagresikan seluruh eigen vector yang diperoleh dari berbagai tingkatan hirarki dan selanjutnya diperoleh suatu vektor *composite* tertimbang yang menghasilkan urutan pengambilan keputusan.

Menurut Saaty (2008) secara garis besar ada beberapa tahapan proses dalam metode AHP yaitu :

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi sesuai yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki dimulai dengan tujuan umum, kemudian ke bagian sub tujuan dan pada kriteria paling bawah merupakan kemungkinan alternatif-alternatifnya.
3. Membuat matrik perbandingan berpasangan, setiap elemen yang diatas digunakan untuk membandingkan dengan unsur-unsur elemen dibawahnya.
4. Melakukan perbandingan berpasangan pada setiap elemen sehingga didapatkan prioritas global, kemudian dilanjutkan hingga didapatkan alternatif-alternatif akhir pada tingkat hirarki paling bawah.

Tahapan-tahapan detail dari suatu proses AHP menurut Fitriyani (2012) yaitu sebagai berikut :

- a. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan. Dalam tahap ini menentukan masalah yang akan dipecahkan secara jelas, detail dan mudah dipahami. Dari masalah yang ada mencoba menentukan solusi yang mungkin cocok bagi masalah tersebut. Solusi dari masalah mungkin berjumlah lebih dari satu. Solusi tersebut nantinya dikembangkan lebih lanjut dalam tahap berikutnya.
- b. Membuat struktur hierarki yang diawali dengan tujuan utama. Setelah menyusun tujuan utama sebagai level teratas akan disusun level hirarki yang berada di bawahnya yaitu kriteria-kriteria yang cocok untuk mempertimbangkan atau menilai alternatif yang diberikan dan menentukan alternatif tersebut. Tiap kriteria mempunyai intensitas yang berbeda-beda. Hirarki dilanjutkan dengan subkriteria (jika mungkin diperlukan).
- c. Membuat matrik perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap

elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Matriks yang digunakan bersifat sederhana, memiliki kedudukan kuat untuk kerangka konsistensi, mendapatkan informasi lain yang mungkin dibutuhkan dengan semua perbandingan yang mungkin dan mampu menganalisis kepekaan prioritas secara keseluruhan untuk perubahan pertimbangan. Pendekatan dengan matriks mencerminkan aspek ganda dalam prioritas yaitu mendominasi dan didominasi. Perbandingan dilakukan berdasarkan *judgment* dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya. Untuk memulai proses perbandingan berpasangan dipilih sebuah kriteria dari level paling atas hirarki misalnya K dan kemudian dari level di bawahnya diambil elemen yang akan dibandingkan misalnya E1,E2,E3,E4,E5.

- d. Melakukan Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian seluruhnya sebanyak  $n \times [(n-1)/2]$  buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan. Hasil perbandingan dari masing-masing elemen akan berupa angka dari 1 sampai 9 yang menunjukkan perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen. Apabila suatu elemen dalam matriks dibandingkan dengan dirinya sendiri maka hasil perbandingan diberi nilai 1. Skala 9 telah terbukti dapat diterima dan bisa membedakan intensitas antar elemen. Hasil perbandingan tersebut diisikan pada sel yang bersesuaian dengan elemen yang dibandingkan. Skala perbandingan berpasangan dan maknanya yang diperkenalkan oleh Saaty (2008) bisa dilihat di tabel bawah.

Tabel 1  
Skala penilaian elemen-elemen dalam perbandingan berpasangan

Intensitas Kepentingan	Keterangan
1	Kedua elemen sama pentingnya
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya
5	Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya
7	Elemen yang satu jelas lebih penting daripada elemen yang lainnya
9	Elemen yang satu mutlak lebih penting daripada elemen yang lainnya
2,4,6,8	Nilai-nilai antara di antara dua pertimbangan yang berdekatan

- e. Menghitung nilai eigen dan menguji konsistensinya. Jika tidak konsisten maka pengambilan data diulangi.
- f. Mengulangi langkah c,d, dan e untuk seluruh tingkat hirarki.
- g. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan yang merupakan bobot setiap elemen untuk penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai mencapai tujuan.

Penghitungan dilakukan lewat cara menjumlahkan nilai setiap kolom dari matriks, membagi setiap nilai dari kolom dengan total kolom yang bersangkutan untuk memperoleh normalisasi matriks, dan menjumlahkan nilai-nilai dari setiap baris dan membaginya dengan jumlah elemen untuk mendapatkan rata-rata. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$PV_i = \frac{1}{n} \times (\sum_{i,j=0}^n \frac{IK_{ij}}{jumlah_j}) \quad (1)$$

Keterangan:

PV : *Priority Vector*  
IK<sub>ij</sub> : Nilai kriteria  
jumlah<sub>j</sub> : Jumlah pertambahan kriteria

Setelah didapatkan nilai PV pada setiap kriteria langkah berikutnya adalah mencari nilai λ<sub>max</sub> dengan rumus pada Persamaan dibawah ini :

$$\lambda_{max} = (\sum_{i,j=0}^n (PV_i \times jumlah_j)) \quad (2)$$

Keterangan:

(λ<sub>max</sub>) : *Principle Eigen Value* (nilai eigen)

h. Memeriksa konsistensi hirarki. Yang diukur dalam AHP adalah rasio konsistensi dengan melihat *index* konsistensi. Konsistensi yang diharapkan adalah yang mendekati sempurna agar menghasilkan keputusan yang mendekati valid. Walaupun sulit untuk mencapai yang sempurna, rasio konsistensi diharapkan kurang dari atau sama dengan 10 %. Berikut rumus yang digunakan :

$$CI = \frac{\lambda_{max}}{n - 1} \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan:

CI : *Consistency Index*  
CR : *Consistency Ratio*  
RI : *Random Index*

Dalam hal ini RI (*Random Index*) adalah indeks rerata konsistensi untuk bilangan numerik yang diambil secara acak dari skala perbandingan AHP Saaty. Berikut tabel nilai RI menurut Triantaphyllou and Mann ( 1995) :

Tabel 2  
Nilai *Random Index* (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

b. Pengertian Kemiskinan

Menurut bank dunia, kemiskinan adalah kelaparan, kurangnya tempat tinggal, dan penyakit yang tidak bisa diperiksa dokter. Kemiskinan berarti tidak memiliki akses ke sekolah dan

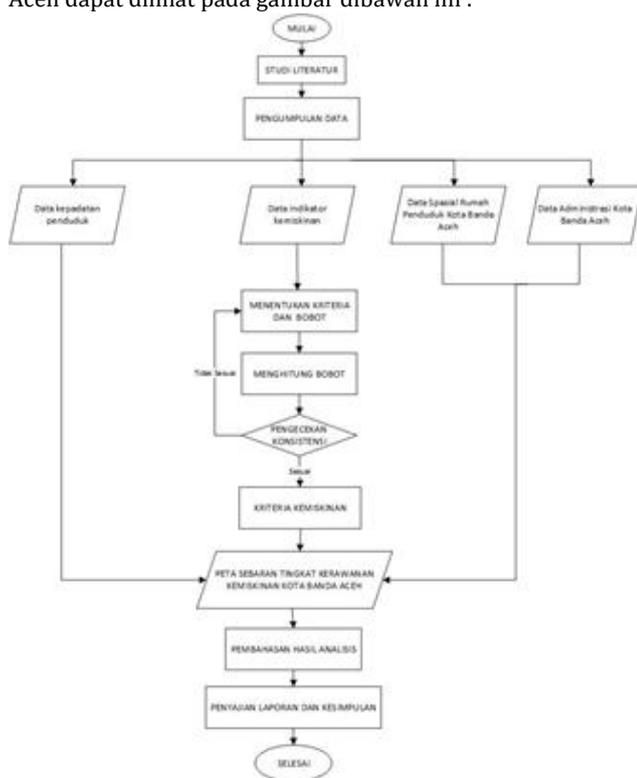
mengetahui cara membaca, tidak memiliki pekerjaan, rasa takut untuk masa depan, serta rasa takut untuk menjalani kehidupan. *United Nations Development Program* (UNDP) mendefinisikan kemiskinan sebagai ketidakmampuan untuk memperluas pilihan-pilihan dalam hidup, antara lain dengan memasukkan penilaian “tidak adanya partisipasi dalam pengambilan keputusan publik” sebagai salah satu indikator kemiskinan. Bappenas (2004) mendefinisikan kemiskinan sebagai kondisi di mana seseorang atau sekelompok orang, laki-laki dan perempuan, tidak mampu memenuhi hak-hak dasarnya untuk mempertahankan dan mengembangkan kehidupan yang bermartabat. Hak-hak dasar tersebut antara lain, terpenuhinya kebutuhan pangan, kesehatan, pendidikan, pekerjaan, perumahan, air bersih, pertanahan, sumber daya alam dan lingkungan hidup, rasa aman dari perlakuan atau ancaman tindak kekerasan dan hak untuk berpartisipasi dalam kegiatan sosial-politik, baik bagi laki-laki maupun perempuan (BPS, 2016).

Kemiskinan dapat dipahami sebagai keadaan kekurangan uang dan barang untuk menjamin kelangsungan hidup. Prasetyo (2010) menyatakan bahwa kemiskinan adalah suatu intergrated concept yang memiliki lima dimensi, yaitu: 1) kemiskinan (*proper*), 2) ketidakberdayaan (*powerless*), 3) kerentanan menghadapi situasi darurat (*state of emergency*), 4) ketergantungan (*dependence*) dan 5) keterasingan (*isolation*) baik secara geografis maupun sosiologis. Yulianto (2005) menyatakan kemiskinan adalah kekurangan barang-barang dan pelayanan-pelayanan yang dibutuhkan untuk mencapai suatu standar hidup yang layak (Oksaping, Sudarsono dan Nugraha, 2015). Kemiskinan secara konseptual dibedakan menurut kemiskinan relatif dan kemiskinan absolut, dimana perbedaannya terletak pada standar penilaiannya. Standar penilaian kemiskinan relatif merupakan standar kehidupan yang ditentukan dan ditetapkan secara subyektif oleh masyarakat setempat dan bersifat lokal serta mereka yang berada dibawah standar penilaian tersebut dikategorikan sebagai miskin secara relatif. Sedangkan standar penilaian kemiskinan secara absolut merupakan standar kehidupan minimum yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan dasar yang diperlukan, baik makanan maupun non makanan (Setiyawan, Sunaryono dan Akbar, 2016).

Kemiskinan relatif merupakan kondisi miskin karena pengaruh kebijakan pembangunan yang belum mampu menjangkau seluruh lapisan masyarakat sehingga menyebabkan ketimpangan distribusi pendapatan. Standar minimum disusun berdasarkan kondisi hidup suatu negara pada waktu tertentu dan perhatian terfokus pada golongan penduduk “termiskin”, misalnya 20 persen atau 40 persen lapisan terendah dari total penduduk yang telah diurutkan menurut pendapatan/pengeluaran. Kelompok ini merupakan penduduk relatif miskin. Dengan demikian, ukuran kemiskinan relatif sangat tergantung pada distribusi pendapatan/pengeluaran penduduk sehingga dengan menggunakan definisi ini berarti “orang miskin selalu hadir bersama kita” (BPS, 2008). Kemiskinan secara absolut ditentukan berdasarkan ketidakmampuan untuk mencukupi kebutuhan pokok minimum seperti pangan, sandang, kesehatan, perumahan dan pendidikan yang diperlukan untuk bisa hidup dan bekerja. Kebutuhan pokok minimum diterjemahkan sebagai ukuran finansial dalam bentuk uang. Nilai kebutuhan minimum kebutuhan dasar tersebut dikenal dengan istilah garis kemiskinan. Penduduk yang

pendapatannya di bawah garis kemiskinan digolongkan sebagai penduduk miskin. Garis kemiskinan absolut "tetap (tidak berubah)" dalam hal standar hidup, garis kemiskinan absolut mampu membandingkan kemiskinan secara umum. Garis kemiskinan Amerika Serikat tidak berubah dari tahun ke tahun, sehingga angka kemiskinan sekarang mungkin sebanding dengan angka kemiskinan satu dekade yang lalu, dengan catatan bahwa definisi kemiskinan tidak berubah (BPS, 2009).

Adapun langkah-langkah pelaksanaan penelitian secara detail dalam analisis tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 1. Pengumpulan Data

Langkah pertama adalah melakukan mengumpulkan data, data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data administrasi, data Rumah tangga, data pangan keluarga, data kesehatan keluarga, data bangunan keluarga dan data Data spasial rumah penduduk yang didapatkan dari Bappeda Kota Banda Aceh. Kemudian data kepadatan penduduk yang didapatkan dari BPS Kota Banda Aceh.

### 2. Menentukan Kriteria dan Bobot

Pada tahap ini dilakukan penentuan kriteria dan sub kriteria yang digunakan, kemudian menentukan bobot atau prioritas elemen pada setiap kriteria dan sub kriteria yang telah ditentukan. Berikut langkah-langkahnya :

- a. Menetapkan Prioritas Elemen. Menentukan prioritas elemen dengan membuat perbandingan berpasangan, yaitu membandingkan elemen secara berpasangan sesuai

kriteria yang diberikan. Penentuan bobot setiap kriteria dan sub kriteria dilakukan oleh para pakar atau ahli dibidangnya, yaitu pada penelitian ini pakarnya merupakan pihak dari lembaga Bappeda Kota Banda Aceh.

- b. Matriks perbandingan berpasangan diisi menggunakan bilangan yang telah ditetapkan oleh pakar dari Bappeda Kota Banda Aceh untuk mempresentasikan kepentingan relatif dari suatu elemen terhadap elemen lainnya.

Kriteria dalam penentuan bobot menggunakan empat belas indikator kriteria kemiskinan yang telah ditetapkan oleh Pemerintah Kota Banda yaitu :

1. Pendapatan Rumah Tangga per bulan
2. Luas lantai tempat tinggal
3. Lapangan pekerjaan utama kepala rumah tangga
4. Sumber air minum
5. Frekuensi makan daging sapi/ayam dalam seminggu
6. Kemampuan membeli pakaian baru selama 6 (enam) bulan
7. Kemampuan berobat
8. Memiliki tabungan dalam bentuk uang atau barang
9. Jenis lantai bangunan
10. Jenis dinding bangunan
11. Sumber penerangan utama
12. Kondisi kesehatan balita
13. Pendidikan tertinggi yang ditamatkan kepala rumah tangga
14. Kemampuan menyekolahkan anak (usia 7-15 tahun)

### 3. Menghitung Bobot

Langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan nilai bobot yang telah ditentukan. Langkah-langkah tersebut yaitu :

- a. Menjumlahkan nilai-nilai dari setiap kolom pada matrik.
- b. Membagi setiap masukan pada setiap kolom dengan jumlah pada kolom tersebut yang bersesuaian. Yaitu setiap item pada kolom pertama dibagi dengan jumlah kolom pertama dan seterusnya.
- c. menjumlahkan setiap nilai dalam setiap barisnya.
- d. Kemudian membagi jumlah nilai setiap barisnya tersebut dengan banyak elemen. Sintesis ini menghasilkan bobot prioritas menyeluruh untuk elemen.

### 4. Pengecekan Konsistensi

Pengecekan konsistensi dilakukan untuk mengetahui apakah penilaian atau pertimbangan yang dilakukan diatas menunjukan bahwa konsistensi antara objek yang dinilai adalah benar. Nilai rasio konsistensinya harus 0,1 atau kurang dari 0,1. Jika diatas 0,1 pertimbangan ini perlu diperbaiki. berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses pengecekan konsistensi :

- a. Kalikan seluruh masukan kolom pertama matrik dengan bobot prioritas elemen pertama, kolom kedua dengan bobot prioritas elemen kedua dan seterusnya.
- b. Jumlahkan setiap barisnya.
- c. Bagi setiap jumlah perbaris dengan bobot prioritas yang bersesuaian.
- d. Jumlahkan hasil diatas dan kemudian dibagi dengan banyaknya elemen.
- e. Hasil proses ini disebut dengan  $\lambda$  maksimum.
- f. *Hitung Consistency Index (CI)*

$CI = (\lambda - n) / (n - 1)$ , dimana n merupakan banyaknya elemen.

- g. Hitung nilai *Consistency Ratio* (CR)  
 $R = CI/RI$ , dimana RI (*Random Index*) merupakan nilai acak CI untuk suatu n.

### 5. Kriteria Kemiskinan

Proses AHP diatas menghasilkan nilai bobot Prioritas dari setiap kriteria yang telah ditentukan. Bobot prioritas ini menggambarkan tingkat kemiskinan atau kriteria kemiskinan, yaitu fakir miskin, miskin dan rentan miskin. Nilai bobot prioritas paling tinggi merupakan kriteria sangat miskin (fakir miskin) dan nilai bobot prioritas paling rendah adalah kriteria rentan miskin.

### 6. Peta Sebaran Tingkat Kerawanan Kemiskinan

Peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan adalah hasil dari pengolahan hasil proses AHP dan kemudian ditumpang susun dengan data spasial yaitu data administrasi, data spasial rumah Penduduk dan data kepadatan penduduk. Hasil dari kriteria kemiskinan dimasukkan menjadi atribut pada data spasial rumah penduduk Kota Banda Aceh, sehingga pada ArcGIS bisa dilakukan klasifikasi sesuai dengan tingkat kerawanan kemiskinan yang telah ditentukan yaitu fakir miskin, miskin, dan rentan miskin. Kemudian data spasial rumah penduduk Kota Banda Aceh ditumpang susun dengan data administrasi Kota Banda Aceh dan data kepadatan penduduk Kota Banda Aceh sehingga diketahui nama desa dan kecamatan dengan tingkat kerawanan kemiskinan tertinggi dan terendah serta status desa atau kecamatan tersebut masuk daerah yang padat atau tidak padat penduduk. Peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan ini dalam bentuk digital dan dalam bentuk cetak.

### 7. Pembahasan Hasil Analisis

Pada tahapan ini dilakukan pembahasan dari hasil peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh yaitu melihat sebaran tingkat kerawanan kemiskinan tertinggi dan terendah di Kota Banda Aceh dan hubungannya dengan tingkat kepadatan penduduk di Kota Banda Aceh. Kemudian dari Peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan ini dapat dilihat tingkat kerawanan kemiskinan tertinggi apakah di daerah dengan kepadatan penduduk tinggi atau sebaliknya. Selanjutnya bisa dilihat apakah didaerah dengan tingkat kepadatan penduduk rendah memiliki tingkat kerawanan kemiskinan rendah juga atau sebaliknya, sehingga dapat ditentukan apakah kepadatan penduduk dapat menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi tingkat kerawanan kemiskinan atau tidak.

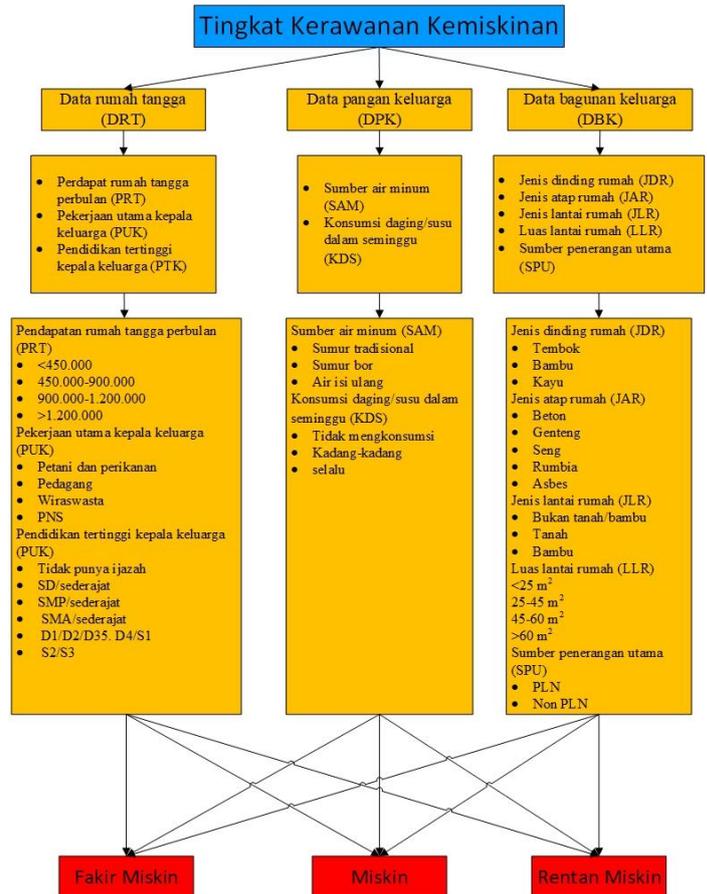
### 8. Penyajian Laporan dan Kesimpulan

Tahapan terakhir dari penelitian ini adalah penyajian laporan tertulis dan pengambilan kesimpulan dari hasil penelitian. Hal yang dilaporkan adalah pendahuluan yang menjadi latarbelakang dari penelitian, metode penelitian yang digunakan, hasil dari penelitian yaitu peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan dan analisis dari peta sebaran tingkat kerawanan kemiskinan dan pembahasannya. Penelitian ini ditulis dalam format yang baku sesuai dengan format yang telah ditentukan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 1.22. Hasil Analisis AHP

proses AHP diapatkan dari penyusunan hirarki dimulai dari permasalahan sampai ke alternatif-alternatif pilihannya berikut bagan proses penyusunan hirarki pada analisis tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh.



Gambar 2. penyusunan hirarki dalam proses AHP

Penentuan tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh menggunakan tiga kriteria utama dan sepuluh sub kriteria. Berikut penjelasan kriteria dan penjelasan sepuluh sub kriteria yang digunakan :

1. Data rumah tangga, data rumah tangga terdiri dari beberapa sub kriteria dan sub sub kriteria sebagai berikut :
  - a. Pendapatan rumah tangga perbulan
 

Pendapatan rumah tangga perbulan menjadi salah satu indikator dalam penentuan tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh. Pendapatan perbulan disini dibagi kedalam beberapa kelas atau sub sub kriteria yaitu dibawah 450.000 (<450.000) ini merupakan kelas paling bawah dari sub kriteria pendapatan rumah tangga perbulan. Selanjutnya adalah kelas 450.000-900.000 ini merupakan kelas kedua, kelas ketiga adalah 900.000-1.200.000 dan kelas yang paling tinggi adalah diatas 1.200.000 (>1.200.000), disini

menunjukkan kelas terbawah dari pendapatan keluarga di Kota Banda Aceh adalah pendapat dibawah 450.000 dan tertinggi adalah diatas 1.200.000

- b. Pekerjaan Utama kepala keluarga  
pekerjaan utama kepala keluarga dibagi menjadi beberapa sub sub kriteria atau kelas yaitu kelas petani dan nelayan ini di anggap kriteria paling bawah analisis kemiskinan dan selanjutnya adalah sub sub kriteria pedagang, wiraswasta dan PNS.
  - c. Pendidikan tertinggi kepala keluarga  
Pendidikan tertinggi kepala keluarga di Kota Banda Aceh di klasifikasikan kedalam enam kelas tingkat pendidikan, yaitu ada kelas yang tidak memiliki ijazah atau tidak bersekolah, sekolah dasar (SD/ sederajat), sekolah menengah Pertama (SMP/ sederajat), sekolah menengah atas (SMA/ sederajat), diploma satu, dua, tiga (D1/ D2/ D3), diploma empat dan sarjana (D4/ S1) dan Paskasarjana (S2/ S3). Kelas pendidikan tertinggi di kota banda sampai ke jenjang pendidikan S2 dan S3 karena Kota Banda Aceh adalah pusat pendidikan di aceh.
2. Data pangan keluarga, yaitu data yang berhubungan dengan pangan yang terdiri dari dua sub kriteria dan enam sub sub kriteria, berikut penjelasannya :
- a. Sumber air minum  
Air minum merupakan salah satu kebutuhan bagi masyarakat, sehingga air minum juga masuk menjadi salah satu indikator kemiskinan di Kota Banda Aceh. Sumber air minum dibagi menjadi tiga sub sub kelas yaitu sumur tradisional, sumur bor, air isi ulang. Sumur tradisional adalah sumur yang digali secara manual dan proses pengambilan airnya menggunakan timba atau mesin pompa air. Sumur bor adalah dengan menggunakan mesin bor untuk mendapatkan air, sedangkan air isi ulang adalah air minum yang disediakan di depot-depot air.
  - b. Konsumsi daging/susu dalam seminggu  
Konsumsi daging dan susu menjadi indikator lainnya dalam kriteria pangan keluarga yang terdiri dari tiga sub sub kriteria yaitu tidak mengkonsumsi daging atau susu sama sekali dalam seminggu. Kelas kadang-kadang mengkonsumsi daging atau susu dalam rentang perminggu dan kelas terakhir adalah kelas selalu mengkonsumsi daging dan susu setiap minggunya.
3. Data bangunan keluarga, yaitu data kondisi fisik dari bangunan setiap rumah penduduk di Kota Banda Aceh. Data bangunan terdiri dari lima sub kriteria sebagai berikut :
- a. Jenis dinding rumah  
Jenis dinding rumah menjadi salah satu indikator fisik bangunan dalam penentuan tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh. Dinding rumah terdiri dari beberapa sub sub kelas yaitu dinding rumah dengan jenis tembok. Sub sub kelas lainnya adalah bambu yaitu dinding rumah yang terbuat dari bambu dan terakhir adalah sub kelas dengan dinding rumah dari kayu.
  - b. Jenis atap rumah  
Atap rumah penduduk di Kota Banda Aceh terdiri dari beberapa sub sub kelas yaitu beton, genteng, seng, rumbia dan asbes.
  - c. Jenis lantai rumah.

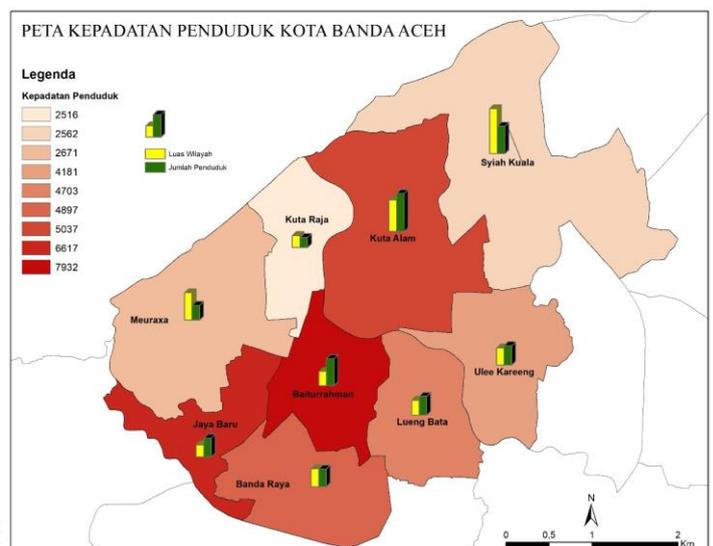
Jenis lantai rumah terdiri dari tiga sub sub kelas atau kriteria di Kota Banda Aceh yaitu bukan tanah atau bambu seperti semen atau keramik dan lainnya. Lantai rumah yang terbuat dari tanah dan lantai rumah dari bambu menjadi kriteria terakhir dari jenis lantai rumah.

- d. Luas lantai rumah  
Luas lantai rumah penduduk di Kota banda Aceh terdiri dari beberapa sub sub kelas yaitu dengan luas rata-rata di bawah 25 meter persegi (<25 m<sup>2</sup>) ini merupakan sub sub kelas dengan luas paling bawah atau luas lantai paling kecil, selanjutnya adalah sub sub kriteria dengan luas 25 m<sup>2</sup> – 45 m<sup>2</sup> ini merupakan kelas kedua. Kelas ketiga adalah dengan luas 45 m<sup>2</sup>-60 m<sup>2</sup> dan terakhir dengan luas diatas 60 meter persegi (>60 m<sup>2</sup>).
- e. Sumber penerangan utama  
Sumber penerangan utama adalah sub kelas terakhir dari kriteria data bangunan keluarga. Sub kelas ini terdiri dari dua sub sub kelas yaitu sumber penerangan yang bersumber dari PLN dan sumber penerangan selain PLN seperti lampu petromak dan lain sebagainya.

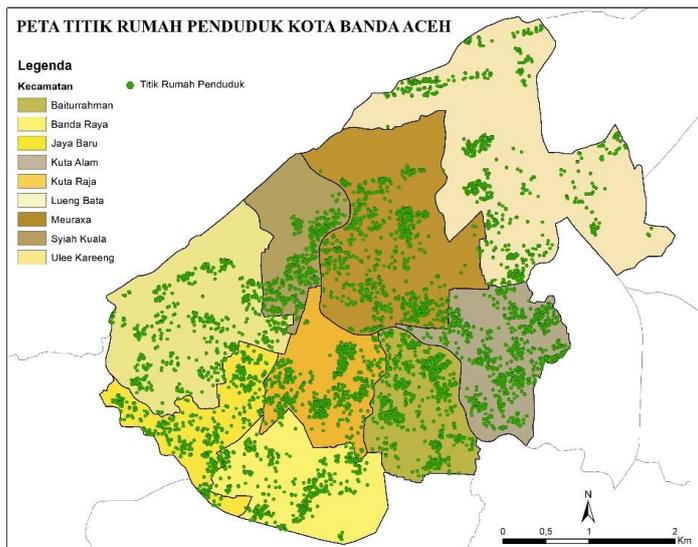
Tahapan selanjutnya dari proses AHP adalah melakukan perbandingan berpasangan setiap kriteria - kriteria, setiap sub kriteria dan sub sub kriteria. perbandingan ini diberi nilai dan dilakukan oleh para Pakar dibidangnya. Dalam penelitian ini pakar yang digunakan adalah pihak dari tim data kemiskinan Kota Banda Aceh. Selanjutnya adalah melakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai bobot setiap kriteria sampai ke sub sub kriteria hingga didapatkan nilai bobot total dan nilai bobot tertinggi dan terendah. Selanjutnya hasil AHP di spasialkan untuk melihat persebaran tingkat kerawanan Kemiskinan di Kota Banda Aceh.

### 1.23. Peta Tingkat Kerawanan Kemiskinan Kota Banda Aceh

Peta persebaran tingkat kerawanan kemiskinan Kota Banda Aceh akan di tampilkan dalam bentuk titik-titik rumah dan di tumpang susun dengan kepadatan penduduk kota banda aceh. Titik rumah Kota Banda Aceh dalam bentuk koordinat dengan attributnya telah diisi dengan hasil analisis data tingkat kerawanan kemiskinan yang telah diolah dengan metode AHP, sehingga dapat dilihat persebaran rumah-rumah penduduk dengan tingkat kerawanan kemiskinan yang terbagi kedalam tiga kelas, yaitu fakir miskin, miskin dan rentan miskin. Berikut peta persebaran titik rumah dan tingkat kepadatan penduduk Kota Banda Aceh.



Gambar 3. Peta kepadatan penduduk Kota Banda Aceh



Gambar 4. Peta titik rumah penduduk Kota Banda Aceh

Berdasarkan Peta diatas dapat dilihat bahwa kecamatan dengan tingkat kepadatan paling tinggi di Kota Banda Aceh terdapat pada kecamatan Baiturrahman dengan tingkat kepadatan penduduknya mencapai angka 7.900 jiwa dengan jumlah penduduk 36.000 jiwa dengan luas wilayah 4,54 km<sup>2</sup> ( 13,59 persen luas total Kota Banda Aceh). Diagram diatas jelas memperlihatkan bahwa jumlah penduduk lebih tinggi jika dibandingkan dengan luas wilayahnya di kecamatan Baiturrahman. Selanjutnya tingkat kepadatan penduduk paling tinggi berada pada kecamatan Jaya Baru dengan tingkat kepadatan 6.600 jiwa dengan jumlah penduduknya 25.000 jiwa dan luas wilayah 3.56 km<sup>2</sup>, pada diagram memperlihatkan jumlah penduduk lebih tinggi dibandingkan luas wilayahnya. kecamatan dengan tingkat kepadatan tertinggi yang ketiga adalah kecamatan Kuta Alam dengan tingkat kepadatan penduduknya 5.000 jiwa dan jumlah penduduk 50.600 jiwa, pada diagram memperlihatkan jumlah penduduk lebih tinggi dari luas wilayahnya.

penduduk paling banyak tersebar di kecamatan Kuta Alam dengan jumlah penduduk 50.600 jiwa, kemudian kecamatan Syiah Kuala dengan jumlah penduduk 36.400 jiwa dan kecamatan Baiturrahman dengan jumlah penduduk 36.000. kecamatan dengan wilayah paling luas adalah Kecamatan Syiah Kuala dengan luas wilayah 13.21 km<sup>2</sup>, kemudian kecamatan Kuta Alam dengan luas wilayah 9.21 km<sup>2</sup>, dan kecamatan Meuraxa dengan luas wilayah 7.95 km<sup>2</sup>. Analisis persebaran tingkat kerawanan kemiskinan di Kota banda Aceh juga melihat hubungan antara wilayah dengan tingkat kepadatan penduduk paling tinggi dengan tingkat kerawanan kemiskinan paling tinggi.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis persebaran tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh hal yang paling penting adalah penentuan kriteria tingkat kerwanan kemiskinan yang akan di analisis dengan menggunakan metode AHP, kemudian dilakukan penyusunan hirarki hingga mencapai alternatif-alternatif pilihan

yaitu tingkat kerawanan kemiskinan yang terdiri dari fakir miskin, miskin dan rentan miskin. Kemudian di spasialkan untuk melihat visualisasinya di peta dan hubungannya dengan tingkat kepadatan penduduk di Kota Banda Aceh. Apakah di daerah dengan tingkat kepadatan penduduk tinggi juga tingkat kerawanan miskinnya tinggi atau sebaliknya.

Penelitian ini baru sampai pada tahap penyusunan hirarki hingga hirarki paling bawah yang disebut dengan alternatif-alternatif pilihan. Penelitian akan dilanjutkan dengan perhitungan AHP hingga didapatkan nilai bobot total dan nilai bobot tertinggi dan terendah. Selanjutnya hasil AHP di spasialkan untuk melihat persebaran tingkat kerawanan Kemiskinan di Kota Banda Aceh dalam bentuk visualisasi peta.

#### 5. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada BAPPEDA Kota Banda Aceh yang telah banyak membantu dan memberikan pelayan dengan baik terhadap peneliti mulai dari akses data hingga menemani diskusi-diskusi peneliti terkait penelitian tingkat kerawanan kemiskinan di Kota Banda Aceh.

#### 6. Referensi

- Badan, P. S. (2008) *Analisis dan Penghitungan Tingkat Kemiskinan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan, P. S. (2009) *Analisis dan Penghitungan Tingkat Kemiskinan*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Badan, P. S. (2015) *Statistik Indonesia 2015*. Jakarta: Badan Pusat Statistik Indonesia.
- Badan, P. S. (2016) *Perhitungan dan Analisis Kemiskinan Makro Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.
- Fitriyani (2012) 'Penerapan Ahp Sebagai Model Sistem Pendukung', *JSM STMIK Mikroskil*, 13(2), pp. 103-111.
- Oksaping, A. F., Sudarsono, B. and Nugraha, A. L. (2015) 'Penentuan Tingkat Kemiskinan Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process dan Sistem Informasi Geografis', *Jurnal Geodesi Undip*, 3(April), pp. 208-215.
- Priatna, J., Abdillah, G. and Uriawan, W. (2016) 'Sistem Pendukung Keputusan Pemberian Bantuan Buku Untuk Perpustakaan Di Kabupaten Bandung Barat Menggunakan Metode Ahp Dan Saw', *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2016 (SENTIKA 2016)*, Yogyakarta, 18-19 Maret 2016, 2016(Sentika), pp. 18-19.
- Saaty, T. L. (2008) 'Decision making with the analytic hierarchy process', *International Journal of Services Sciences*, 1(1), p. 83. doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
- Setiawan, R. D., Sunaryono, D. and Akbar, R. J. (2016) 'Rancang Bangun Aplikasi untuk Pemetaan Tingkat Kemiskinan Masyarakat Berbasis Perangkat Bergerak', 5(2).
- Sri Redjeki, M.Guntara and Anggoro, P. (2015) 'Perancangan Sistem Pendukung Keputusan Spasial Untuk Identifikasi Potensi Kemiskinan (Studi Kasus Kabupaten Bantul - DIY)', in *Seminar Nasional Informatika*.

**Prosiding Seminar Nasional  
Informasi Geospasial Terpadu berbasis Peta Bidang Tanah untuk Mendukung Pembangunan  
Kota Cerdas**  
Konferensi Teknik dan Sains Informasi Geospasial ke-4

© 2018, Departemen Teknik Geodesi Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

**ISBN: 978-979-98731-9-4**

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

ISBN 978-979-98731-9-4



4<sup>th</sup> CGISE 2018  
Conference of Geospatial Information Science and Engineering  
Sekretariat: Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl. Crafika No.2 Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 520226, Fax (0274) 520226, e-mail: [cgise@ugm.ac.id](mailto:cgise@ugm.ac.id)  
website: <http://cgise.geodesi.ugm.ac.id>

