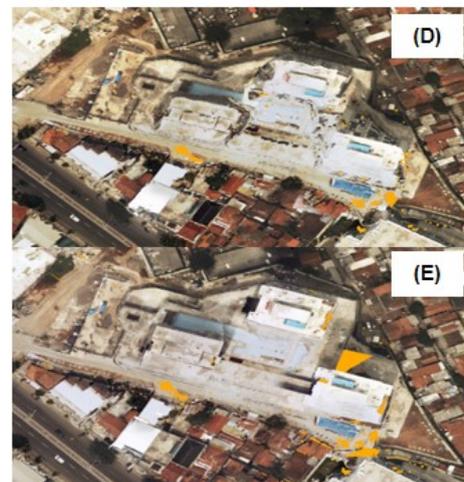
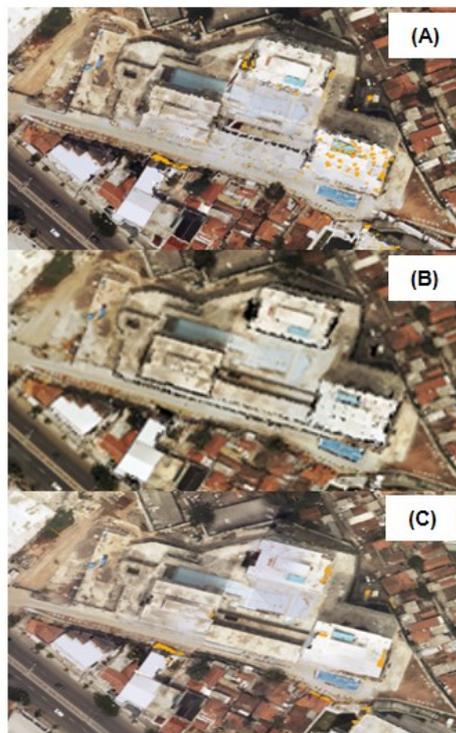


GEOMATIKA

Vol. 24 No. 2, November 2018

Nomor Akreditasi : 2/E/KPT/2018

PERBANDINGAN RAGAM INPUT MODEL KETINGGIAN UNTUK PEMBENTUKAN
TRUE-ORTHO PHOTO DI AERA URBAN



True-orthophoto dengan ragam input model ketinggian (A) True-orthophoto [DSM LiDAR, GRID format] (B) True-orthophoto [DSM LiDAR, TIN format] (C) True-orthophoto [DSM LiDAR + DEM, Hybrid GRID format] (D) True-orthophoto [DSM imsg matching, GRID format] (E) True-orthophoto [DSM imsg matching + DBM, Hybrid GRID format]



BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL

e-ISSN: 2502-2180

p-ISSN: 0854-2759

GEOMATIKA

Hasil Penelitian dan Kajian Ilmiah dalam Bidang Informasi Geospasial

Vol. 24 No. 2, November 2018

Geomatika diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial (BIG) sebagai media komunikasi ilmiah, riset dan teknologi terkait pengumpulan, pengolahan dan analisis data menghasilkan informasi Geospasial Dasar, antara lain mencakup bidang-bidang Ilmu Kebumihan (Geodesi, Geologi, Geografi), Teknologi Informasi Spasial, termasuk juga Penginderaan Jauh, Sistem Informasi Geografis dan Batas Wilayah. Pernyataan penulis dalam artikel yang dimuat pada majalah ini merupakan pendapat individu penulis bukan pendapat penerbit.

Jurnal terbit 2 kali setiap tahun, 2 nomor 1 volume, bulan **Mei dan November**.

Pengarah:

Kepala Badan Informasi Geospasial

Penanggung Jawab:

Kepala Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama

Mitra Bestari :

Nama :

Prof. Dr. Sobar Sutisna
Prof. Bangun Muljo Sukojo
Dr. Djati Mardiatno
Dr. Yudo Prasetyo
Dr. Abdul Basith
Leni Sophia, M.Sc, D.Sc
Nurrochmat Widjajanti, M.Sc, Ph.D
Dr. Agustan
Dr. Akhmad Riqqi, M.Si
Dr. Dwi Lestari, S.T., ME.

Kepakaran :

Geodesi Batas Wilayah
Penginderaan Jauh
Geomorfologi
Penginderaan Jauh - SIG
Geodesi Kelautan
Geodesi Fisik
Geodesi
Penginderaan Jauh
NSDI
Geodesi dan Geodinamika

Instansi :

Universitas Pertanian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Universitas Gadjah Mada
Universitas Diponegoro
Universitas Gadjah Mada
Universitas Gadjah Mada
Universitas Gadjah Mada
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi
Institut Teknologi Bandung
Universitas Gadjah Mada

Dewan Editor:

Nama :

Prof. Dr. Ing. Fahmi Amhar
Heri Sutanta, M.Sc, Ph.D
Dr. Ibnu Sofian
Dadan Ramdani, M.T
Dr. Jonson Lumban-Gaol
Dr. Parluhutan Manurung

Jabatan

Ketua Dewan Editor
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota
Anggota

Instansi :

Badan Informasi Geospasial
Universitas Gadjah Mada
Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial
Institut Pertanian Bogor
Badan Informasi Geospasial



BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL

Alamat Redaksi:

Sekretariat Redaksi Geomatika
Gedung S, Lt. 1 Badan Informasi Geospasial (BIG)
Jl. Jakarta-Bogor KM 46 Cibinong 16911
Telp/fax: +62-21- 87906041, E-mail: jurnal.geomatika@big.go.id
Web Jurnal: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM>



BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL

e-ISSN: 2502-2180

p-ISSN: 0854-2759

GEOMATIKA

Hasil Penelitian dan Kajian Ilmiah dalam Bidang Informasi Geospasial

Vol. 24 No. 2, November 2018

Redaktur Pelaksana:

Nama :

Lalitya Narieswari, M.Sc
Agung Syetiawan, ST
Nadya Oktaviani, ST
Danang Budi Susetyo, ST
Mochamad Irwan Hariyono, ST
Nugroho Purwono, S. Si
Prayudha Hartanto, ST
Intan Pujawati, S.Si
Munawaroh, S.Si
Tia Rizka Nuzula Rachma, ST
Fahrul Hidayat, ST
Ayu Nur Safii, ST
Aninda Wisaksanti Rudiastuti, S.Pi
Ellen Suryanegara, S.Sos
Yustisi Ardhitasari, ST
Rizka Windiastuti, B.Sc, M.IT
Utami Yulaila, S.E

Jabatan

Ketua Redaksi
Administrator
Copy Editor
Lay Out & Desain Grafis
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Proof Reader
Sirkulasi

Instansi

Badan Informasi Geospasial
Badan Informasi Geospasial

DAFTAR ISI

SUSUNAN DEWAN REDAKSI	ii
DAFTAR ISI	iv
LEMBAR ABSTRAK (ID)	v
LEMBAR ABSTRAK (EN)	vii
PENGANTAR REDAKSI	ix
PERBANDINGAN RAGAM INPUT MODEL KETINGGIAN UNTUK PEMBENTUKAN <i>TRUE-ORTHOPHOTO</i> DI AREA URBAN <i>(Comparison of Various Elevation Model Inputs for True-Orthophoto Generation in Urban Areas)</i> Eli Juniati, dan Harintaka Badan Informasi Geospasial (BIG).....	49-60
IMPLEMENTASI METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI TANAMAN PADA CITRA RESOLUSI TINGGI <i>(The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery)</i> Eriyana Nour Arrofiqoh dan Harintaka Program Studi Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Universitas Gadjah Mada	61-68
ANALISIS ASPEK LEGAL DAN GEOSPASIAL <i>FORWARD POSITION</i> BATAS ZEE (ZONA EKONOMI EKSKLUSIF) INDONESIA PADA PETA NKRI 2017 DI LAUT CHINA SELATAN <i>(Analysis of Legal and Geospa tial Aspect s of Indonesia's Forward Position of EEZ (Exclusive Economic Zone) Boundar ies of the 2017 National Map in the South China Sea)</i> I Made Andi Arsana dan Helik Susilo Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada.....	69-76
PERAN INFORMASI GEOSPASIAL UNTUK Mendukung Pembentukan Desa <i>(The Role of Geospa tial Information To Support Village Establishment)</i> Andriyana Lailissaum Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial.....	77-88
STRATEGI PENGOLAHAN PENGAMATAN GPS TITIK DEFORMASI DENGAN MENGGUNAKAN TITIK IKAT CORS BIG DAN IGS <i>(Strategy of Processing GPS Observation Deformation Point By Using BIG CORS and IGS Tie Points)</i> Muhammad Hidayawan Nur Lail, Moehammad Awaluddin, Bandi Sasmito, Ayu Nur Safi'i, dan Sidik Tri Wibowo Departement Teknik Geodesi, Universitas Diponegoro.....	89-98
ANALISIS AKURASI PEMETAAN MENGGUNAKAN DIRECT GEOREFERENCING <i>(Analysis of Mapping Accuracy using Direct Georeferencing)</i> Danang Budi Susetyo dan Herjuno Gularso Badan Informasi Geospasial	99-106
STUDI PENDAHULUAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ANALISIS MEDAN SKALA TINJAU DI SEBAGIAN PROVINSI SUMATERA SELATAN <i>(Preliminary Study of Remote Sensing and Geographic Information System for The Overview Scale Terrain Analysis in Parts of South Sumatra Province)</i> Heratania Aprilia Setyowati, Ratna Nurani, dan Sigit Heru Murti Budi Santosa Bidang Pengelolaan Data, Pusat Data dan Teknologi Informasi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral.....	107-116

LEMBAR ABSTRAK (ID)

GEOMATIKA	
ISSN 0854-2759	Cibinong, November 2018
<p>Kata kunci yang dicantumkan adalah istilah bebas. Lembar abstrak ini boleh dikopi tanpa izin dan biaya</p>	
<p>DDC 778.9 Juniati (Badan Informasi Geospasial)</p> <p>Perbandingan Ragam Input Model Ketinggian Untuk Pembentukan <i>True-Orthophoto</i> di Area Urban <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, Hal 49-60</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan pembentukan <i>true-orthophoto</i> dengan beragam input model ketinggian, berupa DSM dari LiDAR, <i>Digital Building Model</i> (DBM) dan DSM hasil <i>image matching</i>, untuk melihat hasil <i>true-orthophoto</i> yang paling optimum.</p> <p style="text-align: right;">(Juniati)</p> <p>Kata Kunci: pembuatan <i>true-orthophoto</i>, model ketinggian, LiDAR, <i>digital building model</i> (DBM), <i>image matching</i></p>	<p>DDC 551.41 Arofiqoh (Program Studi Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada)</p> <p>Implementasi Metode Convolutional Neural Network untuk Klasifikasi Tanaman Pada Citra Resolusi Tinggi <i>Geomatika November, Vol 24 No 1, Hal 61-68</i></p> <p>Penelitian ini mencoba mengimplementasikan pendekatan klasifikasi semantik secara otomatis yang dapat membedakan jenis tanaman sebagai alternatif pengenalan objek berdasarkan metode <i>deep learning</i> menggunakan <i>Convolutional Neural Network</i> (CNN).</p> <p style="text-align: right;">(Arofiqoh)</p> <p>Kata Kunci: <i>Convolutional neural network</i>, <i>deep learning</i>, citra resolusi tinggi, klasifikasi</p>
<p>DDC 341.4 Arsana (Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada)</p> <p>Analisis Aspek Legal dan Geospasial <i>Forward Position</i> Batas Zee (Zona Ekonomi Eksklusif) Indonesia pada Peta Nkri 2017 di Laut China Selatan <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, Hal 69-76</i></p> <p>Penelitian ini menganalisis klaim batas ZEE Indonesia dengan Vietnam dan Malaysia pada peta NKRI 2017 di LCS paska putusan PCA atas kasus Filipina- RRC. Analisis ini melibatkan rekonstruksi garis batas ZEE Indonesia secara geospasial di kawasan LCS dengan mengacu pada LOSC 1982 dan keputusan PCA 2016 atas kasus LCS sebagai acuan legal.</p> <p style="text-align: right;">(Arsana)</p> <p>Kata Kunci: geospasial, peta NKRI, batas ZEE, Laut China Selatan, LOSC 1982</p>	<p>DDC 341.4 Lailissaum (Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial)</p> <p>Peran Informasi Geospasial untuk Mendukung Pembentukan Desa <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 77-88</i></p> <p>Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peranan informasi geospasial dalam pembentukan desa. Hasil dari penelitian ini adalah inventarisasi permasalahan terkait dengan penggunaan informasi geospasial dalam pembentukan desa beserta dengan solusinya. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peran informasi geospasial dalam pembentukan desa sangat penting.</p> <p style="text-align: right;">(Lailissaum)</p> <p>Kata Kunci: desa, desa persiapan, penetapan, batas wilayah</p>



BADAN INFORMASI
GEOSPASIAL

e-ISSN: 2502-2180

p-ISSN: 0854-2759

GEOMATIKA

Hasil Penelitian dan Kajian Ilmiah dalam Bidang Informasi Geospasial

Vol. 24 No. 2, November 2018

<p>DDC 551.8 Lail (Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro)</p> <p>Strategi Pengolahan Pengamatan GPS Titik Deformasi Dengan Menggunakan Titik Ikat CORS BIG dan IGS <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, Hal 89-98</i></p> <p>Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pengolahan data pengamatan menggunakan data titik ikat global dari stasiun IGS dan titik ikat regional dari stasiun CORS BIG. Titik pengamatan stasiun CSEM, CPBL, CMGL, CPKL dengan titik ikat global menggunakan XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO dan titik ikat regional menggunakan stasiun CPWD, CTGL, CCLP, CKBM.</p> <p style="text-align: right;">(Lail)</p> <p>Kata Kunci: Blok Sunda, deformasi, kecepatan, titik ikat global, titik ikat regional</p>	<p>DDC 778.9 Susetyo (Badan Informasi Geospasial)</p> <p>Analisis Akurasi Pemetaan Menggunakan <i>Direct Georeferencing</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, Hal 99-106</i></p> <p>Penelitian ini menguji metode direct georeferencing terhadap data yang ada di Indonesia, sehingga nantinya dapat mengurangi jumlah penggunaan GCP. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah foto udara Palu yang diakuisisi dengan kamera RCD30, parameter <i>Exterior Orientation</i> (EO), dan titik <i>Independent Check Points</i> (ICP).</p> <p style="text-align: right;">(Susetyo)</p> <p>Kata kunci: akurasi, foto udara, <i>direct georeferencing</i></p>
<p>DDC 551.5572 Setyowati (Bidang Pengelolaan Data, Pusat Data dan Teknologi Informasi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)</p> <p>Studi Pendahuluan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Analisis Medan Skala Tinjau di Sebagian Provinsi Sumatera Selatan <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, Hal 107-116</i></p> <p>Tujuan dari studi pendahuluan ini untuk mengetahui karakteristik medan yang ada di sebagian daerah Sumatera Selatan melalui analisis medan dengan pembuatan sekuen medan yang berbasis citra penginderaan jauh. Citra Landsat 8 digunakan untuk mendapatkan informasi tutupan lahan dan bentuk lahan.</p> <p style="text-align: right;">(Setyowati)</p> <p>Kata kunci: Penginderaan jauh, SIG, analisis medan, sekuen medan, karakteristik medan</p>	

LEMBAR ABSTRAK (EN)

GEOMATIKA	
ISSN 0854-2759	Cibinong, November 2018
<p>The keywords given are free terms. This abstract sheet may be reproduced without permission or charge</p>	
<p><i>DDC</i> 778. 9 <i>Juniati</i> (Badan Informasi Geospasial)</p> <p><i>Comparison of Various Elevation Model Inputs for True-Orthophoto Generation in Urban Areas.</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 49-60</i></p> <p><i>The purpose of this study is to compares the true-orthophoto generation with various elevation model inputs, LiDAR DSM, DBM and image matching DSM.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(Juniati)</i></p> <p><i>Keywords: true-orthophotos generation, elevation model, LiDAR, digital building model (DBM), image matching</i></p>	<p><i>DDC</i> 551.41 <i>Arofiqoh</i> (Program Studi Teknik Geomatika, Universitas Gadjah Mada)</p> <p><i>The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 61-68</i></p> <p><i>This research tries to implement imagery extraction for the semantic classification in automatically approach that can distinguish plant type as an alternative of object recognition to help interpreter based on deep learning using Convolutional Neural Network (CNN).</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(Arofiqoh)</i></p> <p><i>Keywords: Convolutional neural network, deep learning, high resolution imagery, classification</i></p>
<p><i>DDC</i> 341.4 <i>Arsana</i> (Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada)</p> <p><i>Analysis of Legal and Geospatial Aspect s of Indonesia's Forward Position of EEZ (Exclusive Economic Zone) Boundar ies of the 2017 National Map in the South China Sea</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 69-76</i></p> <p><i>The analysis includes geospatial reconstruction of I ndonesia's unilateral claim of EE Z boundaries in the SCS using relevant provisions in LOSC 1982 and the 2016 PCA decision on the case of SCS as the legal basis.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(Arsana)</i></p> <p><i>Kata Kunci: geospatial, Indonesia's national map (p eta NKRI) , EEZ boundaries, South China Sea, LOSC 1982</i></p>	<p><i>DDC</i> 341.4 <i>Lailissaum</i> (Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial)</p> <p><i>The Role of Geospatial Information To Support Village Establishment</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 77-88</i></p> <p><i>The purpose of this study is to research the role of geospatial information in the v illage establishment. The result of this research is an inventory of problems related to the use of geospatial information in the village establishment and the solution. From this research, it can be concluded that the role of geospatial information in the village establishment is very important.</i></p> <p style="text-align: right;"><i>(Lailissaum)</i></p> <p><i>Keywords: village, preparatory village, determination, boundaries</i></p>



<p>DDC 551.8 Lail (Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro)</p> <p><i>Strategy of Processing GPS Observation Deformation Point By Using BIG CORS and IGS Tie Points</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 89-98</i></p> <p><i>The aims of this study was to analyze the comparison of observation data processing by using Global tie point data from IGS station and the regional tie point data from BIG CORS station. On the observation points of CSEM, CPBL, CMGL, CPKL stations with global tie points by using XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRJ, HYDE, COCO and regional tie points by using CPWD, CTGL, CCLP, CKBM stations.</i></p> <p style="text-align: right;">(Lail)</p> <p><i>Keywords: Sunda Block, deformation, global tie points, regional tie points, velocity rate</i></p>	<p>DDC 778.9 Susetyo (Badan Informasi Geospasial)</p> <p><i>Analysis of Mapping Accuracy using Direct Georeferencing</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 99-106</i></p> <p><i>This study examined the direct georeferencing method for data in Indonesia, so that later could reduce the amount of GCP usage. The data used in this research were aerial photos of Palu which were acquired using RCD30 camera, Exterior Orientation parameter (EO), and Independent Check Points (ICP).</i></p> <p style="text-align: right;">(Susetyo)</p> <p><i>Keywords: accuracy, aerial photo, direct georeferencing</i></p>
<p>DDC 551.5572 Setyowati (Bidang Pengelolaan Data, Pusat Data dan Teknologi Informasi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral)</p> <p><i>Preliminary Study of Remote Sensing and Geographic Information System for The Overview Scale Terrain Analysis in Parts of South Sumatra Province</i> <i>Geomatika November, Vol 24 No 2, PP 107-116</i></p> <p><i>The purpose of this preliminary study was to find out the characteristics of terrain in particular areas of South Sumatera through terrain analysis by using field sequence based on remote sensing imagery. Landsat 8 image was used to obtain land cover and landform. SRTM images were used to obtain DEM, Hill shade, and slope data, all those were generated for topographic maps. Geological maps are used to derive information of soil types</i></p> <p style="text-align: right;">(Setyowati)</p> <p><i>Keyword: Remote sensing, GIS, terrain analysis, terrain sequence, terrain characteristics</i></p>	

PENGANTAR REDAKSI

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, Geomatika Volume 24 No. 2 November 2018 dapat kembali terbit. Dengan semangat untuk selalu memberikan yang terbaik, redaksi berharap agar setiap edisinya semakin berkualitas dengan memuat hasil penelitian yang berguna dan sesuai perkembangan di bidang Informasi Geospasial Dasar, melalui riset dan teknologi survei pemetaan dalam bidang-bidang ilmu kebumihan, teknologi *Global Navigation Satellite System* (GNSS), penginderaan jauh, sistem informasi geografis, batas wilayah dan lain-lain.

Jurnal Geomatika Volume 24 No. 2 November 2018 ini menyajikan berbagai tulisan penelitian yang terdiri dari lima karya tulis ilmiah oleh penulis dari beberapa instansi yaitu Badan Informasi Geospasial, Fakultas Teknik UGM, Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, dan Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. Penelitian pertama bertujuan untuk membandingkan pembentukan *true-orthophoto* dengan beragam input model ketinggian, berupa DSM dari LiDAR, *Digital Building Model* (DBM) dan DSM hasil *image matching*, untuk melihat hasil *true-orthophoto* yang paling optimum. Penelitian kedua bertujuan mengimplementasikan pendekatan klasifikasi semantik secara otomatis yang dapat membedakan jenis tanaman sebagai alternatif pengenalan objek berdasarkan metode *deep learning* menggunakan *Convolutional Neural Network*. Penelitian ketiga menganalisis klaim batas ZEE Indonesia dengan Vietnam dan Malaysia pada peta NKRI 2017 di LCS paska putusan PCA atas kasus Filipina- RRC. Penelitian keempat bertujuan untuk mengetahui peranan informasi geospasial dalam pembentukan desa. Penelitian kelima penelitian ini menunjukkan penggunaan titik ikat global (stasiun IGS) menghasilkan koordinat lebih teliti jika dibandingkan dengan pengolahan yang menggunakan titik ikat regional (stasiun CORS BIG) dengan nilai rata-rata standar deviasi komponen X pada strategi I dengan nilai 0,03331275 m. Penelitian keenam menguji metode direct georeferencing terhadap data yang ada di Indonesia, sehingga nantinya dapat mengurangi jumlah penggunaan GCP. Penelitian ketujuh bertujuan untuk mengetahui karakteristik medan yang ada di sebagian daerah Sumatera Selatan melalui analisis medan dengan pembuatan sekuen medan yang berbasis citra penginderaan jauh. Citra Landsat 8 digunakan untuk mendapatkan informasi tutupan lahan dan bentuk lahan.

Redaksi mengucapkan terima kasih atas kontribusi para penulis, editor, mitra bestari, dan berbagai pihak sehingga edisi ini dapat diterbitkan. Juga kepada pembaca yang budiman, kami harapkan saran dan kritik serta sumbangan pemikiran untuk perbaikan dan kemajuan Geomatika kedepan. Semoga terbitan ini bermanfaat bagi pembaca.

Cibinong, November 2018

Redaksi

PERBANDINGAN RAGAM INPUT MODEL KETINGGIAN UNTUK PEMBENTUKAN *TRUE-ORTHOPHOTO* DI AREA URBAN

(*Comparison of Various Elevation Model Inputs for True-Orthophoto Generation in Urban Areas*)

Eli Juniati¹, dan Harintaka²

¹Badan Informasi Geospasial (BIG)

²Program Studi Magister Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada

Jl. Raya Jakarta- Bogor Km. 46, Cibinong Kab Bogor Jawa Barat 16911 Indonesia

E-mail: eli.juniati@big.go.id

Diterima (received): 06 April 2017; Direvisi (revised): 04 Juni 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 04 Juli 2018

ABSTRAK

Sejak dikemukakan pendekatan produksi *orthophoto* secara digital pada tahun 1988, tahun 1991 USGS (*United States Geological Survey*) memproduksi *orthophoto* digital sebagai program nasional. Terminologi *orthoimage* atau *orthophoto* merupakan proses untuk mengeliminir perspektif *image* dan koreksi pergeseran relief yang disebabkan oleh kondisi *terrain*, untuk menghasilkan *image* atau foto pada proyeksi orthogonal atau membuat kondisi foto menjadi tegak. Dengan demikian *orthophoto* tersebut memiliki skala yang konsisten dan dapat digunakan untuk menghasilkan peta planimetris. Namun, di area urban dengan keberagaman ketinggian bangunan, produksi dengan metode *orthophoto* akan menyebabkan efek bangunan rebah dan menutupi detil objek lain seperti jalan dan fasilitas umum. Hal tersebut dapat diatasi dengan pembentukan *true-orthophoto*. Terminologi *true-orthophoto* akan mengikutsertakan elemen *surface* di model ketinggian pada proses proyeksi *orthogonal*. Manuskrip ini membandingkan pembentukan *true-orthophoto* dengan beragam input model ketinggian, berupa DSM dari LiDAR, *Digital Building Model* (DBM) dan DSM hasil *image matching*, untuk melihat hasil *true-orthophoto* yang paling optimum. Pengerjaannya diawali dengan menyamakan sistem referensi, orthorektifikasi dan deteksi *occluded* yang akan menghasilkan *orthophoto* utama dan *slave-orthophoto*, koreksi radiometrik, kemudian proses *refilling*, pembentukan serta penghalusan mosaik. Secara geometri penggunaan ragam input ketinggian memberikan kualitas yang memenuhi standar peta dasar, namun untuk kualitas visual terbaik diperoleh dengan menggunakan input DBM yang dikombinasikan dengan DSM LiDAR. Penggunaan DSM LiDAR saja dapat juga menghasilkan *true-orthophoto* dengan kualitas visual baik dengan mengubah format model ketinggian menjadi TIN. Dibahas juga kelebihan dan kekurangan dari penggunaan ragam input model ketinggian.

Kata kunci: pembuatan *true-orthophoto*, model ketinggian, LiDAR, *digital building model* (DBM), *image matching*

ABSTRACT

Since the approach of generating orthophotos digitally has been put forward in 1988, in 1991 USGS produced orthophoto digital as a national program. The terminology about orthoimage or orthophoto is a proses to eliminate the perspectiveness of the images and a correction of relief displacement caused by terrain conditions and to produce images on orthogonal projection or make the photo state upright. The orthophotos has a consistent scale and can be used to produce planimetric maps. Nevertheless in urban areas with varying heights, orthophoto generation will cause the occlusion and building lean effect which covered other objects. That problem can be overcome by establishment of true-orthophoto. The true-orthophoto terminology will include the surface element in elevation model for the orthogonal projection process. This manuskrip compares the true-orthophoto generation with various elevation model inputs, LiDAR DSM, DBM and image matching DSM. The processing stages are initiated by synchronizing the reference system, orthorectification and occluded area detection that will produce main orthophoto and slave-orthophoto, radiometric correction, then refilling process, mosaic forming and feathering. Geometrically the use of various elevation model inputs for true-orthophoto generation, provides quality that meets base map standard, but for best visual quality is obtained by using DBM inputs combined with LiDAR. The only use of LiDAR can also produce good visual quality by changing the format model to TIN, DSM image matching has not been able to produce the optimum true-orthophoto. Also discusses the advantages and disadvantages of using that variety input.

Keywords: true-orthophotos generation, elevation model, LiDAR, digital building model (DBM), image matching

PENDAHULUAN

Metode dalam menghasilkan *orthophoto* digital telah diperkenalkan sejak 30 tahun lalu, Mayr & Heipke (1988) memberikan pendekatan alur proses produksi *orthophoto* dan pembahasan tentang kualitas *orthophoto* yang dipengaruhi oleh kualitas input data dan model matematis yang dipakai. *Orthophoto* dapat digunakan sebagai dasar pada revisi peta modern (Mayr & Heipke, 1988), (Amhar et al., 1998), (Nielsen, 2004), (Habib et al., 2007). Dengan demikian, ketersediaan *orthophoto* menjadi kebutuhan dalam penyediaan informasi geospasial.

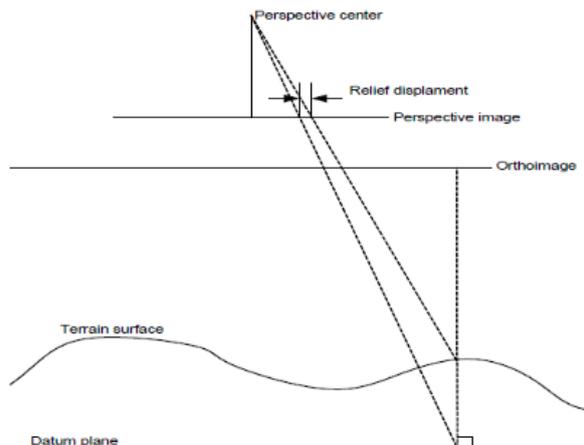
Orthophoto digital berisi informasi tentang karakteristik dari foto atau *image* dan properti geometrik dari peta, selain itu USGS pada tahun 1991 merilis produksi *orthoimage* menjadi program nasional (Zhou et al., 2005). Di Indonesia kebijakan nasional yang mengarah pada ketersediaan *orthoimage* terdapat pada Instruksi Presiden RI (2012) No. 6 tentang penyediaan, penggunaan, pengendalian kualitas, pengolahan dan distribusi data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi. Produksi *orthophoto* dapat dilakukan dengan menambahkan input model ketinggian pada proses orthorektifikasi. Hal yang perlu dibahas berikutnya yaitu input model ketinggian seperti apakah yang dapat dipakai untuk mempercepat pembentukan *orthophoto* dan bagaimana kualitas produk yang dihasilkan.

Orthophoto dan True-Orthophoto

Orthophoto merupakan proses untuk mengeliminir pengaruh perspektif *image* dan koreksi pergeseran relief yang disebabkan oleh kondisi *terrain*, untuk menghasilkan *image* atau foto pada proyeksi *orthogonal* atau membuat kondisi foto menjadi tegak (lihat ilustrasi **Gambar 1**). Data input yang digunakan dalam produksi *orthophoto* yaitu *image* digital, *Interior Orientation* (IO), *Exterior Orientation* (EO) dan *Digital Terrain Model* (DTM) (Mayr & Heipke, 1988). Penggunaan input data tersebut akan mengkoreksi pergeseran relief yang disebabkan karena pengaruh kondisi *terrain* saja.

Produksi digital *orthophoto* dengan metode *orthophoto* terutama di area urban, akan menyebabkan munculnya *occluded areas*, efek bangunan rebah dan menutupi detil objek lain seperti jalan, fasilitas umum atau bangunan lain. **Gambar 2** memperlihatkan bahwa *orthophoto* tidak menunjukkan posisi geometri yang tepat, terutama pada objek bangunan yang tinggi. Hal tersebut dikarenakan algoritma konvensional yang digunakan berbasis DTM 2.5D, yang kemungkinan menghambat dalam perhitungan visibilitas yang benar (Amhar et al., 1998). Hal senada juga disampaikan oleh Qin et al. (2003), penulis

menjelaskan di area urban dengan bangunan-bangunan tinggi, *orthophoto* menggunakan DTM tidak dapat memenuhi persyaratan dalam pembentukan *true-orthophoto*.



Gambar 1. Perspektif dan geometri proyektif yang menyebabkan *relief displacement* (Nielsen, 2004).



Gambar 2. Pergeseran *orthophoto* dengan vektor bangunan peta RBI 1:5.000 (lihat tanda panah kuning).

True-orthophoto akan mengikutsertakan elemen *surface* di model ketinggian pada proses proyeksi *orthogonal*. Pengaruh perspektif dan *relief displacement* yang diakibatkan kondisi *terrain* maupun elemen *surface* dapat dieliminir dengan baik. Proses tersebut menghasilkan foto atau *image* pada posisi geometri yang benar dan tegak, sehingga diperoleh skala yang seragam pada *true-orthophoto*.

Prinsip Dasar Pengolahan True-orthophoto

Prinsip dasar pengolahan *true-orthophoto* adalah dengan melakukan penambahan elemen *surface* pada model ketinggian, sehingga proses proyeksi *orthogonal* juga mengkoreksi dan mengeliminir perspektif dari elemen-elemen *surface* tersebut. Dengan demikian data input yang

digunakan menjadi 1). *Image* digital; 2). *Interior Orientation*; 3) *Exterior Orientation*; 4). *Digital Surface Model*. Tahapan umum pengolahan *true-orthophoto* yaitu: *orthorectification*, *color matching*, *mosaicking* dan *feathering* (Nielsen, 2004).

Penelitian Sebelumnya Terkait Pembentukan True-orthophoto

Amhar et al. (1998) menjelaskan pembentukan *true-orthophoto* dengan penambahan informasi 3D *Digital Building Model* (DBM) atau DSM (DBM dan DTM) dalam proses orthorektifikasi untuk menghasilkan *true-orthophoto*, serta algoritma Z-buffer yang menggunakan prinsip analisis visibilitas dalam memproduksi *orthophoto*. Hal serupa juga disampaikan oleh Qin et al. (2003). Schickier & Thorpe (1998) mengenalkan proses pembuatan *true-orthophoto* secara otomatis, metode mosaik untuk memilih *image* terbaik dan metode otomatis untuk optimasi *seamline*, selain itu juga digunakan data *digital city model* yang dibentuk menjadi TIN (*Triangulated Irregular Network*) sebagai input di proses pembentukan *true-orthophoto*. Kedua metode yang dijelaskan tersebut masih menyisakan *occluded areas* pada *true-orthophoto* yang dihasilkan.

Permasalahan *occluded areas* yang menjadi kekurangan z-buffer algorithm menjadi fokus studi yang dilakukan oleh Bang et al. (2007), metode yang diterapkan menghilangkan *occluded areas* dengan menggunakan *sorted DEM Method*. Metode tersebut hampir sama dengan z-buffer, perbedaannya: setiap piksel pada *image* sumber hanya diakses sekali, *point* yang terlihat pada ruang objek dijadikan sebagai nilai piksel dan hanya memerlukan memori yang lebih sedikit dibanding metode z-buffer.

Penggunaan *multi-view images* dalam pembentukan *true-orthophoto* dikemukakan oleh Rau et al. (2002), Chen et al. (2007). Palà & Arbiol (2002) juga mengusulkan hal yang serupa dengan penambahan penggunaan DEM yang presisi. Dari skema yang diberikan diklaim mampu meminimalkan *hidden areas* dan *shadow defects*, serta meningkatkan level interpretasi dari *true-orthophoto*. Permasalahan geometri atau posisi untuk menghasilkan *true-orthophoto* dapat didekati dengan menambahkan elemen *surface*, *Z-buffer algorithm* serta *multi-view image*. Untuk meningkatkan proses mosaik *orthophoto* Nielsen (2004) mengenalkan algoritma *histogram matching*, yaitu memberikan properti radiometrik yang sama dan menerapkan *feathering* di sepanjang *seamline*, untuk menghilangkan perbedaan yang tersisa.

Studi komprehensif dalam pembentukan *true-orthophoto* dijelaskan oleh Zhou et al. (2005), yaitu mendetilkan kembali metode atau algoritma yang telah ada sebelumnya, menggunakan DBM

dan DTM yang akurat, deteksi dan kompensasi *shadows areas* dan *occluded areas* dengan modifikasi Z-buffer algorithm, koreksi radiometrik untuk *balancing* di setiap *image*. Metode yang disebutkan mampu meng-orthorektifikasi *displacement* objek secara benar dan efektif yg disebabkan oleh *terrain* dan bangunan pada foto udara skala besar.

Studi berikutnya mulai terfokus pada penggunaan DSM dari data LiDAR seperti yang dilakukan oleh Liu et al. (2007), Barazzetti et al. (2007) dan Oliveira & Galo (2013). Dari hasil penelitian tersebut menunjukkan data ketinggian dari LiDAR dapat dimanfaatkan untuk memproduksi *true-orthophoto*. Penggunaan wahana UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dalam teknologi akuisisi data foto udara serta berkembangnya pengolahan untuk menghasilkan data ketinggian dengan metode *dense matching* atau *image matching*, mendorong modifikasi dalam pembentukan *true-orthophoto* menggunakan input data ketinggian yang berbeda. Penelitian yang dilakukan oleh Barazzetti et al. (2014) menunjukkan hasil cukup baik, karena pada data UAV terdapat multiple *images*, sehingga permasalahan *occluded areas* dapat di *refilling* dengan *image* yang lain. Belum diketahui jika metode tersebut diterapkan pada data hasil akuisisi fotogrametri dengan kamera udara metrik.

Penyebab Permasalahan dalam Produksi Orthophoto

Permasalahan dalam produksi *true-orthophoto* yang disampaikan oleh Rau et al. (2002) dan Zhou et al. (2005), dapat berupa 1). *Ghost images*, yaitu efek pada data *orthophoto* berupa atap bangunan yang tumpang tindih dengan bagian bawah bangunan sehingga terlihat dua. 2). *Occlusion* dan *building lean*, adanya fitur atau objek pada *orthophoto* yang terdistorsi dari lokasi yang seharusnya. Distorsi tersebut menyebabkan bangunan tinggi terlihat rebah hingga ke jalan atau fitur lain yang lebih rendah. 3). Bayangan bangunan, yaitu *orthophoto* tidak dapat menghilangkan bayangan bangunan sehingga dapat mempengaruhi tampilan dari *orthophoto*.

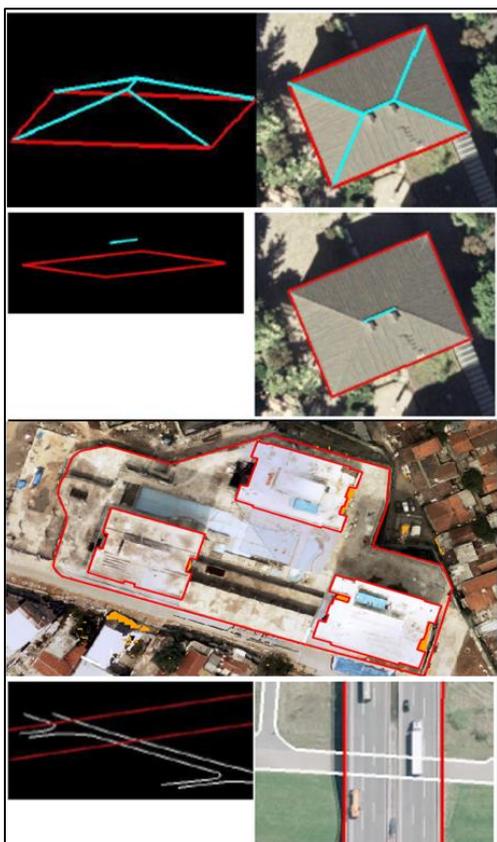
Permasalahan lain yang timbul, 4). Orthorektifikasi yang tidak sempurna karena model ketinggian yang tidak akurat, 5). *Refilling occluded area* yang tidak sempurna, hal ini dapat dipengaruhi oleh presentasi *overlap* dan *sidelap* dari foto udara, terutama jika di area urban terdapat bangunan yang tinggi, perencanaan misi sebelum akuisisi perlu diperhatikan. 6). Perbedaan akurasi geometri dari *orthophoto* yang berdekatan, hal ini dapat disebabkan oleh koreksi distorsi lensa yang kurang sempurna, besarnya distorsi akan mempengaruhi posisi objek pada bidang foto. Permasalahan lainnya yaitu adanya 7). Perbedaan radiometrik pada

orthophoto yang berdekatan, berupa perbedaan kecerahan diantara fitur yang ada pada *scene* yang berbeda akan mempengaruhi hasil mosaik.

Ragam Input Model Elevasi untuk Produksi *True-orthophoto*

Digital Building Model (DBM)

DBM yang dimaksudkan adalah vektor yang mendeskripsikan detail permukaan yang biasanya merupakan objek-objek buatan manusia, seperti bangunan dan jembatan atau dapat berupa bidang tembok atau atap (Amhar et al., 1998). DBM dapat dihasilkan dari proses *stereoplotting* pada data foto udara yang dilakukan secara interaktif. Pada penelitian ini DBM yang digunakan sebagian berasal dari data vektor bangunan dari Peta RBI skala 1:5.000. Bangunan dari Peta RBI menunjukkan deliniasi pada batas terluar bangunan, sehingga pada penelitian ini dilakukan penambahan deliniasi bangunan dengan mengamati *stereoplotting* 3D, seperti diperlihatkan pada **Gambar 3**. Data DBM dibuat dalam format. DXF dan akan digunakan pada tahapan penyusunan format model elevasi.



Sumber: ((Trimble, 2015b) dengan penambahan). **Gambar 3.** Contoh penarikan vektor untuk DBM.

Digital Surface Model (DSM) dari LiDAR

Teknologi LiDAR atau *Light Detection and Ranging* dikenal mampu mempercepat proses dalam menghasilkan model ketinggian jika dibandingkan dengan metode pengamatan

stereokompilasi secara manual. Selain itu, model ketinggian yang dihasilkan juga lebih rapat, tergantung pada kuat atau lemahnya *pulse* yang dipancarkan sensor LiDAR dan pengaturan kerapatan pada saat akuisisi data. Model ketinggian dari LiDAR dapat digunakan sebagai input model ketinggian pada pembentukan *true-orthophoto*, seperti yang telah dilakukan oleh Liu et al. (2007), Barazzetti et al. (2007) dan Oliveira & Galo (2013).

Digital Surface Model (DSM) Hasil Image Matching atau Dense Matching

Metode pengolahan untuk menghasilkan data ketinggian secara otomatis mengalami perkembangan yang signifikan, diantaranya dilakukan oleh Haala (2009), Höhle (2009), Gehrke et al. (2010) dan Re et al. (2012). Berdasarkan penelitian tersebut rerata perbedaan ketinggian antara model ketinggian dari LiDAR dan hasil *image matching* berkisar pada 4 cm hingga 20 cm. Penggunaan model ketinggian hasil *image matching* dapat dijadikan sebagai alternatif untuk input dalam pembentukan *true-orthophoto*.

METODE

Lokasi, Data dan Perangkat yang Digunakan

Lokasi yang digunakan untuk studi berada di area urban Kota Bandung, tepatnya pada batas area berikut 6,958333°LS dan 107,604167°BT hingga 6,937500°LS dan 107,666667°BT. Pada area tersebut terdapat bangunan-bangunan dan objek lain dengan variasi ukuran dan ketinggian. Lebih detil, data dan perangkat yang digunakan dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Data dan perangkat yang digunakan.

No	Jenis Data/Perangkat	Keterangan
1.	<i>Interior Orientation</i>	*)
2.	<i>Exterior Orientation</i> (hasil Triangulasi Udara)	*) akurasi Hz ≤ 0,5 m, Vt 0,15 m ≤ V ≤ 0,3m
3.	Foto Udara Digital format .Tiff Leica RCD30, f = 53mm sensor type CCD frame	*) - <i>overlap</i> 60 - 65% - <i>sidelap</i> 25 - 35% - GSD / resolusi spasial 15 cm
4.	Data LiDAR format LAS	*) Kerapatan 6 titik per meter persegi
5.	<i>Digital Buiding Model (DBM)</i> format .shapefiles	Hasil pengamatan interaktif stereoplotting
6.	Peta RBI skala 1:5.000	**)

No	Jenis Data/Perangkat	Keterangan
7.	Trimble Photogrammetry 8.0	**) Modul: Match T-DSM, OrhoMaster, ImageCommander, Orthovista dan Seamline Editor
8.	Microstation - Terrascan	**)
9.	ENVI	Untuk filtering

Sumber: *) Project milik PT. Asi Pudjiastuti Geosurvey akuisisi tahun 2015.
 **) Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:5.000, hasil pengamatan stereoplotting foto udara digital akuisisi tahun 2014.

Data LiDAR dan foto udara yang menjadi input pembuatan *true-orthophoto*, diakuisisi secara bersamaan (dua sensor dalam satu platform). Terdapat input lain berupa data IO serta EO hasil Triangulasi Udara. Selain itu, pada area studi kasus dilakukan juga pengamatan interaktif 3D untuk deliniasi data DBM. Peta RBI skala 1:5.000 dari pengamatan stereoplotting hasil akuisisi tahun 2014 dijadikan sebagai data pembandingan atau uji kualitas hasil pengolahan. Peta RBI skala 1:5.000 berada pada sistem referensi berikut: Datum WGS 84, sistem proyeksi UTM Zona 48S, datum tinggi dalam EGM 2008. Untuk referensi horisontal foto udara sudah berada pada sistem yang sama, sedangkan untuk referensi tinggi data LiDAR masih dalam sistem ellipsoid.

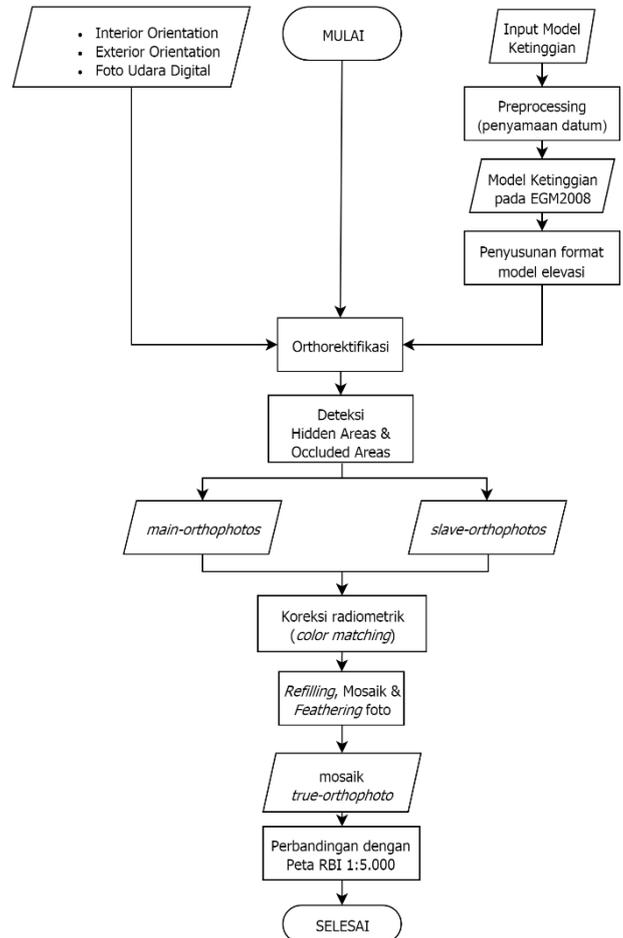
Sebelum proses pembentukan *true-orthophoto*, dilakukan penyamaan sistem referensi, terutama datum tinggi pada data LiDAR, disamakan dalam EGM 2008. Proses konversi sistem tinggi dilakukan menggunakan Microstation, dengan input model geoid EGM2008. Dari hasil konversi sistem tinggi tersebut, diperoleh rerata nilai undulasi di lokasi studi sebesar -22,1 meter, dengan demikian sistem tinggi ellipsoid bernilai lebih tinggi dari sistem geoid.

Diagram Alir Pengerjaan

Tahapan perbandingan pembentukan *true-orthophoto* dengan ragam input model elevasi, dibuat menjadi lima (5) skenario pengerjaan (Tabel 2). Setiap skenario diimplementasikan dengan menggunakan alur pengerjaan yang ditunjukkan pada diagram alir di Gambar 4. Untuk tahapan *preprocessing* merupakan tahapan persiapan data dan penyamaan sistem referensi, seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab sebelumnya. Penjelasan lebih detail dijelaskan pada sub- bab berikutnya.

Tabel 2. Skenario ragam input data model elevasi.

Skenario#	Input Model Elevasi
Skenario#1	DSM LiDAR (format GRID)
Skenario#2	DSM LiDAR (format TIN)
Skenario#3	DSM LiDAR + DBM
Skenario#4	DSM <i>image matching</i>
Skenario#5	DSM <i>image matching</i> + DBM



Gambar 4. Diagram alir pengerjaan.

Pembentukan Image Matching atau Dense Image Matching

Tahapan ini khusus dilakukan untuk menghasilkan model ketinggian atau elevasi dengan metode *image matching* atau *dense image matching*. Proses ini dilakukan dengan menggunakan perangkat Match T-DSM, dengan data input berupa IO, EO hasil Triangulasi Udara dan foto udara digital (*overlap* 60 - 65% dan *sidelap* 25 - 35%). Berdasarkan *Reference Manual Match T-DSM*, algoritma yang digunakan dalam pembentukan *dense matching* adalah *Least Squares Matching* (LSM), *Feature Based Matching* (FBM) dan *Cost Based Matching* (CBM) (Trimble, 2015a). EO hasil Triangulasi Udara telah berada pada Datum WGS 84, sistem proyeksi UTM Zona 48S, datum tinggi dalam EGM 2008, sehingga DSM yang dihasilkan juga telah berada pada referensi yang sama.

Penyusunan Format Model Elevasi

Berdasarkan skenario yang disusun pada **Tabel 2**, maka format model elevasi yang digunakan juga disesuaikan. Secara general format model elevasi dapat dibedakan menjadi dua yaitu 1). format data dengan representasi dalam bentuk grid, yang akan berekstensi *.dtm, 2). Format dalam bentuk TIN (*Triangulated Irregular Network*), yang dapat berupa DXF, VRML, dll. Selain itu model elevasi juga dapat dikombinasikan menjadi *hybrid grid*.

Yang dimaksud dengan data *hybrid* yaitu format model ketinggian yang mengkombinasikan titik grid reguler dengan tambahan data morfologi seperti *breaklines*, *form lines* dan lainnya, serta akan berekstensi *.dtm, yang juga merupakan format grid. Misalnya menggabungkan DSM LiDAR/*image matching* dengan data DBM. Lebih detail, penyusunan format model elevasi untuk setiap skenario ditunjukkan pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Format model elevasi.

Skenario#	Format Model Elevasi
Skenario#1	DSM LiDAR (format GRID)
Skenario#2	DSM LiDAR (format TIN)
Skenario#3	DSM LiDAR+DBM (Hybrid GRID)
Skenario#4	DSM <i>image matching</i> (GRID)
Skenario#5	DSM <i>image matching</i> +DBM (Hybrid GRID)

Orthorektifikasi

Orthorektifikasi sendiri dilakukan dengan proses reprojeksi, yaitu sinar dari foto di proyeksikan kembali ke model ketinggian. Proses reprojeksi dapat dilakukan dengan dua cara *forward projection* dan *backward projection*. *Forward projection* merupakan proses memproyeksikan foto awal (sumber) ke model ketinggian atau elevasi. Pada *forward projection* titik-titik reguler pada foto awal menjadi titik-titik tidak teratur, maka perlu dilakukan interpolasi menjadi piksel array yang teratur agar dapat disimpan menjadi *image digital*. Proses lanjutan tersebut dinamakan *backward projection*, piksel dari foto keluaran diproyeksikan kembali ke foto awal, interpolasi tidak dilakukan di *orthophoto* namun dilakukan di foto awal. Dengan demikian hanya piksel yang dibutuhkan yang direprojeksikan ke *orthophoto* (Nielsen, 2004). Ilustrasinya seperti ditunjukkan pada **Gambar 1**.

Deteksi Hidden Areas dan Occluded Areas

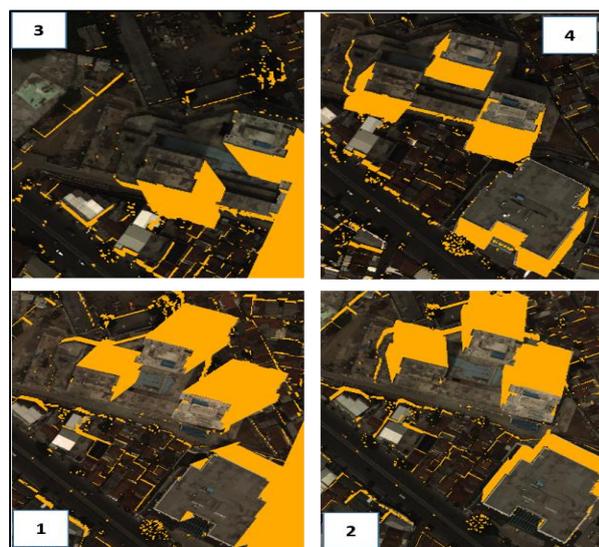
Gambar 5 menunjukkan empat buah *frame* foto udara sebelum proses *true-orthophoto*. Foto 1 dan 2 dapat disebut sebagai foto utama dan foto 3 dan 4 dapat disebut sebagai foto pelengkap. Pada gambar tersebut, dapat dilihat

objek bangunan tinggi belum terproyeksi secara sempurna.



Gambar 5. Empat buah foto awal, sebelum proses *true-orthorektifikasi*.

Proses reprojeksi foto awal ke model elevasi akan menghasilkan foto *orthogonal* yang pengaruh perspektifnya telah berkurang, sehingga posisi geometri bagian atas dan bagian bawah bangunan sama secara planimetris (posisi X dan posisi Y), serta tidak ada kenampakan bagian tembok bangunan. Hal ini akan menyebabkan terdapat piksel-piksel di foto awal yang tidak direprojeksikan. Piksel tersebut dapat ditandai dengan nilai atau warna tertentu yang menandakan piksel tersebut merupakan *hidden areas* atau *occluded areas* (**Gambar 6**).



Gambar 6. *Occluded areas* ditandai dengan piksel berwarna *orange*.

Hidden areas atau *occluded area* dari setiap foto udara hasil *true-orthorektifikasi* dapat ditutupi atau diminimalkan. Pada proses *refilling* dan

mosaik, tahapan ini masih menghasilkan *image* dengan tampilan yang kurang jelas (terlalu gelap). Perlu dilakukan koreksi radiometrik sebelum proses *refilling* dan mosaik dilakukan.

Koreksi Radiometrik

Kualitas radiometrik di setiap *single frame* foto udara bisa berbeda-beda yang dapat menyebabkan tampilan visual foto udara hasil *true-orthophoto* terlalu gelap, terlalu terang atau sulit diinterpretasikan. Koreksi radiometrik perlu dilakukan terhadap setiap *single frame* hasil pengolahan *true-orthophoto*. Koreksi radiometrik dilakukan dengan menggunakan modul ImageCommander dari *software* Trimble Photogrammetry. Implementasi praktisnya dengan menerapkan koreksi histogram dan koreksi radiometrik secara interaktif untuk semua foto.

Refilling dengan Slave-Orthophoto

Hasil tahapan orthorektifikasi dan deteksi *occluded areas*, menghasilkan dua *image true-orthophoto*. Pertama *main-orthophoto*, dan yang kedua adalah *slave-orthophoto*. Sebagai ilustrasi (**Gambar 5**), pada nomor 1 dan 2 adalah foto udara yang bersebelahan (foto kiri dan foto kanan), sehingga objek bangunan tinggi tersebut terlihat di nomor 1 dan 2, kedua foto ini dapat disebut sebagai foto utama. Selain itu, objek yang sama juga terlihat di foto yang lain (nomor 3 dan 4), foto inilah yang dianggap sebagai foto pelengkap (*slave-orthophoto*).

Gambar 6, menunjukkan hasil orthorektifikasi dan deteksi *occluded areas*, yang ditandai dengan piksel-piksel berwarna *orange*. *Occluded areas* tersebut akan diisi dengan *single frame true-orthophoto* yang saling berdekatan, baik dari *main-orthophoto* maupun *slave-orthophoto*. Proses ini dinamakan proses *refilling*. *Slave-orthophoto* merupakan istilah untuk menyebut *single frame* lain yang juga sudah tegak dan menjadi kandidat untuk mengisi *occluded areas*. Standar akuisisi data secara fotogrametri umumnya mensyaratkan *overlap* 60 - 65% dan *sidelap* 25 - 35%. Berdasarkan standar tersebut, setidaknya suatu objek akan terlihat di empat buah frame foto. Perlu dilihat kembali apakah empat buah *frame true-orthophoto* ini mampu memenuhi kebutuhan untuk menghasilkan *true-orthophoto* di area urban dengan maksimal.

Mosaicking dan Feathering

Tahapan berikutnya yaitu proses mosaik dan *feathering*. Proses mosaik dilakukan untuk memilih bagian terbaik *image* dan menggabungkannya sehingga menjadi *true-orthophoto* dengan cakupan yang luas.

Proses *feathering* dilakukan untuk penyeragaman warna dan penghalusan di sepanjang *seamline* atau garis penggabungan *image*, agar diperoleh gabungan *true-orthophoto* yang *seamless*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 7 menunjukkan perbedaan hasil dari setiap skenario yang diterapkan. Tampilan hasil merupakan tampilan perbesaran pada objek bangunan dengan ketinggian yang ekstrem dibanding bangunan lain di sekitarnya. Objek bangunan tersebut berupa bangunan dengan tiga *tower apartment*.

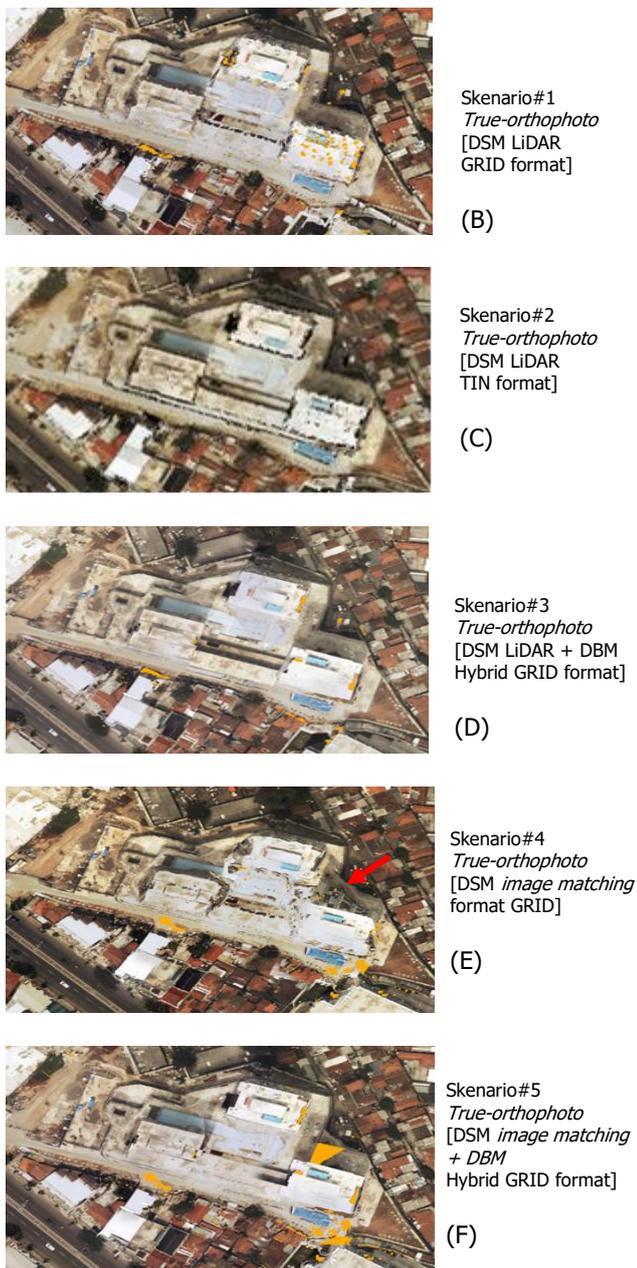
Hasil True-orthophoto pada Objek Bangunan

Hasil pembentukan *true-orthophoto* seperti pada **Gambar 7**, secara umum menunjukkan dengan adanya penambahan elemen *surface* pada proses orthorektifikasi akan mengeliminir pengaruh perspektif dan *relief displacement*. Jika dibandingkan dengan hasil *orthophoto*, efek bangunan rebah (*building lean*) telah dapat dikoreksi. Penggunaan DBM pada proses pembentukan *true-orthophoto* mampu menghilangkan *ghost images* dan hasil *orthophoto* lebih sempurna juga rapi. Tanpa penambahan DBM menyebabkan hasil orthorektifikasi pada tepi bangunan terlihat kurang tegas dan bergerigi, terutama penggunaan format grid.

Berbeda dengan penggunaan representasi ketinggian dalam bentuk TIN (**Gambar 7.C**), *true-orthophoto* terlihat rapi, tepi objek dapat diidentifikasi, namun masih belum setegas hasil orthorektifikasi dengan penambahan DBM. Penggunaan model ketinggian dari hasil *image matching* masih menghasilkan *orthophoto* yang tidak sempurna, kemungkinan dipengaruhi oleh model ketinggian yang tidak sempurna, seperti ditunjukkan pada tanda panah merah di **Gambar 7 E** Skenario#4. Selain itu masih terdapat ketidaksempurnaan proses *refilling* yang dijumpai pada hasil *true-orthophoto* (ditandai dengan piksel-piksel berwarna kuning). Hal tersebut mengindikasikan perlunya tambahan *slave-orthophoto* dari *multi-view* foto udara, atau dengan menambahkan setting *overlap* dan *sidelap* saat akuisisi data foto udara di area urban.



Orthophoto biasa
(A)

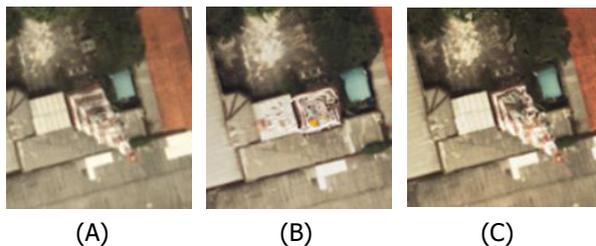


Gambar 7. Hasil pembentukan *true-orthophoto* dengan ragam input model ketinggian.

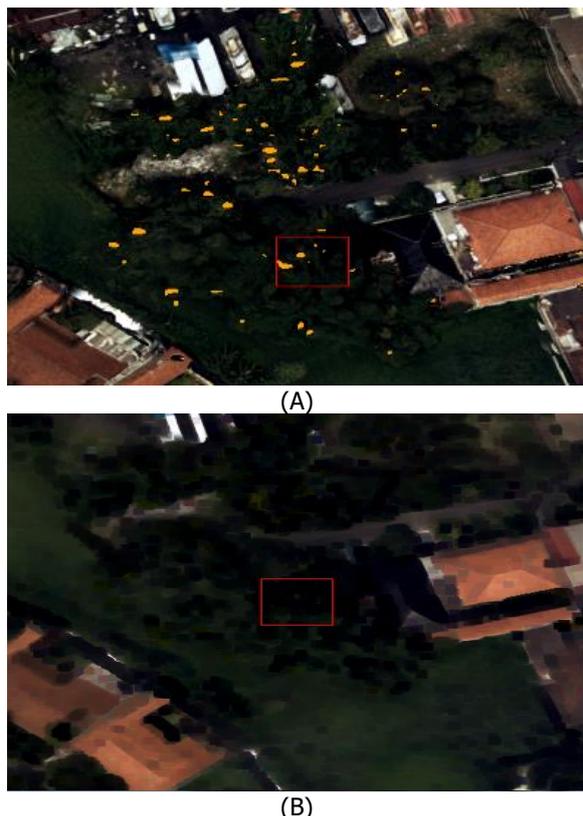
Hasil *True-orthophoto* pada Objek atau Detil Lain

Penambahan *elemen surface* pada pembentukan *true-orthorektifikasi* juga mempengaruhi objek lain seperti menara pemancar dan juga vegetasi. Objek seperti menara pemancar yang dapat diidentifikasi pada model ketinggian LiDAR, menyebabkan objek tersebut dapat terkoreksi posisi geometrinya secara tepat dan kesalahan perspektif dapat tereliminir. Objek tersebut tidak terlihat rebah, seperti ditunjukkan pada **Gambar 8**. Sedangkan pada penggunaan model ketinggian hasil *image matching* objek menara pemancar tidak terkoreksi dengan baik. Model ketinggian DBM biasanya hanya memuat informasi tentang model ketinggian bangunan atau jembatan atau objek buatan manusia dengan

ukuran yang besar dan tinggi, tidak memuat model ketinggian untuk objek seperti menara pemancar. Demikian juga model 3D dari hasil *image matching* dengan metode yang diterapkan, belum dapat memodelkan objek menara pemancar dengan benar. Hal tersebut berkebalikan dengan penggunaan DSM LiDAR yang dapat mendeteksi objek seperti menara pemancar. Dengan demikian penambahan elemen *surface* untuk objek kecil namun tinggi diperlukan dalam pembentukan *true-orthophoto*.



Gambar 8. *True-orthophoto* pada objek menara pemancar, (A) *Orthophoto*, (B) Hasil Skenario#1,#2 dan #3, dan (C) Hasil Skenario#4,#5.



Gambar 9. Sebelum dan sesudah penerapan *morphology filter* pada *image* hasil mosaik, (A) *occluded areas* yang tersisa pada objek vegetasi (piksel kuning), dan (B) Hasil *morphology filter* data *true-orthophoto* untuk menghilangkan *occluded area* pada objek vegetasi.

Occluded area dapat dieliminir atau dihilangkan pada proses *refilling* dan menyertakan *slave-orthophoto*. Namun jika ketersediaan *slave-*

orthophoto tidak memadai seperti pada area studi, maka masih menyisakan *occluded area* di beberapa tempat. Alternatif lain yang dapat dilakukan jika ketersediaan *slave-orthophoto* tidak memadai, dapat menerapkan teknik *morphology filtering* untuk menghilangkan *occluded area*. Dalam hal ini diasumsikan *occluded area* sebagai *noise*. Perbandingan hasil sebelum dan sesudah penerapan filtering ditunjukkan pada **Gambar 9**.

Teknik *morphology filter* diuji cobakan pada data hasil mosaik *true-orthophoto*. Teknik ini mampu menghilangkan *occluded area*, namun, akan mereduksi kedetilan informasi dari foto udara. Hal ini disebabkan struktur elemen pada *morphology filter* yang akan menstrukturisasi ulang semua nilai piksel dengan nilai piksel yang berdekatan sesuai ukuran struktur elemen yang diterapkan. Pada manuskrip ini diuji cobakan penggunaan struktur elemen 3x3. Teknik ini hanya diuji cobakan, namun tidak diterapkan di diagram alir karena alasan berkurangnya kedetilan informasi.

Pengaruh Keakuratan Model Ketinggian Terhadap Hasil True-orthophoto

Penggunaan ragam input model ketinggian dan format model ketinggian pada proses pembentukan *true-orthophoto*, dengan lima skenario di atas memberikan hasil yang cukup berbeda. Penambahan elemen *surface DBM* mampu membuat hasil *true-orthophoto* benar secara bentuk geometrinya serta rapi dan tegas pada tepi bangunan. Namun, hal tersebut juga dipengaruhi keakuratan operator dalam mendeliniasi vektor bangunan secara manual.

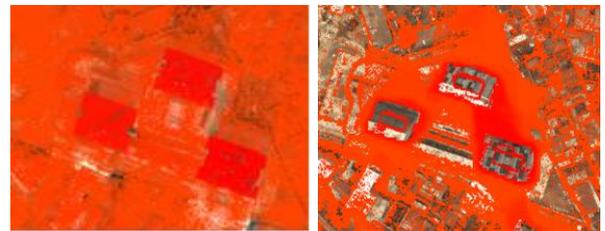
Proses untuk menghasilkan DBM yang umum digunakan hingga saat ini adalah pengamatan stereoplotting interaktif terhadap data foto udara. Penggunaan metode tersebut dapat mengakibatkan proses pembuatan *true-orthophoto* memerlukan waktu yang lama, karena menunggu ketersediaan DBM terlebih dahulu. Selain itu, akurasi DBM masih dipengaruhi oleh faktor subyektifitas operator. Adanya ketersediaan model ketinggian dari LiDAR maupun *image matching* memberikan alternatif input data ketinggian. Penggunaan DSM *image matching* masih memiliki keterbatasan, seperti ditunjukkan pada **Gambar 7.E**. Model ketinggian dari LiDAR dan *image matching* secara visual dapat dibandingkan.

Kerapatan Points Cloud yang Dihasilkan

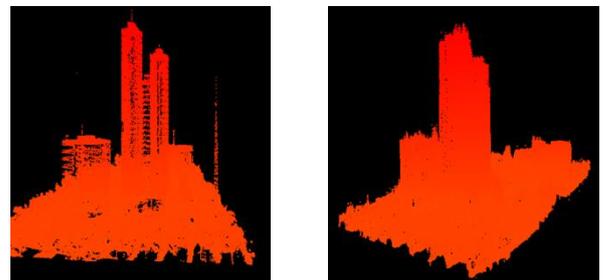
Gambar 10 menunjukkan kerapatan *point clouds* dari LiDAR lebih rapat dan teratur, sedangkan pada *point clouds* hasil *image matching*, di area tertentu sangat rapat, namun di area lain cukup jarang. Tampilan 3D dari kedua tipe model ketinggian (**Gambar 11**), menunjukkan DSM *image matching* belum mampu memodelkan bangunan

dengan keragaman ketinggian yang kompleks dengan baik. Masing-masing *tower apartment* tidak terpisah seperti halnya pada LiDAR. Hal ini turut menyumbang ketidaksempurnaan pada pembentukan *true-orthophoto*.

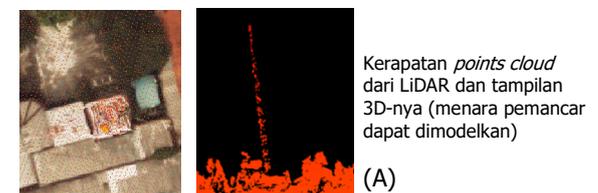
Untuk objek dengan ukuran relatif kecil namun memiliki ketinggian seperti menara pemancar, kedua model ketinggian ini juga memiliki perbedaan yang signifikan. Perbedaan tersebut ditunjukkan pada **Gambar 12**. Untuk objek kecil dan tinggi seperti menara pemancar, model ketinggian dari LiDAR memberikan hasil yang realistis, sedangkan hasil *image matching* tidak dapat memodelkan objek menara pemancar dengan benar. **Gambar 12 B** menunjukkan objek menara pemancar dimodelkan seperti vegetasi yang ada di sekitarnya. Hal ini menyebabkan objek menara pemancar tidak terproyeksi secara benar.



(A) (B)
Gambar 10. Perbedaan kerapatan *points clouds* yang dihasilkan (A) LiDAR; (B) *image matching*.

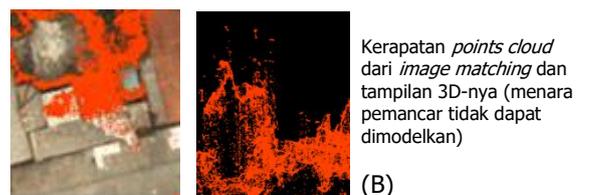


(A) (B)
Gambar 11. Tampilan 3D dari model ketinggian (A) LiDAR dan (B) hasil *image matching*.



Kerapatan *points cloud* dari LiDAR dan tampilan 3D-nya (menara pemancar dapat dimodelkan)

(A)



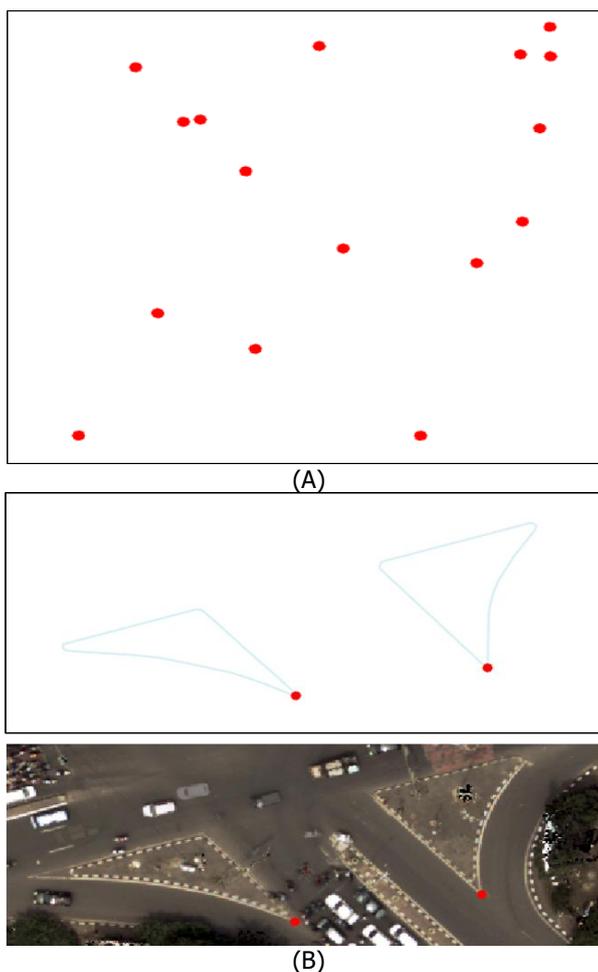
Kerapatan *points cloud* dari *image matching* dan tampilan 3D-nya (menara pemancar tidak dapat dimodelkan)

(B)

Gambar 12. Perbedaan *points clouds* (A) LiDAR dan (B) *image matching*.

Perbandingan Hasil True-Orthorektifikasi dengan Peta Rupabumi Indonesia Skala 1:5.000

Hasil pengolahan *true-orthorektifikasi* dibandingkan dengan Peta RBI skala 1:5.000, dilihat apakah terdapat ketidaktepatan dengan data vektor RBI. Peta RBI disini dianggap sebagai data terbaik yang tersedia dan dijadikan patokan. Data vektor Peta RBI ditentukan posisi objek yang tegas dan dapat diidentifikasi pada *image* hasil *orthophoto*. Posisi titik objek yang dijadikan pembanding diambil dari nilai *vertex* objek yang dipilih. Sebaran titik pembanding dapat dilihat pada **Gambar 13**. Langkah selanjutnya adalah dengan dilakukannya identifikasi posisi objek yang sama di semua *image* hasil pengolahan. Hasil analisisnya seperti terlihat pada **Tabel 4**.



Gambar 13. Sebaran titik pembanding dan ilustrasi posisinya, (A) Sebaran titik pembanding di lokasi studi dan (B) Contoh ilustrasi posisi titik pembanding yang diambil dari data vektor Peta RBI 1:5.000.

Tabel 4. Hasil perbandingan kualitas geometri dengan Peta RBI 1:5.000.

Skenario	Data	Format Model	RMS E	CE90
#1	DSM LiDAR	Grid	0.63	0.96
#2	DSM LiDAR	TIN	0.70	1.06
#3	DSM LiDAR + DBM	Hybrid Grid	0.56	0.85
#4	DSM <i>Image Matching</i>	Grid	0.77	1.17
#5	DSM <i>Image Matching</i> + DBM	Hybrid Grid	0.71	1.07

Hasil perbandingan dengan Peta RBI 1:5.000, secara geometri (**Tabel 4.**) menunjukkan perbedaan atau *circular error* paling besar pada penggunaan model input DSM *image matching* dan penggunaan DSM LiDAR + DBM. Pada penggunaan DSM LiDAR + DBM memiliki *circular error* sebesar 0,85 meter, sedangkan DSM *Image Matching* sebesar 1,17 meter. Penambahan informasi DBM mampu mengurangi kesalahan sekitar 10 centimeter daripada tanpa penambahan DBM, seperti ditunjukkan pada skenario #3 dan #5.

Penggunaan model ketinggian berupa LiDAR maupun hasil *image matching*, secara geometri menunjukkan perbedaan sekitar 10-32 centimeter. Berdasarkan SNI ketelitian peta dasar secara garis besar nilai *error* yang ditunjukkan masih memenuhi untuk menghasilkan peta turunan pada skala 1:5.000 (BSN, 2015). Secara geometri semua jenis input model ketinggian dapat memenuhi standar, namun secara kualitas visual berupa ketajaman batas objek dan kemampuan mengkoreksi objek selain bangunan, penggunaan model ketinggian berupa LiDAR memberikan hasil yang terbaik (**Gambar 7** dan **Gambar 8**).

KESIMPULAN

Pembentukan *true-orthophoto* memerlukan tambahan elemen *surface* dalam proses orthorektifikasi. Elemen *surface* yang dapat digunakan antara lain DBM, DSM LiDAR serta DSM hasil *image matching*. Secara geometri penggunaan beragam input model ketinggian tersebut mampu memenuhi standar untuk skala 1:5.000, namun dalam implementasi praktisnya perlu juga dipertimbangkan aspek kualitas visual dari hasil *true-orthophoto*. Kualitas visual yang dimaksud di sini adalah ketajaman batas objek dan kemampuan mengkoreksi objek lain selain bangunan.

Kombinasi DBM dengan model ketinggian LiDAR dalam proses orthorektifikasi, memberikan hasil yang maksimal dibanding input ketinggian yang lain. Akurasi dari DBM juga dipengaruhi oleh subjektivitas intrepeter dalam mengamati objek bangunan secara stereoplotting 3D. Perkembangan teknologi ekstraksi informasi secara otomatis, mungkin dapat membantu dalam mempercepat perolehan data DBM.

Permasalahan *occluded area* dapat diatasi dengan menambah *slave-orthophoto* atau *multi-view images*. Dalam manuskrip ini masih digunakan data hasil fotogrametri standar, ke depannya dapat menjadi pertimbangan untuk menambah cakupan *overlap* dan *sidelap* untuk akuisisi foto udara di area urban, sehingga didapatkan *slave-orthophoto* yang dapat saling melengkapi. Penambahan cakupan *overlap* atau *sidelap*, juga akan membantu meningkatkan kualitas DSM hasil *image matching*, seperti halnya pada data UAV.

Penggunaan model ketinggian dari DSM LiDAR juga mampu mengkoreksi objek kecil seperti menara pemancar, yang tidak dapat diatasi dengan penggunaan DTM, DBM atau DSM hasil *image matching*. Penggunaan format model elevasi berupa TIN, grid maupun *hybrid grid*, juga turut mempengaruhi kualitas hasil *true-orthophoto* terutama kualitas secara visualnya, sedangkan kualitas geometri relatif tidak berbeda signifikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih diucapkan kepada PT. ASI Pudjiastuti Geosurvey yang telah memberikan contoh data yang digunakan untuk studi ini, serta kepada Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim, BIG yang telah memfasilitasi data penelitian berikut perangkat pengolahan. Terimakasih juga kepada semua pihak yang ikut membantu dan memberikan semangat pada proses studi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amhar, F., Jansa, J., & Ries, C. (1998). The generation of true *orthophotos* using a 3D building model in conjunction with a conventional DTM. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32, 16-22.
- Bang, K., Habib, A. F., Shin, S., & Kim, K. (2007). Comparative analysis of alternative methodologies for true-ortho-photo generation from high resolution satellite imagery. *ASPRS ANNUAL*, 2007.
- Barazzetti, Brovelli, M., & Scaioni, M. (2007). *Problems related to the generation of true-orthophotos with LiDAR DDSMs*. Paper presented at the ISPRS Workshop on Laser Scanning.
- Barazzetti, Brumana, R., Oreni, D., Previtali, M., & Roncoroni, F. (2014). True-*orthophoto* generation from UAV images: Implementation of a combined photogrammetric and computer vision approach. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2(5), 57.
- BSN, B. S. N. (2015). SNI 8202:2015 tentang Ketelitian Peta Dasar (Vol. 8202). Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Chen, L. C., Teo, T. A., Wen, J. Y., & Rau, J. Y. (2007). Occlusion-Compensated True-Orthorectification For High-Resolution Satellite Images. *The Photogrammetric Record*, 22(117), 39-52.
- Gehrke, S., Morin, K., Downey, M., Bohrer, N., & Fuchs, T. (2010). *Semi-global matching: An alternative to LiDAR for DSM generation*. Paper presented at the Proceedings of the 2010 Canadian Geomatics Conference and Symposium of Commission I.
- Haala, N. (2009). *Comeback of digital image matching*. Paper presented at the Photogrammetric Week.
- Habib, A. F., Kim, E.-M., & Kim, C.-J. (2007). New methodologies for true-*orthophoto* generation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 73(1), 25-36.
- Höhle, J. (2009). DEM generation using a digital large format frame camera. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 75(1), 87-93.
- Instruksi Presiden RI, I. (2012). *Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan Dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi*. Jakarta: Presiden Republik Indonesia Retrieved from <http://jdih.big.go.id/hukumjdih/1811>.
- Liu, X., Zhang, Z., Peterson, J., & Chandra, S. (2007). LiDAR-derived high quality ground control information and DEM for image orthorectification. *GeoInformatica*, 11(1), 37-53.
- Mayr, W., & Heipke, C. (1988). A contribution to digital *orthophoto* generation. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 27(B11), 430-439.
- Nielsen, M. Ø. (2004). *True-orthophoto generation*. Technical University of Denmark, DTU, DK-2800 Kgs. Lyngby, Denmark.
- Oliveira, H., & Galo, M. (2013). Occlusion detection by height gradient for true *orthophoto* generation, using LiDAR data. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1, W1.
- Palà, V., & Arbiol, R. (2002). *True-orthoimage generation in urban areas*. Paper presented at the Proceedings of 3rd International Symposium Remote Sensing of Urban Areas.
- Qin, Z., Li, W., Li, M., Chen, Z., & Zhou, G. (2003). *A methodology for true orthorectification of large-scale urban aerial images and automatic detection of building occlusions using digital surface model*. Paper presented at the Geoscience and Remote Sensing Symposium, 2003. IGARSS'03. Proceedings. 2003 IEEE International.
- Rau, J., Chen, N.-Y., & Chen, L.-C. (2002). True-*orthophoto* generation of built-up areas using multi-view images. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 68(6), 581-588.
- Re, C., Roncella, R., Forlani, G., Cremonese, G., & Naleto, G. (2012). Evaluation of area-based image matching applied to DTM generation with Hirise images. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 1.
- Schickier, W., & Thorpe, A. (1998). Operational procedure for automatic true-*orthophoto* generation. *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 32, 527-532.
- Trimble. (2015a). ReferenceManual_MATCH-T_DSM_(English).pdf: Trimble.
- Trimble. (2015b). Tutorial OrthoMaster_(English).pdf: Trimble.
- Zhou, G., Chen, W., Kelmelis, J. A., & Zhang, D. (2005). A comprehensive study on urban true-orthorectification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 43(9), 2138-2147.

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTASI METODE CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK UNTUK KLASIFIKASI TANAMAN PADA CITRA RESOLUSI TINGGI

(*The Implementation of Convolutional Neural Network Method for Agricultural Plant Classification in High Resolution Imagery*)

Erlyna Nour Arrofiqoh dan Harintaka

Program Studi Teknik Geomatika, Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada
Jl. Grafika No 2 Sinduadi, Mlati, Sleman, D.I. Yogyakarta, Indonesia
E-mail: erlyna.nour@gmail.com

Diterima (received): 10 April 2018; Direvisi (revised): 24 Mei 2018 ; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 23 Juli 2018

ABSTRAK

Citra resolusi tinggi dari teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) dapat memberikan hasil yang baik dalam ekstraksi informasi sehingga dapat digunakan untuk *monitoring* dan *updating* data suatu wilayah. Pengambilan informasi dari citra dengan interpretasi visual sangat bergantung pada interpreter. Kendala utama interpretasi secara manual adalah saat melakukan pengenalan objek secara visual, khususnya pada objek tanaman pertanian. Kesalahan hasil asumsi interpreter dapat terjadi ketika citra yang diekstraksi memiliki objek yang kompleks dan memiliki karakter fisik yang hampir mirip apabila dilihat dari foto udara yang hanya memiliki band RGB (*Red, Green, dan Blue*). Penelitian ini mencoba mengimplementasikan pendekatan klasifikasi semantik secara otomatis yang dapat membedakan jenis tanaman sebagai alternatif pengenalan objek berdasarkan metode *deep learning* menggunakan *Convolutional Neural Network* (CNN). Metode CNN merupakan salah satu metode *deep learning* yang mampu melakukan proses pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek, ekstraksi objek dan klasifikasi serta dapat diterapkan pada citra resolusi tinggi yang memiliki model distribusi nonparametrik. Pada penelitian ini, diterapkan algoritma CNN untuk membedakan jenis tanaman dengan memberikan label semantik dari objek jenis tanaman. Penelitian menggunakan 5 kelas jenis tanaman, yaitu kelas tanaman padi, bawang merah, kelapa, pisang, dan cabai. Proses *learning* jaringan menghasilkan akurasi 100% terhadap data *training*. Pengujian terhadap data validasi menghasilkan akurasi 93% dan akurasi terhadap data tes 82%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode CNN berpotensi untuk pendekatan pengenalan objek secara otomatis dalam membedakan jenis tanaman sebagai bahan pertimbangan interpreter dalam menentukan objek pada citra.

Kata kunci: *Convolutional neural network, deep learning, citra resolusi tinggi, klasifikasi*

ABSTRACT

High-resolution imagery from UAV (Unmanned Aerial Vehicle) technology can provide good results in extracting information for monitoring and updating data. Taking information from the image uses visual interpretation is highly dependent on the interpreter. The main obstacle when doing manual interpretation is visual object recognition, especially for object of agricultural plant. The assumption from the interpreter can have errors when the image have complex object and have similar physical characters when viewed from aerial photographs that only have RGB (Red, Green, and Blue) bands. This research tries to implement imagery extraction for the semantic classification in automatically approach that can distinguish plant type as an alternative of object recognition to help interpreter based on deep learning using Convolutional Neural Network (CNN). CNN method is one of the deep learning method which perform independent learning process for object recognition, object extraction and classification also can be applied in high resolution images which have nonparametric distribution model. In this study, CNN algorithm applied to labelling different plant type. Plant type that used in this study consist of 5 classes, such as coconut, rice, banana, red union and chili. Learning process obtained 100% accuracy toward training data. Testing on validation data produces accuracy 93% and test data produces accuracy 82%. The results showed that CNN method have potential in automatic object recognition to determine agricultural plant on the image.

Keywords: *Convolutional neural network, deep learning, high resolution imagery, classification*

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi penginderaan jauh yang pesat membuat citra resolusi tinggi semakin mudah untuk didapatkan, contohnya dengan teknologi UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*). Teknologi UAV dapat menghasilkan foto udara dengan waktu yang cepat, biaya yang lebih murah, dan memungkinkan dilakukan kembali pada lokasi yang sama dengan waktu temporal yang singkat. Foto udara dari teknologi UAV dapat digunakan untuk *monitoring* dan *updating* data suatu wilayah (Giordan et al., 2017). Untuk keperluan pengambilan informasi, perlu dilakukan klasifikasi pada foto udara. Klasifikasi pada citra resolusi tinggi dilakukan dengan interpretasi visual. Interpretasi visual merupakan kombinasi antara intuisi, mata dan pikiran manusia untuk membuat keputusan dan penilaian terhadap suatu objek tertentu, dengan menggunakan pengalaman dan pengetahuan sebagai pedomannya (Tso & Mather, 2009).

Kendala utama saat melakukan interpretasi secara manual adalah saat melakukan pengenalan objek secara visual, khususnya pada objek tanaman pertanian. Tanaman yang memiliki karakteristik fisik yang sama sulit untuk dibedakan apabila dilihat dari foto udara yang hanya memiliki band RGB. Dibutuhkan uji lapangan untuk memastikan jenis tanaman tersebut agar hasilnya akurat. Namun apabila jumlah tanaman yang sulit dibedakan banyak dan lokasi pemotretan jauh, hal tersebut menjadi kurang efisien. Oleh karena itu penelitian ini mencoba untuk melakukan pendekatan klasifikasi semantik secara otomatis sebagai alternatif pengenalan objek yang dapat membedakan jenis tanaman untuk bahan pertimbangan bagi interpreter saat melakukan klasifikasi sebelum dilakukan uji lapangan.

Yalcin & Razavi (2016) melakukan klasifikasi tanaman menggunakan metode CNN (*Convolutional Neural Network*). Penelitian tersebut menggunakan foto objek tanaman yang dipotret dari samping. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa metode CNN dapat melakukan klasifikasi lebih baik daripada metode SVM (*Support Vector Machine*). Metode CNN merupakan salah satu metode *deep learning* yang mampu melakukan proses pembelajaran mandiri untuk pengenalan objek, ekstraksi objek dan klasifikasi serta dapat diterapkan pada citra resolusi tinggi yang memiliki model distribusi nonparametrik (Zhang et al., 2018).

Penelitian ini mengimplemetasikan algoritma CNN untuk melakukan klasifikasi semantik dengan memberikan label semantik dari objek jenis tanaman. Kelas klasifikasi yang digunakan pada penelitian terdiri dari 5 kelas, yaitu kelas tanaman padi, cabai, bawang merah, pisang dan kelapa

yang diperoleh dari citra resolusi tinggi menggunakan teknologi UAV.

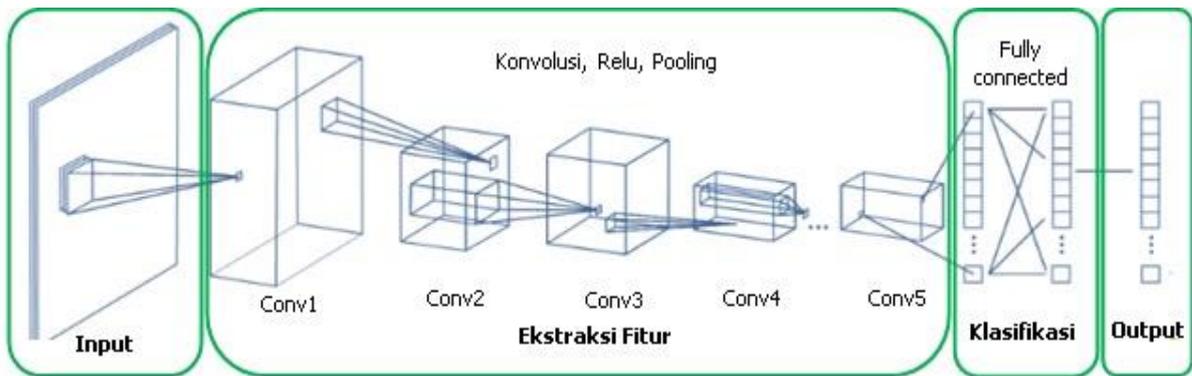
Pengujian terhadap implementasi metode CNN untuk membedakan jenis tanaman ini dilakukan pada *training* jaringan, kemudian jaringan tersebut diuji dengan data validasi. Jaringan yang telah diuji dengan data validasi kemudian diterapkan untuk memproses data tes. Pengujian dilakukan dengan metode *stratified cross validation* untuk mengukur akurasi berdasarkan matriks konfusi. Hasil kajian ini diharapkan bermanfaat sebagai pendekatan untuk membantu interpreter dalam menentukan objek yang sulit diinterpretasi secara visual. Sehingga diperoleh efisiensi dalam melakukan klasifikasi citra.

Convolutional Neural Network (CNN)

Convolutional Neural Network (CNN) termasuk dalam jenis *deep learning* karena kedalaman jaringannya. *Deep learning* adalah cabang dari *machine learning* yang dapat mengajarkan komputer untuk melakukan pekerjaan selayaknya manusia, seperti komputer dapat belajar dari proses *training* (Deng & Yu, 2013). CNN merupakan operasi konvolusi yang menggabungkan beberapa lapisan pemrosesan, menggunakan beberapa elemen yang beroperasi secara paralel dan terinspirasi oleh sistem saraf biologis (Hu et al., 2015). Pada CNN setiap neuron dipresentasikan dalam bentuk 2 dimensi, sehingga metode ini cocok untuk pemrosesan dengan input berupa citra (Maggiori et al., 2016). Arsitektur jaringan dengan menggunakan CNN ditunjukkan pada **Gambar 1**. Struktur CNN terdiri dari input, proses ekstraksi fitur, proses klasifikasi dan output. Proses ekstraksi dalam CNN terdiri dari beberapa lapisan tersembunyi atau *hidden layer*, yaitu lapisan konvolusi, fungsi aktivasi (ReLU), dan *pooling*. CNN bekerja secara hierarki, sehingga output pada lapisan konvolusi pertama digunakan sebagai input pada lapisan konvolusi selanjutnya. Pada proses klasifikasi terdiri dari *fully-connected* dan fungsi aktivasi (*softmax*) yang outputnya berupa hasil klasifikasi (Katole et al., 2015).

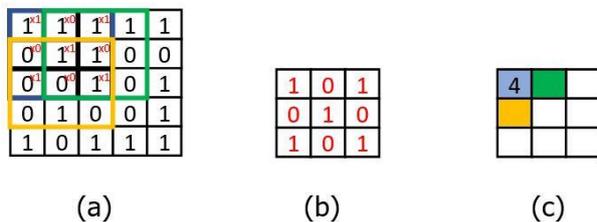
Lapisan Konvolusi

Lapisan konvolusi menggunakan filter untuk mengekstraksi objek dari citra input. Filter ini berisi bobot yang digunakan untuk mendeteksi karakter dari objek seperti tepi, kurva, atau warna. Konvolusi akan menghasilkan transformasi linear dari citra input yang sesuai dengan informasi spasial pada data. Filter diaplikasikan secara berulang sehingga menghasilkan serangkaian bidang *receptive*. Terdapat parameter yang dapat diubah untuk memodifikasi sifat tiap lapisan, yaitu

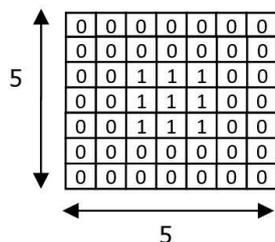


Sumber :Krizhevsky et al. (2012)
Gambar 1. Arsitektur CNN.

ukuran filter, *stride* dan *padding*. *Stride* mengontrol bagaimana filter diterapkan pada data input dengan bergerak sepanjang ukuran piksel yang telah ditentukan. *Padding* adalah penambahan ukuran piksel dengan nilai tertentu disekitar data input agar hasil dari bidang *receptive* tidak terlalu kecil sehingga tidak banyak informasi yang hilang. Nilai ini biasanya nol sehingga disebut dengan *zero padding*. Hasil dari bidang *receptive* berupa data tunggal. Output dari proses konvolusi ini dijadikan sebagai input untuk lapisan konvolusi selanjutnya (Castelluccio et al., 2015). Ilustrasi proses *stride* dan *padding* ditampilkan pada **Gambar 2** dan **Gambar 3**.



Gambar 2. Operasi konvolusi dengan *stride* 1 (a) Input data 5x5 (b) filter 3x3 (c) bidang receptive 3x3.



Gambar 3. Operasi *zero padding* 2 pada data 3x3.

Fungsi Aktifasi ReLU

ReLU (*Rectification Linear Unit*) merupakan operasi untuk mengenalkan nonlinearitas dan meningkatkan representasi dari model. Fungsi aktivasi ReLU adalah $f(x) = \max(0, x)$ (Heaton, 2015). Nilai output dari neuron bisa dinyatakan sebagai 0 jika inputnya adalah negatif. Jika nilai input adalah positif, maka output dari neuron adalah nilai input aktivasi itu sendiri (Kim et al., 2016).

Pooling

Pooling atau *subsampling* adalah pengurangan ukuran matriks. Terdapat dua macam *pooling* yang sering digunakan yaitu *average pooling* dan *max pooling* (Bejiga et al., 2017). Nilai yang diambil pada *average pooling* adalah nilai rata-rata sedangkan pada *max pooling* adalah nilai maksimal (Zhi et al., 2016).

Fully Connected Layer

Lapisan *fully connected layer* merupakan kumpulan dari proses konvolusi (Hijazi et al., 2015). Lapisan ini mendapatkan input dari proses sebelumnya untuk menentukan fitur mana yang paling berkorelasi dengan kelas tertentu. Fungsi dari lapisan ini adalah untuk menyatukan semua node menjadi satu dimensi (Albelwi & Mahmood, 2017).

Fungsi Aktivasi Softmax

Fungsi aktivasi *softmax* digunakan untuk mendapatkan hasil klasifikasi. Fungsi aktivasi menghasilkan nilai yang diinterpretasi sebagai probabilitas yang belum dinormalisasi untuk tiap kelas. Nilai kelas dihitung dengan menggunakan fungsi *softmax* (Vedaldi & Lenc, 2015), yang ditunjukkan oleh **Persamaan 1**.

$$y_{ijk} = \frac{e^{x_{ijk}}}{\sum_{t=1}^D e^{x_{ijt}}} \dots\dots\dots(1)$$

dimana:

y_{ijk} =vektor yang berisi nilai antara 0 dan 1.
 x =vektor yang berisi nilai yang didapatkan dari lapisan *fully-connected* terakhir.

Fungsi kesalahan klasifikasi dihitung dengan **Persamaan 2:**

$$l(x, c) = -\log \frac{e^{x_c}}{\sum_{k=1}^C e^{x_k}} = -x_c + \log \sum_{k=1}^C e^{x_k} (2)$$

dimana:

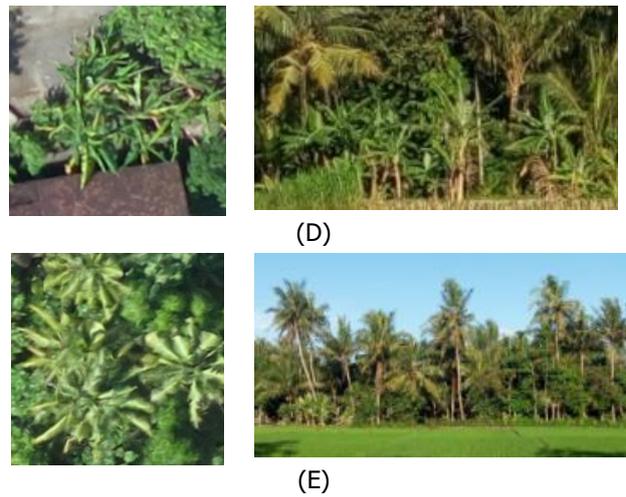
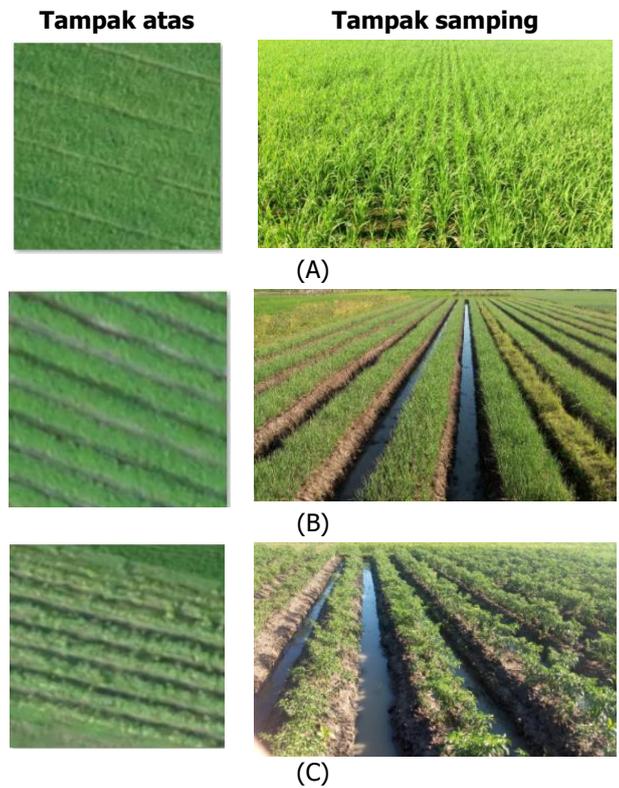
$l(x,c)$ =membandingkan prediksi (x) dan label (c).

x =vektor dari probabilitas akhir.
 $p(k) = xk,$
 $k = 1.$
 C =banyak kelas.

Untuk mengontrol *overfitting*, *pooling* layer digunakan untuk mengurangi representasi ukuran spasial dan mengurangi jumlah parameter. Lapisan *dropout* memberikan aturan untuk menghilangkan atau menjaga neuron dengan beberapa nilai probabilitas p yang bernilai antara 0 dan 1 (Srivastava et al., 2014). Lapisan *dropout* berguna untuk memudahkan penggolongan kelasnya.

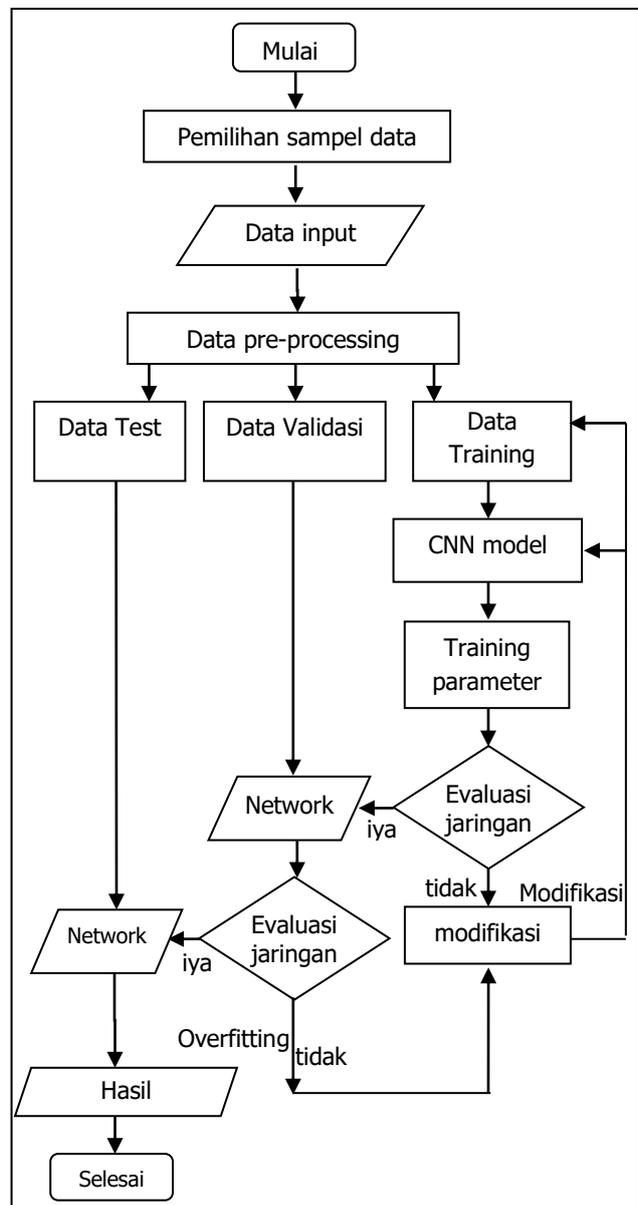
METODE

Pada penelitian ini data yang digunakan menggunakan foto udara hasil perekaman dengan menggunakan teknologi UAV dengan jenis kamera Canon PowerShot S100. Data diambil dari satu *scene* citra RGB dengan koreksi geometrik 4,64 mm seluas 311 ha dan resolusi spasial 6,5 cm. Lokasi penelitian berada di daerah Kretek, Daerah Istimewa Yogyakarta. Data meliputi foto dari 5 jenis tanaman, yaitu kelapa, pisang, padi, cabai dan bawang merah. Penampakan 5 jenis tanaman tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4**. Penampakan pada gambar tersebut merupakan penampakan dari foto udara UAV sedangkan penampakan dari samping merupakan foto yang diambil di lapangan dengan menggunakan kamera. Pembuatan model CNN dilakukan dengan menggunakan software Matlab 2017b.



Gambar 4. Kelas jenis tanaman: (A) padi, (B) bawang merah, (C) cabe, (D) pisang, dan (E) kelapa.

Langkah Kerja



Gambar 5. Diagram alir penelitian.

Alur pengerjaan penelitian ini dimulai dari pemilihan data sampel yang digunakan sebagai input untuk data *training*, validasi dan pengujian/tes. Kemudian merancang jaringan dengan metode CNN untuk melakukan klasifikasi semantik pada objek tanaman. Rancangan jaringan CNN diaplikasikan dengan data *training*, agar komputer dapat belajar mengenali objek. Apabila pembelajaran jaringan diperoleh hasil yang baik dalam membedakan jenis objek tanaman, maka jaringan tersebut kemudian dilakukan uji coba terhadap data validasi. Apabila data validasi juga menunjukkan hasil yang baik maka jaringan dapat digunakan untuk klasifikasi pada data tes (**Gambar 5**).

Pengambilan Sampel untuk Data Input

Input data yang digunakan dalam jaringan ini berupa sampel gambar dari lima jenis tanaman, yaitu kelapa, pisang, cabai, bawang merah, dan padi yang diperoleh dari satu *scene* foto udara dengan menggunakan teknologi UAV. Data objek masing-masing kelas diambil secara *random* pada foto udara tersebut. Ukuran gambar sampel untuk pemrosesan jaringan adalah 227x227 piksel. Data untuk masing-masing kelas berjumlah 100 data sehingga keseluruhan data berjumlah 500 gambar. Data dari lima kelas tersebut dibagi menjadi tiga jenis kelompok data, yaitu data *training*, data validasi, dan data tes. Pembagian kelompok data untuk proses *training* sebesar 70%, data untuk proses validasi sebesar 20%, dan data untuk proses pengujian atau tes sebesar 10% dari total keseluruhan data.

Data *training* digunakan untuk melakukan proses pembelajaran jaringan, kemudian dievaluasi. Apabila akurasi pada proses *training* model jaringan belum baik maka perlu dilakukan modifikasi pada lapisan CNN, parameter jaringan dan pada sampel datanya. Apabila hasil akurasi sudah baik maka dilakukan proses selanjutnya yaitu pengujian dengan data validasi. Data validasi adalah data yang tidak digunakan pada proses *training*. Apabila akurasi dari data validasi ini kurang baik, mungkin terjadi *overfitting*, oleh karena itu jaringan perlu dimodifikasi lagi. Apabila hasilnya sudah baik maka dapat digunakan untuk memproses data tes. Data tes berisi sekumpulan sampel data yang ingin diketahui jenis klasifikasinya.

Arsitektur Jaringan CNN

Arsitektur jaringan pada penelitian ini menggunakan struktur dari Alexnet. Alexnet dikembangkan oleh (Krizhevsky et al., 2012) yang merupakan basis dari arsitektur CNN modern yang cukup sukses untuk *visual recognition*. Untuk mengatasi kekurangan pada proses *training* data citra resolusi tinggi, perlu pengaturan pada

beberapa lapisan dan mengeksplorasi parameter untuk training data agar model CNN dapat menampilkan performa yang baik dan mencegah gradien menjadi tidak stabil, khususnya pada jaringan yang dalam. Struktur model CNN disajikan pada **Tabel 1**. Jaringan terdiri dari lapisan input, 5 lapisan konvolusi, 3 *fully connected* layer, dan lapisan output.

Pada lapisan input, data yang digunakan adalah data *training*. Kemudian data input diproses pada lapisan konvolusi pertama dengan menggunakan *max pooling* dan fungsi aktivasi ReLU. Output pada lapisan konvolusi pertama dijadikan sebagai input pada proses konvolusi kedua. Proses konvolusi tersebut berlanjut sampai dengan konvolusi kelima. Kemudian hasil dari proses konvolusi dikumpulkan pada lapisan *fully connected*. Pada lapisan ini ditentukan fitur yang memiliki korelasi dengan kelas tertentu sehingga hasil akhir dari proses ini adalah fitur yang terklasifikasi dalam lima kelas.

Tabel 1. Struktur model CNN.

Lapisan	Ukuran piksel	Node
Input	227 x 227 x 3	
Conv1	11 x 11 x 3	96
Max Pool1	3 x 3	
Conv2	5 x 5 x 48	256
Max Pool2	3 x 3	
Conv3	3 x 3 x 256	384
Conv4	3 x 3 x 192	384
Conv5	3 x 3 x 192	256
Max Pool3	3 x 3	
FC6		4096
FC7		4096
FC8-n(class)		5
Output	227 x 227 x 3	

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi CNN

Terdapat tiga tahap dalam mengimplementasikan CNN, yaitu *training*, validasi dan tes. Tahap *training* adalah tahap utama untuk melatih jaringan mempelajari data input. Kemudian jaringan tersebut diuji pada data validasi. Apabila memberikan hasil yang baik, maka jaringan tersebut dapat digunakan untuk melakukan klasifikasi data dengan data tes.

Data Latih (Data Training)

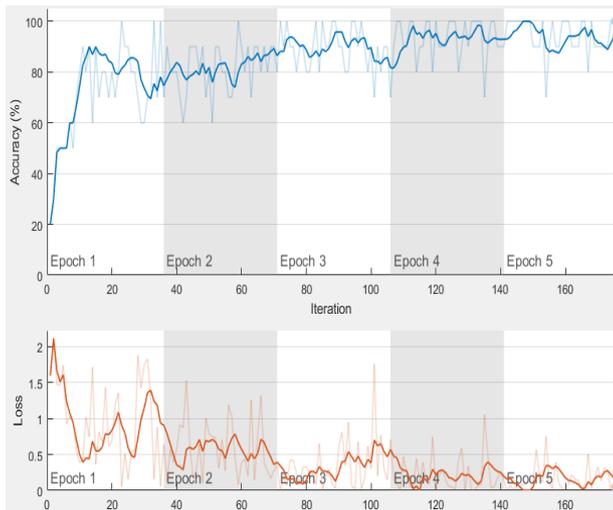
Data latih yang digunakan adalah 70% dari total keseluruhan data sehingga didapat data latih sebanyak 350 gambar dengan masing-masing kelas sebanyak 70 sampel. Komputasi dilakukan menggunakan mode single GPU. Proses *training* menggunakan parameter sebagai berikut:

learning rate : 0,0001
mini-batch size : 10
MaxEpochs : 5

Hasil *training* disajikan pada **Tabel 2**. *Training* jaringan memberikan akurasi yang baik. Grafik dari akurasi dan kesalahan proses *training* disajikan pada **Gambar 6**.

Tabel 2. Hasil *training* jaringan CNN.

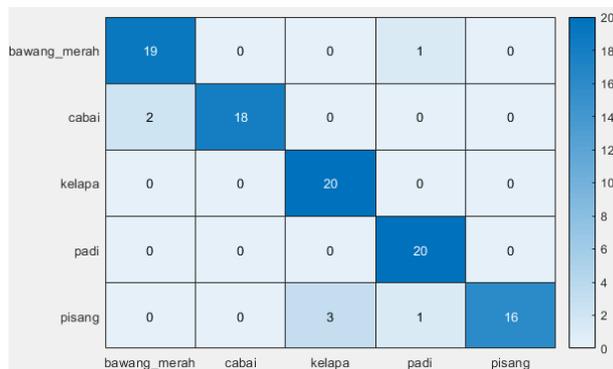
Epoch	Iterasi	Waktu (s)	Error	Accuracy
1	1	44	1,5915	20,00%
2	50	35,47	0,7838	80,00%
3	100	65,42	0,3052	90,00%
5	150	97,62	0,1115	90,00%
5	175	111,11	0,0480	100,00%



Gambar 6. Grafik akurasi dan kesalahan *training*.

Data Validasi

Proses validasi jaringan menggunakan 100 data untuk menguji jaringan dengan masing-masing kelas sebanyak 20 sampel. Data tersebut tidak diikuti dalam proses *training*. Dari proses ini didapatkan akurasi yang baik yaitu 93.00% dengan jumlah data yang benar sebanyak 93. Pada **Gambar 7** disajikan matriks konfusi data validasi.

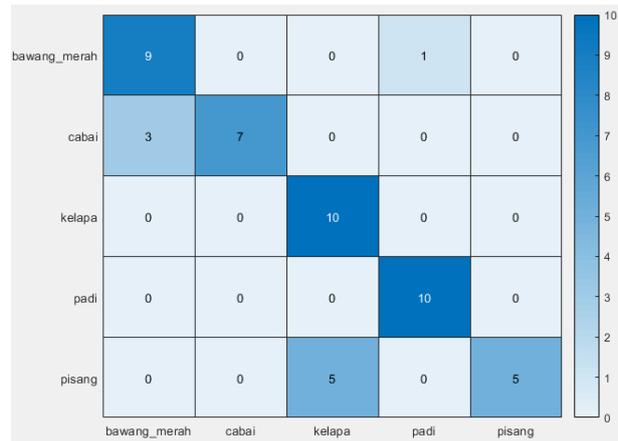


Gambar 7. Matriks konfusi dari data validasi.

Data Tes

Interpreter dapat memasukkan sampel data yang ingin diketahui jenis klasifikasinya pada jaringan, kemudian jaringan akan mengeluarkan label jenis tanaman berdasarkan data yang

dimasukkan. Hasil label klasifikasi yang keluar dari jaringan dapat untuk bahan pertimbangan interpreter dalam menentukan jenis objek tanaman yang sulit dibedakan secara visual. Pada penelitian ini skenario data tes menggunakan 50 data dengan masing-masing kelas sebanyak 10 sampel. Pengujian ini menghasilkan akurasi 82% dengan jumlah objek yang benar sebanyak 41 data. Hasil akurasi klasifikasi pada data tes digambarkan pada **Gambar 8** dan hasil klasifikasi semantik pada data tes disajikan pada **Gambar 9**.



Gambar 8. Matriks konfusi dari data tes.



(A)



(B)

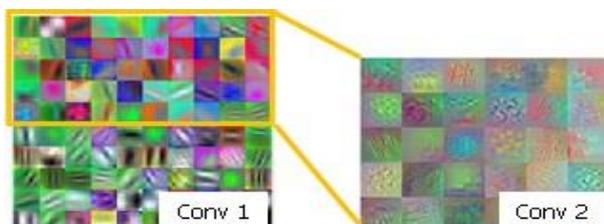
Gambar 9. Hasil klasifikasi semantik pada data tes (A) dan sampel data tes pada foto UAV (B).

Pada hasil pengujian data tes, kesalahan terbanyak terdapat pada pengklasifikasian pohon pisang. Tanda kotak berwarna kuning pada **Gambar 9** menunjukkan kesalahan klasifikasi pada objek pohon pisang. Jaringan memprediksi objek tanaman pisang sebagai tanaman kelapa. Dari 10 data sampel tanaman pisang di lapangan, 5 diantaranya diprediksi sebagai tanaman kelapa. Jaringan sulit membedakan objek tersebut karena kedua tanaman tersebut memiliki karakter fisik yang hampir sama pada foto UAV.

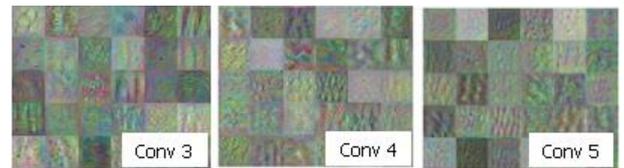
Visualisasi Lapisan

Metode CNN merupakan model yang kompleks. Pengetahuan mengenai operasi dan perilaku jaringan dalam mencapai performa yang baik, kurang mendapatkan pemahaman yang jelas bagaimana jaringan dapat bekerja. Oleh karena itu perlu *trial and error* dalam menentukan parameter-parameter jaringan agar didapat hasil yang baik. Perlu pengamatan selama proses *training* berlangsung. Pengamatan *training* pada tiap lapisan dapat dilakukan dengan cara memvisualisasikannya. Bobot dari proses konvolusi atau *fully-connected* layer dapat divisualisasikan untuk menaksir bagaimana baiknya model dapat dilatih. Model *training* yang baik biasanya memiliki filter yang halus dan kontinu dimana model *overfitting* akan ditampilkan pola dengan banyak *noise* (Zeiler & Fergus, 2014).

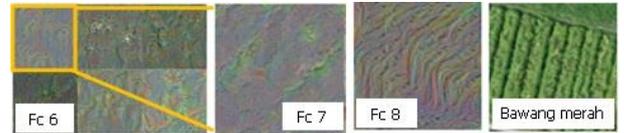
Visualisasi proses *training* pada tiap lapisan dilakukan dengan cara memproyeksikan kembali fitur aktivasi ke awal proses *training* jaringan. Pada **Gambar 10** merupakan visualisasi proses *training* pada lapisan konvolusi pertama dan lapisan konvolusi kedua. Pada konvolusi pertama dilakukan proses awal ekstraksi informasi yang berupa informasi tepi, bentuk kurva, dan warna. Proses ekstraksi informasi yang semakin dalam dilakukan oleh lapisan konvolusi kedua, lapisan konvolusi ketiga, lapisan konvolusi keempat dan lapisan konvolusi kelima. Visualisasi proses *training* pada lapisan ini disajikan pada **Gambar 11**. Penyatuan dari keseluruhan *node* dilakukan oleh lapisan *fully-connected* untuk menentukan *node* mana yang paling berkorelasi dengan kelas tertentu. Pada **Gambar 12** disajikan visualisasi lapisan *fully-connected* keenam, ketujuh, dan kedelapan. Pada lapisan *fully-connected* kedelapan ditentukan jenis kelas yang paling sesuai.



Gambar 10. Visualisasi lapisan konvolusi pertama dan konvolusi kedua.



Gambar 11. Visualisasi lapisan konvolusi ketiga, keempat, dan kelima.



Gambar 12. Visualisasi lapisan *fullyconnected* keenam, ketujuh, dan kedelapan.

KESIMPULAN

Hasil implementasi metode CNN untuk klasifikasi semantik jenis tanaman pada citra resolusi tinggi yang diperoleh dari teknologi UAV menunjukkan bahwa arsitektur CNN dapat mengklasifikasikan lima jenis tanaman secara otomatis dengan memberikan label pada data. Evaluasi kerja terhadap arsitektur jaringan CNN pada data tes menghasilkan akurasi 82%. Untuk skenario data tes dengan jumlah masing-masing kelas sebanyak sepuluh sampel, metode CNN dapat memberikan hasil yang cukup baik dalam melakukan proses pengenalan objek dan klasifikasi tanaman, namun masih terdapat kesalahan. Kesalahan prediksi paling banyak terdapat pada kelas pisang yang diprediksi sebagai kelas kelapa. Dari tampilan citra UAV yang memiliki koreksi geometrik 4,64 mm ini, bentuk fisik kedua objek tersebut memiliki karakteristik penampakan yang mirip dan jarak kedua objek berdekatan sehingga menyebabkan jaringan salah memprediksi. Ketersediaan objek jenis tanaman dalam jumlah banyak pada foto udara yang dipakai untuk pemrosesan jaringan dan kondisi dari foto udara yang bebas dari *noise* juga berpengaruh dalam mendapatkan data sampel untuk proses *training*. Pada penelitian ini data diambil dari citra RGB yang masih dalam satu *scene* pada arah sudut datang matahari yang sama sehingga *color balancing* dapat terjaga dan citra dalam keadaan bebas awan untuk meminimalisir kesalahan terhadap bayangan yang dapat mempengaruhi nilai intensitas objek, mengingat UAV mengudara dibawah ketinggian awan.

Jumlah data *training* dapat mempengaruhi akurasi jaringan. Semakin banyak data *training* maka jaringan akan semakin banyak belajar sehingga ketelitian akan semakin baik. Namun diperlukan peralatan komputasi yang besar untuk melakukan proses *training* jaringan pada data yang banyak. Penelitian ini hanya menentukan klasifikasi semantik untuk membantu interpreter dalam menentukan jenis objek tanaman. Interpreter memasukkan sampel data objek yang ingin

diketahui klasifikasinya, kemudian jaringan memberikan jawaban nama objek tersebut. Sehingga dapat membantu interpreter yang tidak mengetahui kondisi jenis tanaman di lapangan sebagai bahan pertimbangan dalam melakukan digitasi objek pertanian.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada PPRT BIG yang telah mengizinkan penggunaan data UAV untuk penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Albelwi, S., & Mahmood, A. (2017). A Framework for Designing the Architectures of Deep Convolutional Neural Networks. *Entropy*, *19*, 242.
- Bejiga, M. B., Zeggada, A., Nouffidj, A., & Melgani, F. (2017). A convolutional neural network approach for assisting avalanche search and rescue operations with UAV imagery. *Remote Sensing*, *9*(2). <https://doi.org/10.3390/rs9020100>
- Castelluccio, M., Poggi, G., Sansone, C., Verdoliva, L. (2015). Land Use Classification in Remote Sensing Images by Convolutional Neural Networks. Diambil dari <https://arxiv.org/pdf/1508.00092.pdf>
- Deng, L., & Yu, D. (2013). Deep Learning: Methods and Applications. *Foundations and Trends® in Signal Processing*, *7*(3-4), 197-387. <https://doi.org/10.1136/bmj.319.7209.0a>
- Giordan, D., Manconi, A., Remondino, F., & Nex, F. (2017). Use of unmanned aerial vehicles in monitoring application and management of natural hazards. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, *8*(1), 1-4. <https://doi.org/10.1080/19475705.2017.1315619>
- Heaton, J. (2015). *Artificial Intelligence for Humans: Deep learning and neural networks of Artificial Intelligence for Humans Series*. Createspace Independent Publishing Platform.
- Hijazi, S., Kumar, R., & Rowen, C. (2015). Image Recognition Using Convolutional Neural Networks. *Cadence Whitepaper*, 1-12.
- Hu, F., Xia, G. S., Hu, J., & Zhang, L. (2015). Transferring deep convolutional neural networks for the scene classification of high-resolution remote sensing imagery. *Remote Sensing*, *7*(11), 14680-14707. <https://doi.org/10.3390/rs71114680>
- Katole, A. L., Yellapragada, K. P., Bedi, A. K., Kalra, S. S., & Siva Chaitanya, M. (2015). Hierarchical Deep Learning Architecture for 10K Objects Classification. *Computer Science & Information Technology (CS & IT)*, (September), 77-93. <https://doi.org/10.5121/csit.2015.51408>
- Kim, J., Sangjun, O., Kim, Y., & Lee, M. (2016). Convolutional Neural Network with Biologically Inspired Retinal Structure. *Procedia Computer Science*, *88*, 145-154. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.07.418>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., and Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. *Proceedings of the Twenty-Sixth Annual Conference on Neural Information Processing Systems. Lake Tahoe, NY, USA, 3-8 December 2012*, 1097-1105.
- Maggiore, E., Tarabalka, Y., Charpiat, G., & Alliez, P. (2016). Convolutional Neural Networks for Large-Scale Remote-Sensing Image Classification. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *55*(2), 645-657. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2016.2612821>
- Srivastava, N., Hinton, G., Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Salakhutdinov, R. (2014). Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting. *Journal of Machine Learning Research*, *15*, 1929-1958. <https://doi.org/10.1214/12-AOS1000>
- Tso, B., & Mather, P. M. (2009). *Classification Methods for Remotely Sensed Data, Second Edition*. CRC Press Taylor & Francis Group. Boca Raton.
- Vedaldi, A., & Lenc, K. (2015). MatConvNet: Convolutional Neural Networks for MATLAB. In *Proceedings of the 23rd ACM International Conference on Multimedia* (hal. 689-692). New York, NY, USA: ACM. <https://doi.org/10.1145/2733373.2807412>
- Yalcin, H., & Razavi, S. (2016). Plant classification using convolutional neural networks. *2016 Fifth International Conference on Agro-Geoinformatics (Agro-Geoinformatics)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/Agro-Geoinformatics.2016.7577698>
- Zeiler, M. D., & Fergus, R. (2014). Visualizing and Understanding Convolutional Networks. In D. Fleet, T. Pajdla, B. Schiele, & T. Tuytelaars (Ed.), *Computer Vision -- ECCV 2014* (hal. 818-833). Cham: Springer International Publishing.
- Zhang, C., Sargent, I., Pan, X., Gardiner, A., Hare, J., & Atkinson, P. M. (2018). VPRS-Based Regional Decision Fusion of CNN and MRF Classifications for Very Fine Resolution Remotely Sensed Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1-15. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2822783>
- Zhi, T., Duan, L. Y., Wang, Y., & Huang, T. (2016). Two-stage pooling of deep convolutional features for image retrieval. In *2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP)* (hal. 2465-2469). <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7532802>

ANALISIS ASPEK LEGAL DAN GEOSPASIAL FORWARD POSITION BATAS ZEE (ZONA EKONOMI EKSKLUSIF) INDONESIA PADA PETA NKRI 2017 DI LAUT CHINA SELATAN

*(Analysis of Legal and Geospatial Aspects of Indonesia's Forward Position of EEZ
(Exclusive Economic Zone) Boundaries of the 2017 National Map
in the South China Sea)*

I Made Andi Arsana¹ dan Helik Susilo²

¹ Departemen Teknik Geodesi, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

² Pascasarjana Teknik Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2 Bulaksumur Yogyakarta, 55281 Indonesia

E-mail: madeandi@ugm.ac.id

Diterima: 20 April 2018; Direvisi (revised): 22 Juni 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 16 Agustus 2018

ABSTRAK

Peta NKRI adalah peta resmi nasional Indonesia yang menggambarkan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Wilayah yang digambarkan dalam peta NKRI meliputi wilayah kedaulatan dan hak berdaulat beserta batasnya dengan negara-negara tetangga, baik yang sudah disepakati maupun yang masih memerlukan kesepakatan dengan negara tetangga. Peta NKRI telah mengalami beberapa kali pemutakhiran karena dinamika perkembangan wilayah kedaulatan dan hak berdaulat Indonesia. Setelah peta edisi 2015, peta NKRI kembali diperbaharui pada tahun 2017. Keputusan *Permanent Court of Arbitration* (PCA) tahun 2016 untuk kasus gugatan Filipina terhadap Republik Rakyat China (RRC) atas klaim *nine dashed line* di Laut China Selatan (LCS) berimplikasi pada status klaim maritim di kawasan tersebut. Berdasarkan Konvensi PBB tentang Hukum Laut (*Law of the Sea Convention*, LOSC) 1982, kawasan hak berdaulat maritim Indonesia meliputi sebagian kawasan LCS, yaitu di sebelah utara Kepulauan Natuna. Di kawasan tersebut Indonesia, secara legal, mengklaim hanya berbatasan dengan Vietnam dan Malaysia. Meskipun RRC memiliki klaim *nine dashed line* yang tumpang tindih dengan hak maritim di LCS, Indonesia tidak mengakui klaim tersebut sehingga Indonesia tidak berbatasan dengan RRC. Posisi Indonesia ini diperkuat dengan putusan PCA yang membatalkan klaim *nine dashed line* RRC. Makalah ini menganalisis klaim batas ZEE Indonesia dengan Vietnam dan Malaysia pada peta NKRI 2017 di LCS paska putusan PCA atas kasus Filipina- RRC. Analisis ini melibatkan rekonstruksi garis batas ZEE Indonesia secara geospasial di kawasan LCS dengan mengacu pada LOSC 1982 dan keputusan PCA 2016 atas kasus LCS sebagai acuan legal.

Kata Kunci: geospasial, peta NKRI, batas ZEE, Laut China Selatan, LOSC 1982

ABSTRACT

Indonesia's national map (Peta NKRI) depicts Indonesia's territory and jurisdiction as well as settled and pending boundaries. Peta NKRI 2017 depicts Indonesia's claims of maritime boundaries with its ten neighbors. Apparently, the decision of Permanent Court of Arbitration (PCA) of 2016 regarding the case between the Philippines and China regarding the South China Sea (SCS) somehow affects Indonesia's forward position of maritime boundaries. In accordance with the United Nations Law of the Sea Convention (LOSC) 1982, Indonesia is entitled over territorial sea, Exclusive Economic Zones (EEZ) and continental shelf encompasses part of SCS, north of Natuna Islands. Consequently, Indonesia's entitlement overlaps with those of Vietnam's and Malaysia's. On the other hand, even though China's claim of nine dashed line significantly overlaps with Indonesia's maritime entitlement, Indonesia never recognizes the claim since it is not in compliance with LOSC 1982. Hence, Indonesia has no maritime boundaries with China. Indonesia's long-standing position in the SCS is now strengthened by the 2016 PCA decision, which invalidates Chinese nine dashed line. This paper analyses Indonesia's unilateral claim of EEZ boundaries depicted on Peta NKRI 2017 after the 2016 PCA decision. The segments analyzed are the ones between Indonesia and Vietnam and between Indonesia and Malaysia. The analysis includes geospatial reconstruction of Indonesia's unilateral claim of EEZ boundaries in the SCS using relevant provisions in LOSC 1982 and the 2016 PCA decision on the case of SCS as the legal basis.

Keywords: geospatial, Indonesia's national map (peta NKRI), EEZ boundaries, South China Sea, LOSC 1982

PENDAHULUAN

Peta Negara Kesatuan Republik Indonesia (NKRI) adalah peta nasional Indonesia yang menggambarkan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Wilayah yang digambarkan dalam peta NKRI meliputi wilayah kedaulatan dan hak berdaulat beserta batasnya dengan negara-negara tetangga, baik yang sudah disepakati maupun yang masih memerlukan kesepakatan dengan negara tetangga. Dalam peta NKRI selain informasi tersebut di atas, juga menyantumkan nama pulau-pulau milik Indonesia yang berada di sebelah dalam garis pangkal kepulauan Indonesia serta keberadaan Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI). Peta NKRI telah mengalami beberapa kali pemutakhiran karena dinamika perkembangan wilayah kedaulatan dan hak berdaulat Indonesia. Setelah Peta NKRI edisi 2015, kemudian tanggal 14 Juli 2017 dipublikasikan Peta NKRI edisi tahun 2017 (Peta NKRI 2017). Beberapa perubahan yang termuat dalam Peta NKRI 2017 diantaranya batas maritim dengan negara tetangga yaitu batas ZEE dengan Republik Palau, Vietnam dan Malaysia, serta batas ZEE dengan Filipina, yang persetujuannya baru diratifikasi DPR-RI pada awal tahun 2017. Perubahan batas laut teritorial dengan Singapura di selat Singapura bagian timur dan juga pemberian nama sebagian Laut Cina Selatan (LCS) menjadi Laut Natuna Utara.

LCS merupakan kawasan yang kompleks, karena kawasan tersebut diklaim oleh beberapa negara (Faizuddin & Razali, 2017). Hingga tulisan ini dibuat, pembagian laut di LCS belum selesai padahal di satu sisi, pembagian laut ini penting bagi eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya alam di kawasan tersebut (Smith, 2010). Republik Rakyat China (RRC) sendiri mengklaim hampir seluruh kawasan LCS dengan sembilan garis putus putus (*nine dashed line*) dengan alasan/pertimbangan sejarah. Klaim tersebut menimbulkan protes dari berbagai pihak, terutama negara-negara di kawasan tersebut. Tidak hanya itu, perbedaan pandangan tentang *nine dash line* ini juga menimbulkan adanya berbagai insiden di LCS yang juga melibatkan Indonesia (Bentley, 2013).

Pada tahun 2013, Filipina mengajukan gugatan melalui *Permanent Court of Arbitration* (PCA) (PCA, 2016). Keputusan PCA terkait gugatan Filipina tersebut keluar tahun 2016 lalu. Dari beberapa keputusan penting PCA, secara umum dua hal utama yang relevan yaitu pertama, menyatakan tidak ada dasar hukum atas klaim RRC terhadap *nine dashed line* di LCS. Yang kedua, PCA menyatakan bahwa obyek geografis (pulau, karang, *low-tide elevation*) yang ada pada kawasan LCS tidak berhak atas zona maritim lebih dari 12 mil laut teritorial. Artinya, obyek-obyek tersebut tidak berhak atas ZEE selebar 200 mil laut dari garis pangkal dan hanya berhak atas laut

teritorial selebar 12 mil laut. Putusan ini menimbulkan reaksi beragam dari para ahli baik dari dalam maupun luar Tiongkok (Whomersley, 2016).

Keputusan PCA untuk gugatan Filipina terhadap RRC atas kasus *nine dashed line* di LCS berimplikasi pada Indonesia. Kawasan hak berdaulat Indonesia ada sebagian dalam wilayah LCS, yaitu di sebelah utara Kepulauan Natuna. Di wilayah tersebut Indonesia mengklaim hanya berbatasan dengan Vietnam dan Malaysia. Hal tersebut diperkuat dengan putusan PCA yang membatalkan klaim *nine dashed line* RRC. Sebelum dibatalkan PCA klaim *nine dashed line* RRC tumpang tindih dengan klaim ZEE Indonesia di LCS. Oleh karena itu keluarnya keputusan PCA tersebut berefek pada penguatan posisi Indonesia di LCS yang tidak mengakui RRC sebagai negara tetangga dan hanya berbatasan maritim dengan Vietnam dan Malaysia. Dalam hal ini, putusan PCA berlaku sebagai yurisprudensi.

METODE

Metode yang dipakai dalam penelitian ini adalah dengan studi dokumen hukum resmi yang dikeluarkan oleh pihak terkait, literatur, dan peraturan hukum laut internasional LOSC 1982. Selanjutnya visualisasi dan analisis geospasial dilakukan berdasarkan dokumen yang ada menggunakan peta laut yang sesuai. Peta laut yang dipakai adalah *British Admiralty Chart* (BAC) sebagai peta yang secara internasional diterima dalam penetapan batas maritim. Perangkat lunak yang dipakai untuk merekonstruksi dan menganalisis garis batas adalah Caris LOTS.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada peta NKRI 2017 maupun sebelumnya Indonesia mengakui dengan resmi sepuluh negara tetangga yang secara geografis berbatasan langsung dengan wilayah maritim Indonesia. Kesepuluh negara tetangga tersebut adalah India, Thailand, Malaysia, Singapura, Vietnam, Filipina, Palau, Papua Nugini, Timor Leste, dan Australia (Patmasari & Artanto, 2016). Sebelum keputusan PCA atas gugatan Filipina tahun 2016 keluar, RRC mengklaim hampir keseluruhan LCS secara eksekutif dengan *nine dashed line*. Bahkan klaim RRC tersebut tumpang tindih dengan hak ZEE Indonesia. Secara legal, klaim RRC tersebut tidak berdasarkan LOSC 1982 meskipun RRC sudah meratifikasinya. Oleh karena itulah, Indonesia tidak mengakuinya. Meski demikian, untuk kepentingan analisis spasial dan untuk memvisualisasi permasalahan yang muncul karena klaim tersebut, dalam tulisan ini, klaim RRC tersebut ditampilkan bersama hak maritim Indonesia di LCS. **Gambar 1** mengilustrasikan

tumpang tindih hak ZEE Indonesia dengan klaim *nine dashed line* RRC.



Gambar 1. Irisan antara proyeksi garis batas ZEE klaim Indonesia dengan proyeksi garis *nine dashed line* di LCS.

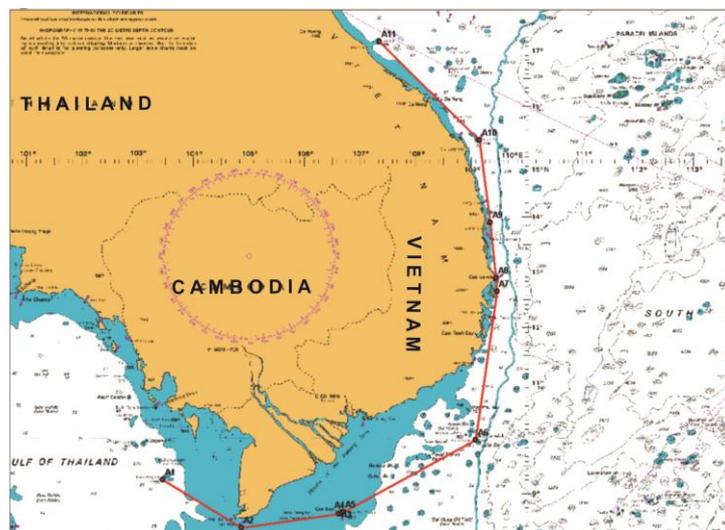
Berdasarkan **Gambar 1** tampak tumpang tindih antara klaim hak ZEE Indonesia dengan *nine dashed line* RRC (area berwarna ungu). Visualisasi ini diperoleh dengan melakukan penyambungan secara interpolatif terhadap sembilan garis putus-putus yang merupakan bagian dari *nine dashed line* dari RRC. Peta resmi dari RRC yang digunakan dalam hal ini adalah peta yang disampaikan RRC kepada PBB pada tahun 2009 (United Nation, 2009). Tumpang tindih ini tentu menambah konsekuensi persoalan baru batas maritim Indonesia, walaupun Indonesia tidak mengakui RRC sebagai negara tetangga.

Putusan PCA tahun 2016 untuk kasus gugatan Filipina terhadap RRC, terkait *nine dashed line* di LCS, menyatakan bahwa *nine dashed line* di kawasan LCS tidak ada dasar hukumnya. Dengan demikian maka secara otomatis klaim RRC tersebut batal demi hukum. Keputusan PCA yang memenangkan tuntutan Filipina atas batas wilayah maritim negara tersebut pada tanggal 12 Juli 2016 memberi dampak tidak hanya bilateral antara RRC dengan Filipina tetapi juga memberi dampak

kepada wilayah negara litoral (*Litoral State*) di kawasan LCS, salah satunya Indonesia. Putusan ini merupakan yurisprudensi. Dengan tidak diakuiinya *nine dashed line* di kawasan tersebut maka posisi Indonesia sendiri mendapat dukungan, bahwa tidak ada batas maritim antara Indonesia dengan RRC di kawasan LCS. Dengan kata lain tumpang tindih klaim dengan RRC tidak ada legalitasnya.

Batalnya klaim sepihak RRC terhadap kawasan LCS pasca putusan PCA membuat kedudukan Indonesia hanya berbatasan maritim dengan Vietnam dan Malaysia. Indonesia dengan Vietnam belum ada kesepakatan terkait penetapan batas ZEE. Meski demikian, pada tahun 2003 Indonesia dan Vietnam berhasil menyepakati dan menandatangani perjanjian Landas Kontinen antar kedua negara (Forbes, 2014). Batas Landas Kontinen ini ditetapkan setelah melalui perundingan sekitar tiga dasawarsa.

Terkait klaim dan penetapan batas maritim, Vietnam menetapkan garis pangkal resmi berupa garis pangkal lurus. Garis pangkal ini didepositkan ke PBB melalui *Statement of 12 November 1982 by the Government of the Socialist Republic of Vietnam on the Territorial Sea Baseline of Vietnam*. Garis pangkal Vietnam ini menimbulkan berbagai reaksi dari kalangan akademik maupun pemerintahan. Salah satu reaksi muncul dari United States Department of State. Garis pangkal Vietnam dianalisis dalam "Limit in the Seas No. 99 Straight Baseline" yang dikeluarkan oleh *United States Department of State Bureau of Intelligence and Research*. Dalam dokumen tersebut terdapat 11 titik pangkal Vietnam yang tersebar di sepanjang pantai dan pulau Vietnam. Vietnam secara sepihak mengklaim garis pangkal lurus dengan menghubungkan pulau-pulau terluarnya. Ilustrasi garis pangkal Vietnam tersebut ditampilkan pada **Gambar 2**.

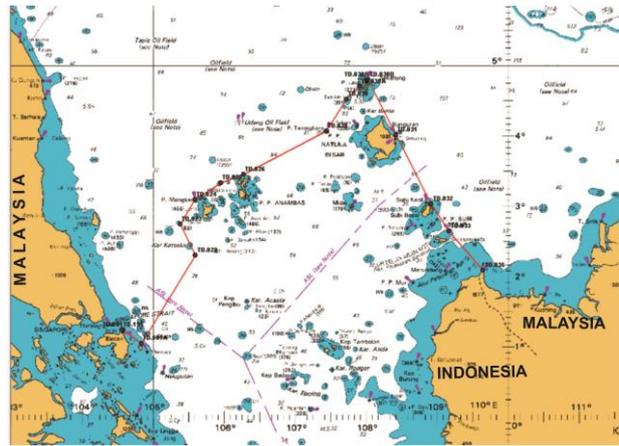


Gambar 2. Klaim garis pangkal lurus Vietnam.

Berdasarkan **Gambar 2** klaim garis pangkal lurus Vietnam (garis merah) merupakan klaim yang bersumber dari intepretasi pasal 7 yang cenderung 'liar' dan kontroversial. Garis pangkal lurus merujuk pada pasal 7 LOSC 1982 yang menjelaskan bahwa, jika bentuk fisik pantai benar-benar menjorok atau memotong ke dalam atau bergerigi (*deeply intended and cut into*), atau jika terdapat pulau tepi (*fringing islands*) di sepanjang pantai yang tersebar tepat di sekitar (*immediate vicinity*) garis pantai. Garis pangkal lurus Vietnam tersebut tidak sesuai dengan prinsip-prinsip pada pasal 7 LOSC 1982.

Secara geografis, Vietnam tidak memenuhi persyaratan sebagai sebuah negara yang memiliki pulau-pulau menyebar atau pantai yang menjorok. Vietnam merupakan negara pantai yang melintang dari utara ke selatan dengan sebuah daratan utama dan hanya sebagian kecil pulau di beberapa sisi negara pantai tersebut (Dong, 2009). Penetapan garis pangkal lurus Vietnam telah mengundang perbedaan pendapat. Beberapa pendapat menyatakan bahwa Vietnam seharusnya menggunakan garis pangkal normal sebagai garis pangkal negaranya. Vietnam merupakan sebuah negara pantai dengan hanya sedikit pulau atau karang di wilayah yang melingkupinya sehingga garis pangkal normal yang harus ditentukan berdasarkan penarikan pada *lowest low water* wilayah Vietnam (Dong, 2009). Penentuan garis pangkal lurus Vietnam akan berimplikasi pada batas ZEE terhadap Indonesia.

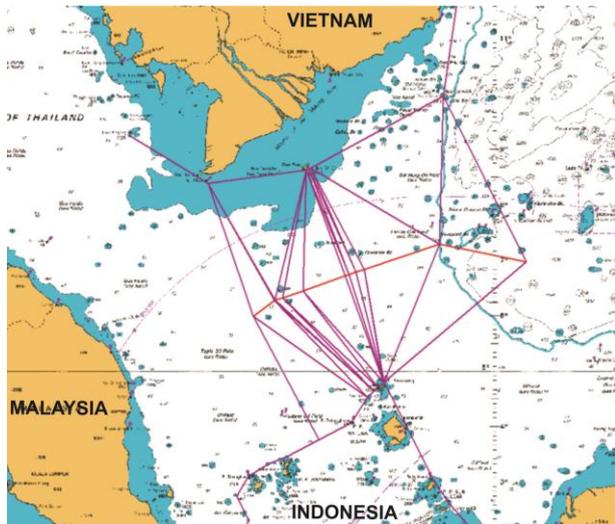
Indonesia sendiri mengeluarkan garis pangkal yang diterbitkan pada Peraturan Pemerintah No. 38 tahun 2002 tentang Daftar Koordinat Geografis Titik-Titik Garis Pangkal Kepulauan Indonesia yang telah diperbaharui dengan PP No.37 tahun 2008, serta secara lengkap telah didepositokan Sekretariat Jenderal PBB di New York pada tanggal 25 Maret 2009, jumlah titik pangkal Indonesia berjumlah 193 titik. Titik-titik pangkal tersebut membentuk garis pangkal kepulauan Indonesia. Titik koordinat garis pangkal Indonesia dinyatakan dalam koordinat geografis dalam datum *World Geodetic System* 1984 (WGS'84). Dilihat dari catatan resmi di Kementerian Luar Negeri, belum ada negara yang keberatan dan mengajukan nota protes terkait garis pangkal Indonesia di sekitar LCS. Meski demikian, ada komunikasi resmi dari Timor Leste yang menyatakan keberatan atas garis pangkal di sekitar Pulau Timor, seperti tertuang dalam *Communication from the Government of the Democratic Republic of Timor-Leste dated 5 March 2012*.



Gambar 3. Garis pangkal kepulauan Indonesia di Laut China Selatan.

Titik pangkal yang digunakan untuk menetapkan/mengukur lebar ZEE di kawasan LCS berjumlah 16 titik yaitu TD. 001, TD. 001A, TD. 022, TD. 023, TD. 024, TD. 025, TD. 026, TD. 028, TD. 029, TD. 030A, TD. 030B, TD. 030 D, TD. 031, TD. 032, TD. 033 dan TD. 035. Titik-titik pangkal tersebut digunakan untuk melakukan delimitasi dengan Malaysia dan Vietnam. Ilustrasi garis pangkal Indonesia di kawasan LCS ditampilkan pada **Gambar 3**.

Pada **Gambar 3** (garis berwarna merah) menunjukkan konfigurasi garis pangkal Indonesia di kawasan LCS. Garis pangkal tersebut yang digunakan dalam delimitasi batas ZEE dengan Vietnam dan Malaysia. Delimitasi batas ZEE antarnegara merujuk pada pasal 74 LOSC 1982, Pasal 74 tidak menjelaskan secara rinci tentang delimitasi ZEE, terutama dari segi teknis. Perundingan delimitasi batas ZEE baik secara metode ataupun dari segi faktor yang berpengaruh didasarkan atas kesepakatan kedua negara yang bersengketa. Penekanan dalam mengatur delimitasi ZEE adalah untuk mencapai solusi yang adil (*equitable solution*) seperti yang ditegaskan dalam pasal 74 LOSC. Pada umumnya negara-negara di dunia menetapkan batas maritimnya dengan ekuidistan atau sama jarak, atau setidaknya, garis sama jarak dijadikan sebagai garis awal ketika delimitasi batas maritim dilakukan. Delimitasi batas maritim kedua negara yang berlawanan (*opposite*) atau berdampingan (*adjacent*) dilakukan melalui perjanjian (Kapoor, 2011). Jika disimulasikan garis batas ZEE Indonesia dengan Vietnam dengan garis sama jarak yang dibentuk dari garis pangkal kepulauan Indonesia dengan garis pangkal lurus Vietnam maka akan tampak seperti **Gambar 4**.



Gambar 4. Konstruksi garis pangkal Indonesia dengan Vietnam, versi garis pangkal lurus Vietnam.

Berdasarkan **Gambar 4** tampak konstruksi garis sama jarak antara Indonesia dan Vietnam yang dibentuk dari garis pangkal kepulauan Indonesia dengan garis pangkal lurus Vietnam. Garis pangkal Indonesia tersusun atas 16 titik. Titik dasar yang digunakan untuk menyusun garis tengah (*median line*) tersebut adalah TD001 s/d TD032 dari Indonesia dan A.1 s/d A.7 dari Vietnam. Implikasi dari garis pangkal lurus Vietnam menjadikan garis sama jarak berada lebih dekat dengan sisi Indonesia dibandingkan garis klaim Indonesia saat ini. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan garis pangkal lurus oleh Vietnam berdampak kurang menguntungkan bagi Indonesia dalam hal batas maritim. Hal ini akan menentukan sikap Indonesia untuk mengakui atau tidak garis pangkal lurus Vietnam tersebut.

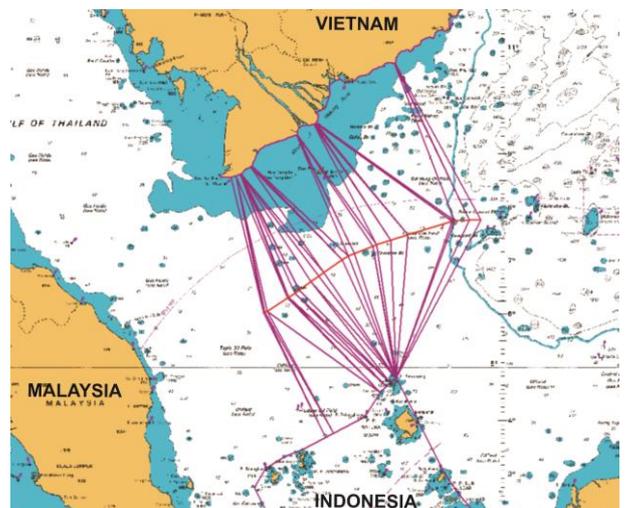
Berdasar ketentuan hukum internasional yang berlaku, dalam melakukan klaim wilayah/yurisdiksi maritimnya negara pantai yang bukan negara kepulauan seharusnya menggunakan garis pangkal normal (Churchill, 2016). Dengan demikian, Vietnam seharusnya mempertimbangkan kembali penggunaan garis pangkal lurus yang eksekutif tersebut. Mengingat konfigurasi bukan negara kepulauan dan jarak pulau-pulau kecil yang jauh dari garis pangkal utama, lebih tepat jika Vietnam menggunakan garis pangkal normal untuk negaranya.

Untuk keragaman analisis geospasial opsi batas ZEE antara Indonesia dengan Vietnam, garis pangkal Vietnam juga akan disimulasikan sebagai garis pangkal normal. Garis pangkal normal dimaksud merujuk pada pasal 5 LOSC 1982 yang menjelaskan bahwa, garis air terendah (*low water line*) di sepanjang pantai seperti terlihat pada peta skala besar yang diakui oleh negara pantai yang bersangkutan. **Gambar 5** mengilustrasikan hasil identifikasi dan penggambaran garis pangkal normal Vietnam.

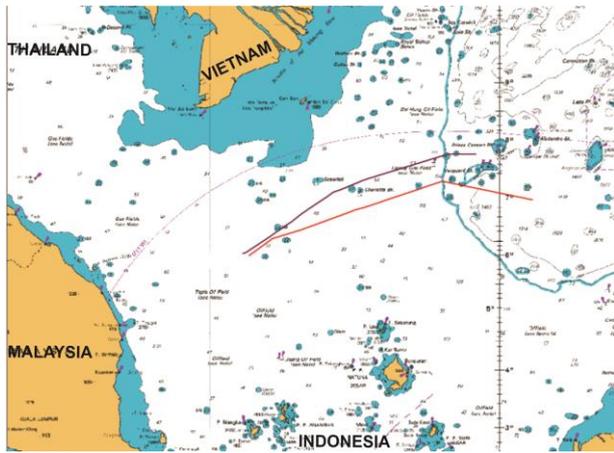


Gambar 5. Ilustrasi pendefinisian garis pangkal normal Vietnam.

Garis pangkal Vietnam pada **Gambar 5** lebih sesuai dengan kondisi geografis negara Vietnam, juga sesuai dengan pasal 5 LOSC 1982 tentang garis pangkal normal. Sementara itu, Indonesia tetap disimulasikan menggunakan garis pangkal kepulauan karena secara legal memang diakui sebagai negara kepulauan dan deposit garis pangkal Indonesia di sekitar LCS tidak mendapat sanggahan dari negara lain. Dengan menggunakan garis pangkal normal Vietnam dan garis pangkal kepulauan Indonesia, konstruksi garis sama jarak berubah dan cenderung berimpit dengan klaim Indonesia di Peta NKRI 2017. Konstruksi garis sama jarak yang terbentuk antara garis pangkal kepulauan Indonesia dengan garis pangkal normal Vietnam dapat dilihat pada **Gambar 6**. Berdasarkan **Gambar 6** garis pangkal normal Vietnam lebih sesuai dengan interpretasi garis pangkal menurut prinsip-prinsip hukum laut internasional LOSC 1982. Perbedaan garis sama jarak antara garis pangkal lurus Vietnam dengan garis pangkal normal Vietnam ditampilkan pada **Gambar 7**.



Gambar 6. Konstruksi garis sama jarak Indonesia dan Vietnam, versi garis pangkal normal Vietnam.



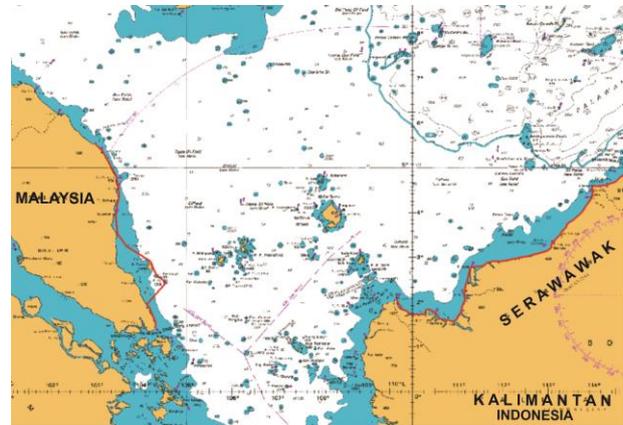
Gambar 7. Perbedaan garis sama jarak antara Indonesia dan Vietnam yang terbentuk dari garis pangkal lurus dan garis pangkal normal Vietnam.

Gambar 7. menampilkan garis sama jarak yang terbentuk dari garis pangkal lurus Vietnam dengan garis pangkal kepulauan Indonesia (garis berwarna merah). Sedangkan garis sama jarak yang terbentuk dari garis pangkal normal Vietnam dengan garis pangkal kepulauan Indonesia ditunjukkan dengan garis berwarna coklat. Dari kedua garis sama jarak pada **Gambar 7** tersebut, terlihat bahwa garis berwarna coklat berada di sebelah utara. Secara praktis, hal ini tentu menjadi preferensi Indonesia. Meski demikian, garis ini tidak dibuat berdasarkan preferensi subjektif melainkan sesuai dengan prinsip-prinsip hukum laut Internasional, dalam hal ini LOSC 1982. Garis sama jarak berwarna coklat juga sesuai atau berhimpit dengan *forward position* Indonesia terhadap Vietnam di peta NKRI 2017. Dari sini dapat disimpulkan bahwa garis batas ZEE Indonesia-Vietnam di Peta NKRI 2017 telah dibuat dengan pertimbangan legal yang memadai.

Batas ZEE Indonesia dengan Malaysia di kawasan LCS juga belum ada kesepakatan. Namun Indonesia dan Malaysia telah menyetujui batas Landas Kontinen pada tahun 1969 melalui *Agreement between Government of Malaysia and the Government of Indonesia on the delimitation of the continental shelves between the two countries* pada tanggal 27 Oktober 1969 di mana kedua negara telah menetapkan titik-titik garis Landas Kontinen di wilayah LCS. Perjanjian batas terkait landas kontinen tersebut disepakati di Kuala Lumpur dan disahkan oleh Indonesia dengan keluarnya Keppres No. 89/1969 tanggal 5 November 1969 yang menghasilkan tiga segmen.

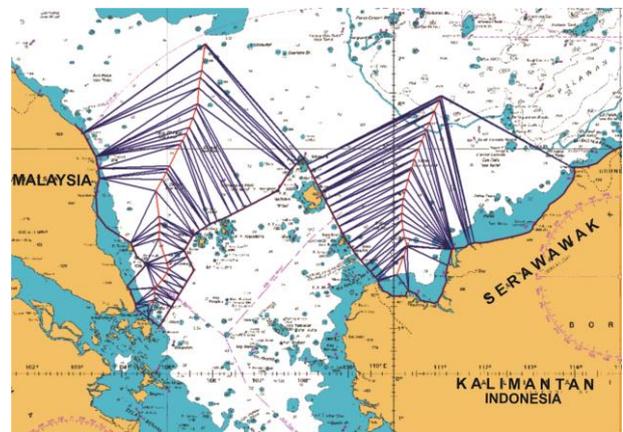
Dalam beberapa peraturan yang digunakan oleh Malaysia, tidak disebutkan secara eksplisit titik dasar yang dijadikan garis pangkal oleh Malaysia. Beberapa perjanjian terkait Laut Teritorial dan Landas Kontinen antara Indonesia dan Malaysia hanya membahas titik-titik yang berada di kawasan Selat Malaka. Pada penelitian ini garis pangkal Malaysia diidentifikasi sebagai kombinasi

garis pangkal normal yang merujuk pada pasal 5 LOSC 1982 dan garis pangkal lurus yang merujuk pada pasal 7 LOSC 1982. **Gambar 8** ini menampilkan kombinasi garis pangkal normal dengan garis pangkal lurus Malaysia hasil identifikasi.



Gambar 8. Garis pangkal Malaysia hasil identifikasi.

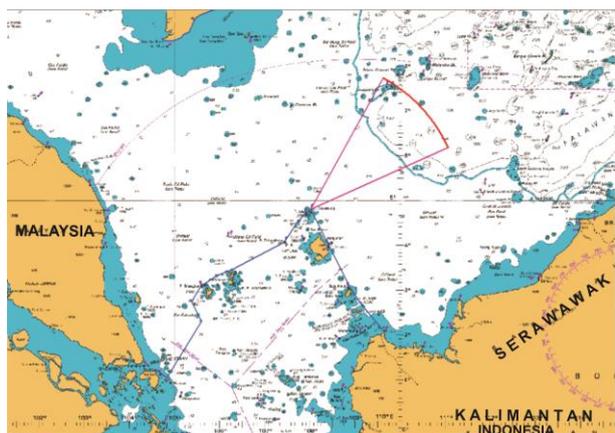
Batas ZEE antara Indonesia dan Malaysia pada segmen LCS merupakan batas ZEE yang berdampingan (*Adjacent state*). Untuk membentuk garis sama jarak dengan Malaysia, Indonesia menggunakan garis pangkal kepulauan yang juga digunakan dalam pembentukan garis sama jarak dengan Vietnam yaitu TD001 s/d TD032. **Gambar 9** menampilkan garis sama jarak yang terbentuk dari garis pangkal kepulauan Indonesia dengan garis pangkal Malaysia hasil identifikasi.



Gambar 9. Konstruksi garis sama jarak antara Indonesia dengan Malaysia.

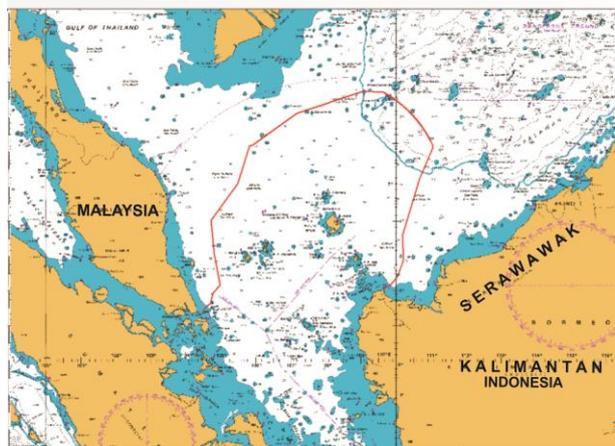
Gambar 9 mengilustrasikan konstruksi garis sama jarak antara Indonesia dengan Malaysia yang menjadi klaim batas ZEE Indonesia. Garis tersebut nyaris berimpit dengan garis klaim yang ada pada peta NKRI 2017. Pada bagian di antara klaim batas ZEE segmen Indonesia-Vietnam dan Indonesia-Malaysia bagian timur, Indonesia dapat mengklaim batas terluar ZEE maksimal sesuai LOSC 1982 hingga 200 mil laut, hal tersebut karena tidak ada negara yang berbatasan dengan Indonesia di segmen tersebut. **Gambar 10**

menampilkan konstruksi garis klaim ZEE Indonesia sejauh 200 mil laut.



Gambar 10. Konstruksi garis 200 mil laut klaim ZEE Indonesia.

Forward position atau klaim batas ZEE Indonesia terhadap Malaysia dan Vietnam di LCS sesuai dengan kaidah-kaidah yang ditetapkan oleh LOSC 1982 sebagaimana dilakukan dalam penelitian ini. Aspek legal dan geospasial menjadi pertimbangan utama dalam membentuk *forward position* Indonesia terhadap Malaysia dan Vietnam di LCS. **Gambar 11** menampilkan *forward position* Indonesia terhadap Malaysia dan Vietnam.



Gambar 11. *Forward position* Indonesia di Laut China Selatan.

Berdasarkan **Gambar 11** garis berwarna merah adalah *forward position* atau klaim batas ZEE Indonesia di kawasan LCS. *Forward position* batas maritim merupakan klaim maksimal suatu negara pada batas maritimnya (Arsana dkk, 2010). Berdasarkan analisa pada penelitian ini klaim batas ZEE Indonesia di kawasan LCS telah secara optimal mengikuti kaidah-kaidah yang ditetapkan dalam aturan hukum internasional, terutama LOSC 1982. Oleh karena itu *forward position* atau klaim batas ZEE Indonesia di kawasan LCS mempunyai legal basis yang kuat untuk dipertahankan di meja perundingan.

Salah satu hal yang memerlukan kajian lebih mendalam adalah penggunaan garis pangkal lurus atau kepulauan dalam delimitasi batas maritim. Indonesia, sebagai negara kepulauan, tentu saja berhak menggunakan garis pangkal kepulauan dalam melakukan klaim maritim dan juga melakukan delimitasi batas maritim. Akan tetapi, perlu diingat bahwa hal ini tidak diatur secara spesifik di LOSC 1982. Oleh karena itu, acuan hukum tambahan yang juga penting diperhatikan adalah yurisprudensi yaitu keputusan hakim di Mahkamah Internasional atau ITLOS (*International Tribunal for the Law of the Sea*). Perlu dilakukan kajian secara komprehensif tentang penggunaan garis pangkal lurus atau kepulauan dengan mengacu pada yurisprudensi sehingga posisi dan argumentasi menjadi lebih kuat secara ilmiah dan legal.

KESIMPULAN

Secara legal, batas ZEE Indonesia di kawasan LCS adalah dengan Vietnam dan Malaysia. Hal tersebut diperkuat dengan putusan PCA tahun 2016 atas gugatan Filipina terhadap klaim *nine dashed line* RRC, yang akhirnya dimenangkan Filipina. Indonesia telah menetapkan klaim batas ZEE di LCS secara optimal sehingga menghasilkan *forward position* Indonesia terhadap Vietnam dan Malaysia. Putusan PCA tahun 2016 menjadi pendukung legal posisi Indonesia untuk mengabaikan *nine dashed line* dalam menentukan *forward position* tersebut. *Forward position* paling mutakhir Indonesia dituangkan dalam Peta NKRI 2017 yang diluncurkan secara resmi tanggal 14 Juli 2017. Berdasarkan analisis dalam penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa *forward position* Indonesia telah secara optimal mempertimbangkan aspek geospasial dan legal dan sesuai dengan prinsip-prinsip hukum laut internasional, terutama LOSC 1982 dan yurisprudensi PCA tahun 2016.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsana, I. M. A., Yuniar, F., & Sumaryo. (2010). Geospatial Aspects of Maritime Boundary Delimitation in the Singapore Strait involving Indonesia, Malaysia and Singapore. *Facing the Challenges – Building the Capacity, FIG Congress*, (April), 11–16.
- Churchill, R. (2016). Dispute Settlement in the Law of the Sea: Survey for 2015—Part I. *The International Journal of Marine and Coastal Law*, 31(4), 555–582. <http://doi.org/10.1163/15718085-12341420>
- Dong, M. (2009). Maritime delimitation between Vietnam and her neighboring countries. *UN-Nippon Foundation Alumni Meeting*.
- Faizuddin, M., & Razali, M. (2017). Implication of South China Sea Arbitration to Malaysia (Case Study: Philipina Versus China). *6th ICT International Student Project Conference (ICT-ISPC)*, 1–4.

- Forbes, V. L. (2014). *Indonesia ' s Delimited Maritime Boundaries*. London: Springer.
- Kapoor, D. C. (2011). The Delimitation of Exclusive Economic Zones. *Maritime Policy & Management*, 4(5), 255–263. <http://doi.org/10.1080/03088837700000002>
- Patmasari, T., & Artanto, E. (2016). Perkembangan Terakhir Batas Maritim Indonesia Dengan Negara Tetangga. *Seminar Nasional Peran Geospasial Dalam Membingkai NKRI 2016: 03-21 Papua*, 10, 3–21.
- Permanent Court of Arbitration. (2016). In the Matter of South China Sea Arbitration between the Republic of the Philippines and the People's Republic of China. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Smith, R. W. (2010). Maritime delimitation in the South China Sea: Potentiality and challenges. *Ocean Development & International Law*, 41(3), 214–236.
- United Nation. (2009). Communications received from the Permanent Mission of the People's Republic of China with regard to the joint submission made by Malaysia and Viet Nam to the Commission on the Limits of the Continental Shelf.
- Whomersley, C. (2016). The South China Sea: The Award of the Tribunal in the Case Brought by Philippines against China — A Critique. *Chinese Journal of International Law*, 15(2), 239–264. <http://doi.org/10.1093/chinesejil/jmw011>

PERAN INFORMASI GEOSPASIAL UNTUK MENDUKUNG PEMBENTUKAN DESA

(*The Role of Geospatial Information To Support Village Establishment*)

Andriyana Lailissaum

Pusat Pemetaan Batas Wilayah, Badan Informasi Geospasial
Jl. Raya Jakarta Bogor KM 46 Cibinong 16911, Indonesia
E-mail: andriyana.lailissaum@gmail.com

Diterima (received): 03 April 2017; Direvisi (revised): 15 Mei 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 21 Agustus 2018

ABSTRAK

Pembentukan desa merupakan suatu proses panjang yang dilakukan dengan berbagai dasar hukum di antaranya Undang-undang (UU) Nomor 6 Tahun 2014 tentang desa, Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2014 tentang pelaksanaan UU No 6 Tahun 2014, dan Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2017 tentang penataan desa. UU No 6 Tahun 2014 menyebutkan bahwa pembentukan desa harus melalui tahap desa persiapan. Salah satu syarat pembentukan desa adalah batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk peta desa dan telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota. Selain peta tersebut, terdapat beberapa peta lain yang digunakan untuk mendukung pembentukan desa. Kesalahan dalam penggunaan informasi geospasial berupa batas wilayah dalam pembentukan desa berpotensi menimbulkan sengketa batas wilayah di masa mendatang. Sejauh ini, penelitian hanya berfokus pada peta desa untuk tujuan pembangunan desa tetapi belum menyentuh peta desa yang dimaksudkan dalam UU yang terkait dengan pembentukan desa. Penelitian ini lebih difokuskan pada peran informasi geospasial dalam pembentukan desa berdasarkan UU saat ini sehingga tidak hanya menggunakan sudut pandang teknis. Penelitian ini merupakan penelitian kebijakan yang dilakukan dengan metode diskriptif kualitatif yang menggunakan beberapa peraturan perundang-undangan terkait dengan pembentukan desa, batas wilayah, dan informasi geospasial. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peranan informasi geospasial dalam pembentukan desa. Hasil dari penelitian ini adalah inventarisasi permasalahan terkait dengan penggunaan informasi geospasial dalam pembentukan desa beserta dengan solusinya. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa peran informasi geospasial dalam pembentukan desa sangat penting. Hanya saja belum ada kebijakan yang mengatur secara detil tentang spesifikasi peta-peta yang diperlukan dalam pembentukan desa.

Kata kunci: desa, desa persiapan, penetapan, batas wilayah

ABSTRACT

The process of villages establishment is done based on several legal bases such as Law Number 6 of 2014 concerning Village, Government Regulation Number 43 of 2014 on Implementation of Law Number 6 of 2014 and Ministry of Home Affairs Regulation Number 1 of 2017 on Village Arrangement. In Law No. 6 of 2014, it was mentioned that one of the requirements for the establishment of a village is the village boundaries which is described in the form of a village map which has been legalized in the regent/mayor regulation. Error in the use of geospatial information can cause disputes of boundaries. So far, there is a lot of research that only focuses on the village map for village development purposes but hasn't researched on the village map based on Law No. 6 of 2014 in order to establish the village. This research is more focused on the role of geospatial information in the establishment of villages. This research is a policy research using a qualitative descriptive method by using some laws and regulations related to the formation of villages, territorial boundaries, and geospatial information. The purpose of this study is to research the role of geospatial information in the village establishment. The result of this research is an inventory of problems related to the use of geospatial information in the village establishment and the solution. From this research, it can be concluded that the role of geospatial information in the village establishment is very important.

Keywords: village, preparatory village, determination, boundaries

PENDAHULUAN

Berdasarkan Undang-undang (UU) Nomor 6 Tahun 2014 disebutkan bahwa desa adalah desa dan desa adat atau yang disebut dengan nama

lain, selanjutnya disebut desa, adalah kesatuan masyarakat hukum yang memiliki batas wilayah yang berwenang untuk mengatur dan mengurus urusan pemerintahan, kepentingan masyarakat setempat berdasarkan prakarsa masyarakat, hak

asal usul, dan atau hak tradisional yang diakui dan dihormati dalam sistem pemerintahan Negara Kesatuan Republik Indonesia. Salah satu syarat pembentukan desa pada umumnya adalah terdapat batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk Peta Desa yang telah ditetapkan dalam Peraturan Bupati/Walikota. Salah satu perbedaan yang paling mendasar dalam proses pembentukan desa berdasarkan UU No 6 Tahun 2014 dibandingkan dengan Peraturan Pemerintah (PP) 72 Tahun 2005 tentang desa adalah pembentukan desa sekarang harus melalui tahapan desa persiapan. Desa persiapan dapat berubah menjadi desa definitif jika dinyatakan layak berdasarkan parameter yang disebutkan dalam peraturan perundang-undangan. Apabila desa persiapan dinyatakan tidak layak maka dikembalikan kepada desa induk.

Dalam UU No 6 Tahun 2014 disebutkan bahwa peraturan daerah tentang pembentukan, penghapusan, penggabungan, dan perubahan status desa ditetapkan dengan peraturan daerah yang melampirkan peta batas wilayah. Berdasarkan penjelasan tersebut informasi geospasial (IG) memiliki peran penting dalam proses pembentukan desa. IG berperan dalam penggambaran cakupan wilayah desa, penetapan batas desa, penegasan batas desa, dan perhitungan luas desa. Untuk itu perlu dilakukan standarisasi IG yang digunakan dalam proses pembentukan desa. Perbedaan tentang jenis, sumber data, dan metode penyajian IG dalam pembentukan desa dapat menyebabkan sengketa batas wilayah desa pada masa mendatang.

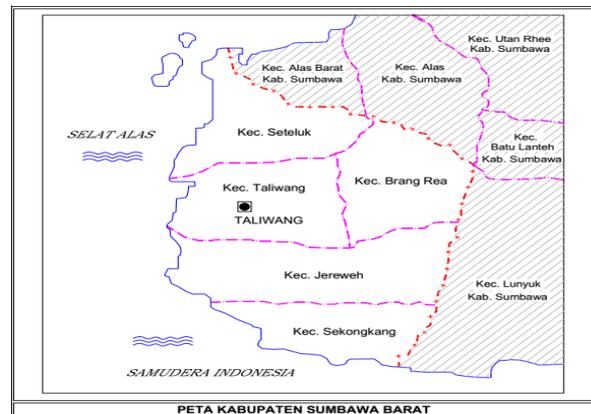
Menurut Undang undang Nomor 4 Tahun 2011 garis batas wilayah merupakan salah satu unsur pada peta dasar yang merupakan bagian dari Informasi Geospasial Dasar. Jika garis batas wilayah disajikan terpisah dari unsur penyusun peta dasar maka menjadi produk Informasi Geospasial Tematik (Lailissaum, 2017). Peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa termasuk peta tematik. Informasi Geospasial Tematik yang menggambarkan suatu batas yang mempunyai kekuatan hukum dibuat berdasarkan dokumen penetapan batas secara pasti oleh Instansi Pemerintah yang berwenang.

Pembentukan Daerah tanpa melibatkan peran IG

Kesalahan dan tidak akuratnya gambar garis batas wilayah di peta berpotensi menimbulkan perselisihan posisional antar daerah yang berbatasan (Adler, 1995). Pembentukan daerah tanpa menggunakan IG dapat mengakibatkan terjadinya sengketa batas wilayah. Hal tersebut sering terjadi dalam proses pembentukan Daerah Otonom Baru (DOB) pada masa sebelum terbitnya PP Nomor 78 Tahun 2007 tentang pembentukan, penggabungan, dan penghapusan daerah. PP

tersebut merupakan turunan dari UU Nomor 32 Tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah. Dalam UU tersebut tidak dijelaskan secara jelas tentang wujud peta lampiran pembentukan daerah, hanya dijelaskan bahwa undang-undang pembentukan daerah harus memuat cakupan diantaranya wilayah dan batasnya. Namun pada prakteknya ketentuan tersebut dilaksanakan secara makro, yakni hanya menyebutkan persyaratan kewilayahan yang hanya menyebutkan batas batas wilayahnya saja (Arifin, 2016). Proses pembentukan DOB pada saat itu belum menggunakan IG yang sesuai dengan kaidah pemetaan.

Gambar 1 merupakan contoh lampiran UU yang mendefinisikan cakupan wilayah daerah otonom baru yang akan dibentuk. Gambar tersebut tidak memiliki referensi koordinat sehingga batas-batas wilayahnya sulit untuk ditelusuri di lapangan. Akibatnya, masing masing daerah dapat memiliki interpretasi yang berbeda terkait batas wilayahnya. Konflik batas wilayah terjadi karena adanya perbedaan intepretasi antar Pemerintah Daerah (Sari, 2014). Fungsi IG dalam pembentukan wilayah administrasi adalah untuk mencegah terjadinya konflik keruangan pasca pemekaran. Konflik keruangan adalah potensi konflik kewilayahan yang timbul akibat adanya garis batas yang membagi satu wilayah menjadi dua wilayah yang berbeda (Harmantyo, 2007).



Gambar 1. Lampiran UU no 30 tahun 2003 tentang pembentukan Kabupaten Sumbawa Barat.

Salah satu contoh nyata terkait kurangnya penggunaan IG dalam UU pembentukan daerah sehingga menjadi penyebab sengketa batas daerah adalah pada kasus sengketa batas antara Kota Magelang dan Kabupaten Magelang. UU pembentukan daerah tersebut dapat dikatakan sangat sederhana. Secara garis besar, UU pembentukan daerah tersebut hanya menyebutkan nama daerah yang dibentuk, kedudukan ibukota daerah, jumlah anggota Dewan Perwakilan Rakyat Daerah (DPRD) masing-masing daerah, dan urusan-urusan rumah tangga daerah. Dalam proses pembentukan

daerah batas-batas daerah tidak ditentukan sama sekali (Kristiyono, 2008). Jika batas wilayah yang digambarkan pada peta yang tidak akurat dapat menimbulkan sengketa batas apalagi dengan batas wilayah yang digambarkan hanya melalui diskripsi, tanpa dilengkapi peta sama sekali. Diskripsi verbal bukan alat yang cukup untuk digunakan dalam penarikan garis batas (Srebro & Shoshany, 2001).

Laju pemekaran desa yang meningkat dari tahun ke tahun ini hampir keseluruhan tidak didahului dengan penetapan dan penegasan desa yang mengakibatkan tidak jelasnya pembagian aset desa, sehingga mengakibatkan konflik antar desa (B. Riadi, 2015). Sebagian besar desa yang dibentuk pada masa lalu tidak dilengkapi dengan peta yang menggambarkan garis batas wilayah. Sekalipun ada yang melampirkan peta maka harus dikaji kembali kebijakan mana yang dijadikan dasar dalam pembuatannya. Peta wilayah desa yang terpampang di setiap kantor desa umumnya belum dibuat berdasarkan kaidah-kaidah pemetaan. Peta tersebut hanya sebatas sketsa yang menggambarkan bentuk umum wilayah administrasi dari desa tersebut dan sudah barang tentu luas wilayahnya tidak bisa ditentukan berdasarkan 'peta' tersebut (Asadi, 2016).

IG yang ter-integrasi

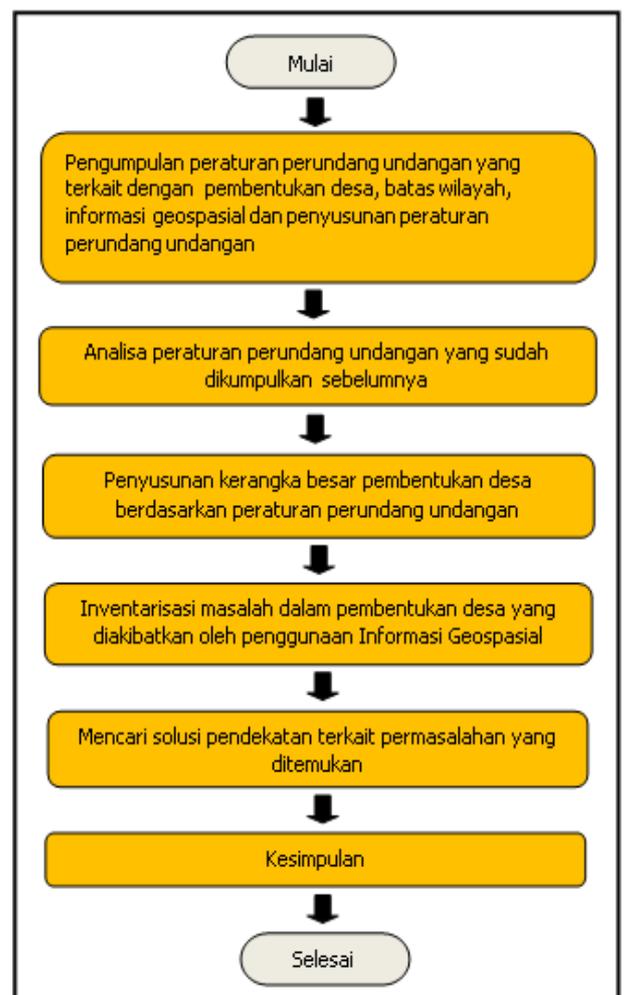
Selain menyediakan peta yang sesuai dengan spesifikasi teknis, peta tersebut juga harus terintegrasi satu sama lain agar tidak menimbulkan sengketa batas wilayah. Sebagai contoh, salah satu latar belakang terjadinya sengketa batas daerah antara Kabupaten Bantul dan Kabupaten Sleman adalah adanya tumpang tindih dalam hal pengakuan wilayah. Blok santan, tambakkraman dan tambak bayan (3 blok yang disengketakan) tergambar di peta desa Banguntapan yang berada di wilayah Kabupaten Bantul tetapi juga tergambar dalam peta desa Maguwuharjo dan desa Caturtunggal yang berada di wilayah Kabupaten Sleman (Tiarman, 2011). Untuk itu integrasi peta yang satu dengan yang lain dalam kaitanya dengan pembentukan wilayah harus dilakukan untuk menghindari tumpang tindih pengakuan wilayah. Jika peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa tidak memiliki standar yang baku maka akan sulit untuk diintegrasikan satu sama lain.

Kesulitan dalam melakukan integrasi peta dapat terlihat dalam pelaksanaan KSP yang didasarkan pada Peraturan Presiden Nomor 9 Tahun 2016. Untuk keberhasilan KSP, berbagai peta tematik yang akan diintegrasikan (dengan fakta kualitas peta tematik yang berbeda) tidak serta merta bisa diintegrasikan begitu saja. Hanya peta-peta tematik yang telah diuji validitasnya

(baik di lapangan maupun laboratorium) yang bisa diintegrasikan (Susanto & Subarya, 2016). Integrasi peta desa sangat diperlukan untuk menghasilkan suatu basis data geospasial yang terintegrasi satu sama lain.

METODE

Penelitian dilakukan menggunakan metode diskriptif kualitatif dengan melakukan analisa terkait beberapa peraturan perundang-undangan yang terkait dalam pembentukan desa. Selain itu juga dilakukan analisa teknis berdasarkan konsep survei dan pemetaan terhadap penggunaan IG yang disebutkan dalam peraturan perundang-undangan dalam penataan desa. Penelitian lebih fokus pada analisa dokumen kebijakan yang memiliki keterkaitan langsung dengan IG pada umumnya dan batas wilayah pada khususnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui peranan informasi geospasial dalam pembentukan desa beserta dengan permasalahan dan solusinya. Beberapa kebijakan utama yang digunakan sebagai dasar dalam penyusunan penelitian ini dapat dilihat pada **Tabel 1**.



Gambar 2. Konsep penelitian.

Tabel 1. Produk hukum yang memuat IG.

No	Peraturan Perundang undangan	Fokus Analisa
1	UU No. 6 Tahun 2014 tentang Desa.	Konsep Besar Pembentukan Desa
2	Peraturan Pemerintah Nomor 43 Tahun 2014 tentang Pelaksanaan UU Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa	
3	Peraturan Menteri Nomor 1 Tahun 2017 tentang Penataan Desa.	
4	Peraturan Menteri Nomor 137 Tahun 2017 tentang Kode dan Data Wilayah Administrasi Pemerintahan	Jumlah Desa dan Kelurahan
5	Peraturan Menteri Nomor 45 Tahun 2016 tentang Penetapan dan Penegasan Batas Desa	Batas Desa
6	Peraturan Menteri Nomor 141 Tahun 2017 tentang Penegasan Batas Daerah	Batas Daerah
7	Peraturan Menteri Nomor 76 Tahun 2012 tentang Penegasan Batas Daerah	
8	UU No. 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.	Informasi Geospasial
9	Peraturan Kepala BIG Nomor 3 tahun 2016 tentang Penyajian Peta Desa	Peta Desa
10	UU No. 32 Tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah.	Pembentukan DOB
11	Peraturan Pemerintah Nomor 78 Tahun 2007 tentang Tata Cara Pembentukan, Penghapusan dan Penggabungan Daerah	
12	UU No. 30 Tahun 2014 tentang Administrasi Pemerintahan.	Pembuatan Kebijakan
13	UU No. 12 Tahun 2011 tentang Pembentukan Peraturan Perundang-Undangan.	

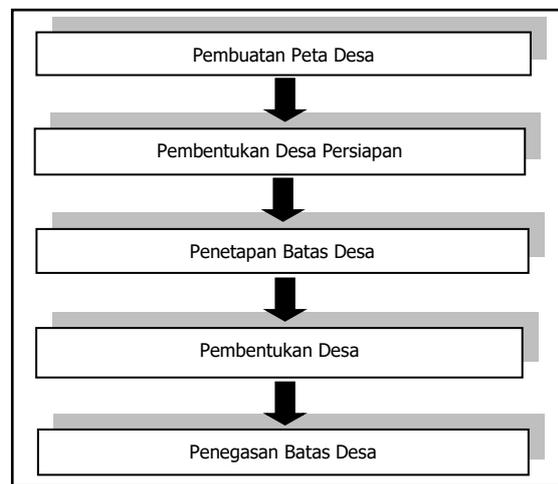
HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsep Besar Pembentukan Desa

Pada Permendagri No. 1 Tahun 2017 tentang penataan desa disebutkan bahwa penataan desa/desa adat meliputi pembentukan desa, penghapusan desa, dan perubahan status desa. Selanjutnya dalam Pasal 3 diterangkan bahwa penataan desa ditetapkan dengan Perda kabupaten/kota dan Perda tersebut minimal harus memuat peta batas wilayah. Berdasarkan penjelasan tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pembentukan desa/desa adat, penghapusan desa/desa adat, dan perubahan status desa/desa adat memerlukan peta yang

memuat tentang batas wilayah. Konsep besar pembentukan desa berdasarkan peraturan perundang-undangan pada **Gambar 3**.

Batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk peta Desa yang telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota (UU No. 6 Tahun 2014 Pasal 8 Ayat 3) adalah salah satu syarat pembentukan desa. Pembentukan desa harus melalui tahapan desa persiapan terlebih dahulu. Dalam hal rekomendasi desa persiapan dinyatakan layak, bupati/walikota akan menetapkan peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan (PP 43 Tahun 2016 Pasal 10 ayat 5). Desa persiapan dipimpin oleh Pejabat Kepala Desa persiapan yang salah satu tugasnya adalah melakukan penetapan batas wilayah desa sesuai dengan kaidah kartografis (PP 43 Tahun 2016 Pasal 12 ayat 7). Penetapan Batas desa ditetapkan dengan peraturan bupati/walikota (Permendagri No 45 Tahun 2016 Pasal 6 ayat 1).



Gambar 3. Konsep besar pembentukan desa.

Desa persiapan dapat ditingkatkan statusnya menjadi desa dalam jangka waktu paling lama 3 tahun sejak ditetapkan sebagai desa persiapan. Jika desa persiapan tersebut dinyatakan layak menjadi desa, bupati/walikota menyusun rancangan peraturan daerah kabupaten/kota tentang pembentukan desa persiapan menjadi desa (PP 43 Tahun 2016 Pasal 13). Penegasan batas desa diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016. Untuk percepatan penegasan batas desa, seharusnya desa yang batasnya belum ditegaskan tidak bisa melakukan pemekaran desa/pembentukan desa, penggabungan desa, maupun perubahan status desa. Akan tetapi, menurut peraturan perundang-undangan yang berlaku saat ini, desa yang batasnya belum tegas bisa melakukan pemekaran/pembentukan desa, penggabungan, ataupun perubahan status desa. Pada peraturan perundang-undangan yang berlaku saat ini tidak ada larangan bahwa desa yang batasnya belum ditegaskan bisa melakukan

pemekaran desa dalam rangka pembentukan desa baru dan perubahan status desa. Hal tersebut tidak sesuai dengan semangat percepatan penegasan batas desa.

Tahapan Pembentukan Desa Oleh Pemerintah Pusat

UU Nomor 6 Tahun 2014 tentang desa menyebutkan bahwa desa dapat dibentuk berdasarkan inisiasi pemerintah kabupaten/kota, pemerintah provinsi, dan pemerintah pusat. Tata cara pembentukan desa oleh pemerintah kabupaten/kota, pemerintah provinsi, dan pemerintah pusat berbeda satu sama lain. Pemerintah pusat dapat melakukan pembentukan desa tanpa memperhatikan persyaratan umum pembentukan desa yang salah satunya termasuk garis batas wilayah yang dinyatakan dalam bentuk peta desa. Sementara itu pembentukan desa yang diinisiasi oleh pemerintah provinsi dan kabupaten/kota harus mengikuti persyaratan pembentukan desa pada umumnya.

Pembentukan desa oleh pemerintah pusat dapat dilakukan oleh kementerian dan lembaga pemerintah non kementerian (K/L). K/L dapat mengajukan prakarsa pembentukan desa kepada Menteri Dalam Negeri (Mendagri). Mendagri kemudian melakukan peninjauan lapangan bersama pihak pemrakarsa, pemerintah provinsi (pemprov) dan pemerintah daerah (pemda). Setelah melakukan peninjauan, Mendagri bersama pimpinan K/L melakukan pembahasan bersama pihak pemrakarsa, pemprov, dan pemda. Berdasarkan hasil kesepakatan pada rapat pembahasan tersebut Mendagri menerbitkan keputusan menteri tentang pembentukan desa.

Keputusan menteri tersebut disampaikan kepada bupati/walikota untuk disosialisasikan kepada masyarakat dan pemerintah desa. Selanjutnya pemerintah desa memfasilitasi Badan Permasyarakatan Desa untuk menyelenggarakan musyawarah desa dalam rangka mensosialisasikan keputusan menteri tersebut. Hasil musyawarah tersebut dilaporkan pemerintah desa kepada bupati/walikota. Selanjutnya bupati/walikota melakukan penyusunan perda untuk dibahas bersama DPRD.

Keputusan menteri tentang pembentukan desa harusnya dilengkapi dengan peta yang menggambarkan cakupan wilayah desa yang akan dibentuk beserta dengan rencana batas wilayahnya. Hal tersebut dilakukan agar lebih mudah dimengerti oleh pemerintah daerah sebagai pihak yang akan melakukan sosialisasi dan penyusunan perda pembentukan desa. Garis batas desa yang terdapat pada peta yang menjadi lampiran keputusan menteri tersebut dijadikan dasar untuk melakukan penetapan dan penegasan batas desa. Hal tersebut meminimalisir

sengketa batas desa dengan desa-desa di sekitarnya karena sudah diputuskan pada tingkatan menteri.

Karena desa yang dibentuk oleh pemerintah pusat tidak melalui tahapan desa persiapan maka harus dipikirkan di mana letak tahapan penetapan batas desa karena penetapan batas desa merupakan salah satu tugas dari Pejabat Kepala Desa Persiapan (PKDP). Saat ini penetapan batas desa telah diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016. Perlu dipikirkan apakah penetapan batas untuk desa yang diinisiasi oleh pemerintah pusat harus mengikuti Permendagri tersebut atau seperti apa.

Tahapan Pembentukan Desa Oleh Pemerintah Provinsi

Pada tahapan awal gubernur bersama bupati/walikota melakukan pembahasan tentang pemekaran desa. Berdasarkan kesepakatan bersama dengan bupati/walikota, gubernur menerbitkan keputusan gubernur tentang pemekaran desa. Keputusan gubernur tersebut disampaikan kepada bupati/walikota untuk disosialisasikan kepada masyarakat dan pemerintah desa.

Selanjutnya pemerintah desa memfasilitasi Badan Permasyarakatan Desa untuk menyelenggarakan musyawarah desa dalam rangka mensosialisasikan keputusan gubernur tersebut. Hasil musyawarah tersebut dilaporkan pemerintah desa kepada bupati/walikota. Selanjutnya bupati/walikota menugaskan tim pembentukan desa persiapan untuk melakukan analisa dan verifikasi syarat pembentukan desa. Berdasarkan hasil analisa dan verifikasi tersebut tim pembentukan desa persiapan memberikan rekomendasi kepada bupati/walikota tentang layak atau tidaknya calon desa persiapan tersebut. Jika dinyatakan layak maka bupati/walikota akan menetapkan peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan dan menyampikan ke gubernur. Selanjutnya gubernur menerbitkan surat gubernur yang memuat kode register desa persiapan. Kemudian bupati/walikota menetapkan keputusan bupati/walikota tentang pengangkatan Pejabat Kepala Desa Persiapan (PKDP).

PKDP harus memberikan laporan rutin kepada kepala desa induk dan bupati/walikota melalui camat tentang penyelenggaraan desa persiapan. Sementara itu, tim pembentukan desa persiapan melakukan kajian dan verifikasi laporan PKDP dan memberikan rekomendasi kepada bupati/walikota. Apabila dinyatakan layak maka desa persiapan tersebut dapat berubah menjadi desa definitif. Desa definitif ditetapkan dengan peraturan daerah yang telah dibahas bersama dengan DPRD.

Tahapan Pembentukan Desa Oleh Pemerintah Kabupaten/Kota

Pada tahapan awal bupati/walikota melakukan sosialisasi kepada masyarakat dan pemerintah desa. Selanjutnya Pemerintah desa memfasilitasi penyelenggaraan musyawarah desa bersama Badan Permusyawaratan Desa. Hasil dari musyawarah tersebut dilaporkan pemerintah desa kepada bupati/walikota. Selanjutnya bupati/walikota menugaskan tim pembentukan desa persiapan untuk melakukan analisa dan verifikasi syarat pembentukan desa. Berdasarkan hasil analisa dan verifikasi tersebut tim pembentukan desa persiapan memberikan rekomendasi kepada bupati/walikota tentang layak atau tidaknya calon desa persiapan tersebut. Jika dinyatakan layak maka bupati/walikota menetapkan peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan dan menyampaikan ke gubernur. Selanjutnya gubernur menerbitkan surat gubernur yang memuat kode register desa persiapan. Kemudian bupati/walikota menetapkan keputusan bupati/walikota tentang pengangkatan pejabat kepala desa persiapan (PKDP). Tahapan selanjutnya sama dengan tata cara pembentukan desa yang diinisiasi oleh Pemerintah Provinsi.

Penegasan Batas Desa dalam Pembentukan Desa

Penegasan batas desa tidak bisa dipisahkan dari konsep besar pembentukan desa. Penegasan batas desa dilakukan untuk memperoleh desa dengan batas-batas yang jelas. Meskipun begitu sering kali banyak pemerintah kabupaten/ kota tidak melakukan penegasan batas desa pada desa desa yang baru dibentuk. Mengacu kepada penelitian yang dilakukan oleh Nadeak, Dalla, Nuryadin, & Hadi (2015) meskipun telah terdapat Permendagri No. 27 Tahun 2006 sebagai petunjuk teknis (juknis) dalam penetapan dan penegasan batas desa, pemerintah kabupaten/kota tidak secara otomatis melaksanakannya. Berdasarkan hasil temuan tidak ada satupun dari daerah sampel yang sudah mengimplementasikannya, padahal rentang waktu sejak tahun 2006 sudah ± 8 tahun. Daerah sampel yang dimaksud adalah Kabupaten Deli Serdang, Kabupaten Cianjur, Kabupaten Pandeglang, dan Kabupaten Bantul.

Permendagri No. 27 Tahun 2006 tentang penetapan dan penegasan batas desa telah diganti dengan Permendagri No. 45 Tahun 2016. Meskipun begitu perlu dipikirkan suatu pendekatan dalam lingkup kebijakan untuk mempercepat pelaksanaan penegasan batas desa oleh pemerintah daerah. Pendekatan dari sisi teknis sudah sangat baik hanya saja kurang mendapatkan dukungan dari aspek kebijakan. Terdapat berbagai perubahan prosedur teknis

dalam penegasan batas desa sebagaimana diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016. Permendagri No 45 tahun 2016 lebih menekankan penggunaan metode kartometrik dalam melaksanakan penegasan batas desa. Optimalisasi penyelesaian batas dengan cara kartometris dilakukan untuk mengurangi kegiatan pelacakan lapangan (Riadi & Makmuriyanto, 2014).

Informasi Geospasial dalam Pembentukan Desa

Setelah mempelajari secara menyeluruh tentang proses pembentukan desa secara garis besar dan yang dilakukan oleh pemerintah pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota maka didapatkan beberapa produk hukum yang memuat IG berdasarkan peraturan perundang-undangan yang terkait dengan pembentukan desa tertulis dalam **Tabel 2**. Sedangkan pada **Tabel 3** adalah produk hukum yang tidak memuat informasi geospasial berdasarkan peraturan perundang-undangan tetapi berdasarkan pengamatan penulis dirasa perlu untuk menyajikan informasi geospasial di dalamnya.

Tabel 2. Produk hukum yang memuat IG.

No	Produk Hukum	Dasar	Keterangan
1	Batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk peta desa dan telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota	UU No 6 Tahun 2014	Digunakan sebagai syarat pembentukan desa dan harus ada sebelum pembentukan desa persiapan (belum diatur)
2	Peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa	Permendagri No. 45 Tahun 2016	IG sudah diatur dalam Permendagri No 45 Tahun 2016
3	Peraturan daerah tentang pembentukan desa	Permendagri No. 1 Tahun 2017 Pasal 3	Perda tentang pembentukan desa harus memuat peta batas wilayah desa (belum diatur)
4	Peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa	Permendagri No. 45 Tahun 2016	IG sudah diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016

Tabel 3. Produk hukum yang tidak memuat IG.

No	Produk Hukum	Keterangan
1	Keputusan menteri tentang pembentukan desa dalam kaitannya dengan proses pembentukan desa oleh pemerintah pusat	Harusnya dilengkapi dengan peta yang menggambarkan cakupan wilayah desa yang akan dibentuk beserta dengan rencana batas wilayahnya. Hal tersebut dilakukan agar lebih mudah dimengerti oleh pemerintah daerah sebagai pihak yang akan melakukan sosialisasi dan penyusunan perda pembentukan

No	Produk Hukum	Keterangan
2	Peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan	desa Harusnya dilengkapi dengan peta agar pemerintah desa induk dan pejabat kepala desa persiapan mengetahui cakupan wilayahnya beserta dengan batas-batasnya. Peta tersebut juga akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan penetapan batas desa.

Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial (BIG) Nomor 3 Tahun 2016

Menurut UU No. 30 Tahun 2014 tentang administrasi pemerintahan kewenangan suatu lembaga dapat diperoleh dari 3 cara, yaitu atribusi, delegasi, dan mandat. Atribusi adalah pemberian kewenangan kepada suatu badan dan atau pejabat pemerintahan oleh UU Dasar Negara Republik Indonesia Tahun 1945. Delegasi adalah pelimpahan kewenangan dari suatu badan dan/atau pejabat pemerintahan yang lebih tinggi kepada badan dan atau pejabat pemerintahan yang lebih rendah dengan tanggung jawab dan tanggung gugat beralih sepenuhnya kepada penerima delegasi. Mandat adalah pelimpahan kewenangan dari suatu badan dan atau pejabat pemerintahan yang lebih tinggi kepada badan dan atau pejabat pemerintahan yang lebih rendah dengan tanggung jawab dan tanggung gugat tetap berada pada pemberi mandat.

Peraturan Kepala BIG No. 3 Tahun 2016 merupakan peraturan perundang-undangan yang dibuat berdasarkan atribusi. BIG memiliki wewenang untuk membuat peraturan tersebut berdasarkan UU No. 4 Tahun 2011 tentang informasi geospasial. Peraturan tersebut bukan merupakan delegasi dari UU No. 6 Tahun 2014 tentang desa. Hal tersebut dapat dilihat pada bagian konsiderans yang tidak menyebutkan peraturan perundang-undangan yang mendelegasikannya secara langsung. Peraturan Kepala BIG No. 3 Tahun 2016 tentang spesifikasi penyajian peta desa menjelaskan tentang penyajian peta desa. Dalam peraturan tersebut peta desa dapat disajikan dalam 3 bentuk, yaitu peta citra, peta sarana prasara, dan peta penutup lahan. Hanya saja dalam peraturan tersebut tidak menjelaskan antara keterkaitan peta desa dalam peraturan tersebut dengan penetapan dan penegasan batas desa serta pembentukan desa. Berdasarkan penjelasan di atas dapat disimpulkan bahwa Peraturan Kepala BIG No. 3 Tahun 2016 bukan merupakan peraturan yang dikeluarkan karena menindaklanjuti UU No. 6 Tahun 2014 dan PP No. 43 Tahun 2014. Maka dari itu wajar jika ternyata terdapat beberapa hal teknis yang kurang sesuai dengan spesifikasi teknis yang

seharusnya terdapat pada peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa.

Spesifikasi Informasi Geospasial dalam Pembentukan Desa

Standardisasi pada peta yang dimaksud dalam proses pembentukan desa harus dilakukan agar pemerintah kabupaten/kota memiliki referensi untuk membuat peta tersebut. Tidak adanya standar yang baku tentang spesifikasi peta tersebut akan berdampak pada peta yang sulit diintegrasikan satu sama lain. Bahkan terkadang masih banyak pemerintah daerah yang belum bisa membedakan antara peta dan denah. Ketika wilayah desa tersebut hanya digambarkan pada denah yang tidak memiliki sistem referensi maka berpotensi menimbulkan sengketa batas wilayah desa di masa yang akan datang.

Pada peraturan perundang-undangan yang mengatur tentang pembentukan desa tidak terdapat penjelasan terkait status garis batas desa yang ditampilkan dalam peta. Selain itu juga tidak terdapat perintah tegas dalam peraturan perundang-undangan yang menyatakan bahwa setiap desa harus melakukan penegasan garis batas desa. Akibatnya tidak banyak pemerintah kabupaten/kota yang memiliki kesadaran untuk melakukan penegasan garis batas desa. Berdasarkan konsep besar pembentukan desa yang telah dijelaskan sebelumnya terdapat beberapa hal yang harus diatur dalam peta-peta tersebut.

Datum dan Sistem Proyeksi

Peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa tersebut harus menggunakan datum dan sistem referensi yang berlaku secara nasional (SRGI 2013). Hal tersebut dilakukan untuk mempermudah proses integrasi data batas wilayah desa. Sementara itu sistem proyeksi digunakan untuk menghitung luas wilayah desa. Sistem proyeksi yang berbeda dapat mengakibatkan nilai luas yang juga berbeda pula. Perhitungan luas desa seluruh Indonesia harus dilakukan menggunakan sistem proyeksi yang sama.

Data Dasar

Peta desa yang diperlukan untuk pembentukan desa persiapan merupakan peta tematik. Pada UU No. 4 Tahun 2011 tentang informasi geospasial dijelaskan bahwa dalam pembuatan peta tematik harus mengacu kepada peta dasar. Idealnya pembuatan peta desa menggunakan Peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) sebagai data dasar. Lampiran Permendagri No. 45 Tahun 2016 menyebutkan tentang penetapan dan penegasan batas desa, peta dasar yang

digunakan untuk penetapan, dan penegasan batas desa harus memiliki Peta RBI dengan skala 1:5.000 atau lebih besar. Jika tidak tersedia Peta RBI dengan skala 1:5.000 maka dapat menggunakan Citra Tegak Resolusi Tinggi (CTRRT). Keberadaan Peta RBI skala 1:5.000 masih sangat terbatas sehingga diperkirakan bahwa peta-peta tersebut sebagian besar akan dibuat menggunakan CTRRT. Ketersediaan Peta RBI dengan skala 1:5.000 baru sekitar 0,42% dari wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia (B. (BIG) Riadi & Rachma, 2017)

Penetapan batas adalah salah satu tahapan yang harus dilalui dalam proses pembentukan desa. Penetapan batas merupakan salah satu tugas dari pejabat kepala desa persiapan. Jika setiap pembentukan desa harus melalui tahapan penetapan batas wilayah desa maka dalam proses pembentukan desa tersebut harus memiliki data Peta RBI skala 1:5.000 atau lebih besar dan atau CTRRT untuk mendukung penetapan batas desa. Berdasarkan penjelasan tersebut Peta RBI skala 1:5.000 dan atau CTRRT diharuskan tersedia dalam proses pembentukan desa karena setiap pembentukan desa yang diinisiasi oleh pemerintah provinsi dan pemerintah daerah harus melalui tahapan penetapan batas desa. Tidak dijelaskan apakah pembentukan desa yang diinisiasi oleh pemerintah pusat juga harus melewati tahapan penetapan batas desa. Untuk itu peta-peta yang dibutuhkan dalam pembentukan desa yang diinisiasi oleh pemerintah provinsi dan kabupaten/kota bisa sekaligus dibuat menggunakan Peta RBI skala 1:5.000 atau lebih besar dan atau CTRRT. Sementara itu ketersediaan data Peta RBI skala 1:5.000 masih sangat terbatas sehingga diperkirakan peta-peta yang akan digunakan dalam pembentukan desa sebagian besar akan menggunakan CTRRT.

Garis Batas yang Digunakan

Status dan jenis garis batas wilayah merupakan salah satu hal penting yang harus diatur dalam peta-peta yang dibuat untuk mendukung pembentukan desa tersebut. Pada dasarnya, status garis batas wilayah hanya ada dua, yaitu indikatif (belum ada kesepakatan) dan definitif (sudah ada kesepakatan). Garis batas provinsi, kabupaten/kota disebut definitif setelah ditetapkan dengan Peraturan Menteri Dalam Negeri tentang penegasan batas daerah. Garis batas desa disebut definitif setelah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa. Harus diatur kapan penggunaan garis batas indikatif dan definitif dalam pembuatan peta-peta tersebut. Usulan terkait dengan status dan jenis data yang digunakan dalam peta-peta tersebut dijelaskan pada **Tabel 4**.

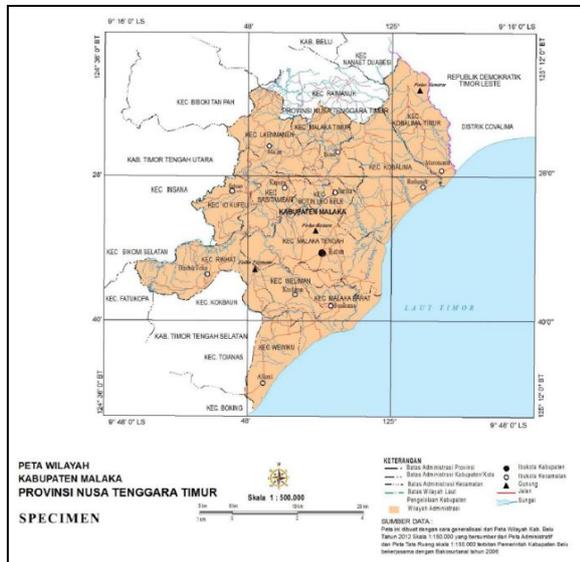
Fokus Penyajian

Pada peta-peta tersebut harus dijelaskan tentang fokus objek yang disajikan di muka peta. Peta tersebut bisa fokus untuk menyajikan cakupan batas wilayah desa secara keseluruhan atau fokus untuk menyajikan segmen batas desa tertentu. Pemilihan objek tersebut tergantung tujuan peta tersebut dibuat, seperti contoh yang tercantum pada **Gambar 4**. Sebagai gambaran, peta daerah otonom baru yang menjadi lampiran UU pembentukan daerah pada penyajiannya lebih fokus pada cakupan daerah yang dibentuk. Sementara peta penegasan batas daerah yang menjadi lampiran Permendagri tentang penegasan batas daerah pada penyajiannya lebih fokus pada segmen batas wilayah, dapat dilihat pada **Gambar 5**.

Tabel 4. Status dan Jenis Data

No	Nama Peta	Status dan Jenis Data
1	Keputusan menteri tentang pembentukan desa dalam kaitanya dengan proses pembentukan desa oleh pemerintah pusat	Jika garis batas sudah definitif maka dapat menggunakan garis batas yang bersumber dari peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa. Namun jika garis batas masih indikatif maka dapat menggunakan garis batas yang berasal dari instansi pemerintah yang berwenang.
2	Batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk "Peta Desa" yang telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota	Jika garis batas sudah definitif maka dapat menggunakan garis batas yang bersumber dari peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa. Jika garis batas masih indikatif maka dapat menggunakan garis batas yang berasal dari instansi pemerintah yang berwenang.
3	Peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan	Menggunakan garis batas desa yang dinyatakan dalam bentuk "Peta Desa" yang telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota sebagai syarat pembentukan desa. Garis batas antara desa persiapan dan desa induk yang didapatkan berdasarkan keputusan pemerintah daerah.
4	Peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa (berdasarkan Permendagri No. 45 Tahun 2016)	Pada awalnya menggunakan garis batas desa yang terdapat pada peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan dan batas antara desa persiapan dan desa induk yang didapatkan berdasarkan keputusan pemerintah daerah setempat. Jika garis batas desa yang digunakan pada peta di atas sudah ditegaskan maka proses penetapan hanya dilakukan pada batas wilayah antara wilayah desa persiapan dengan desa induk. Hasil dari proses penetapan disajikan dalam peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa.
5	Peraturan daerah tentang pembentukan desa	Menggunakan garis batas desa hasil penetapan yang terdapat pada peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa dan atau menggunakan garis batas desa

No	Nama Peta	Status dan Jenis Data
6	Peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa (berdasarkan Permendagri No. 45 Tahun 2016)	hasil penegasan yang terdapat pada peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa (jika sudah ada garis batas definitif). Pada awalnya menggunakan garis batas desa yang terdapat pada peraturan daerah tentang pembentukan desa. Setelah itu dilakukan penegasan garis batas desa sehingga menghasilkan garis batas desa hasil penegasan yang disajikan dalam peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa.



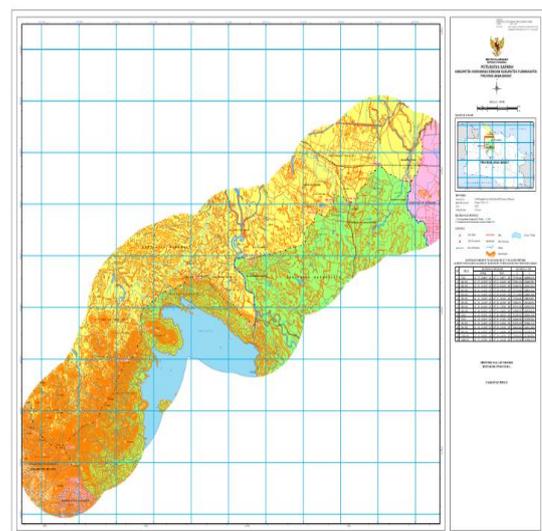
Gambar 4. Peta DOB.

Teori *Boundary Making* yang dikemukakan oleh Jones (1945) diacu dalam Sumaryo (2015) menyebutkan empat tahapan kegiatan dalam penentuan batas negara yaitu alokasi, delimitasi, demarkasi, dan administrasi. Jika teori tersebut diaplikasikan dalam penentuan batas desa maka definisinya menjadi sebagai berikut: alokasi adalah keputusan politik untuk menentukan cakupan wilayah dalam pembentukan desa; delimitasi adalah penggambaran garis batas desa yang baru dibentuk dengan desa-desa yang berada di sekitarnya. Delimitasi digunakan dalam penentuan batas laut sedangkan dalam penentuan batas darat disebut delineasi; demarkasi adalah pemasangan tanda batas di lapangan berdasarkan garis batas hasil delineasi; dan administrasi adalah kegiatan untuk mengadministrasikan dokumen yang terkait dengan proses penentuan batas seperti kesepakatan, berita acara, laporan survei, analisa teknis, dan lain-lain.

Peta DOB lebih fokus untuk menyajikan cakupan wilayah secara keseluruhan untuk memberikan gambaran yang jelas terkait cakupan wilayah daerah yang akan dibentuk. Penyajian Peta DOB tersebut lebih cenderung untuk mendukung proses alokasi. Sementara itu peta penetapan dan penegasan batas lebih fokus untuk menyajikan segmen garis batas yang ditegaskan dilengkapi dengan beberapa tema data yang digunakan untuk menggambarkan kondisi di

sekitar garis batas, seperti yang tertera pada Gambar 5.

Peta tersebut dibuat berdasarkan ketentuan Permendagri No. 76 Tahun 2012 tentang penegasan batas daerah yang sekarang sudah digantikan oleh Permendagri No. 141 Tahun 2017. Penyajian peta penetapan dan penegasan batas tersebut lebih cenderung untuk mendukung proses delineasi dan demarkasi. Pada dasarnya terdapat persamaan tujuan antara Peta DOB dengan peta pembentukan desa, keduanya sama-sama tahap alokasi wilayah dalam teori *Boundary Making*. Berdasarkan penjabaran tersebut dapat disimpulkan bahwa fokus objek yang disajikan tergantung pada tahapan di mana kegiatan itu dilakukan. Untuk itu usulan penulis terkait dengan fokus penyajian peta disampaikan pada Tabel 5.



Gambar 5. Peta penegasan batas daerah.

Tabel 5. Fokus penyajian peta.

No	Nama Peta	Fokus Penyajian
1	Keputusan menteri tentang pembentukan desa dalam kaitannya dengan proses pembentukan desa oleh pemerintah pusat	Cakupan wilayah (alokasi)
2	Batas wilayah desa yang dinyatakan dalam bentuk "Peta Desa" yang telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota	Cakupan wilayah (alokasi)
3	Peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan	Cakupan wilayah (alokasi)
4	Peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa (berdasarkan Permendagri No. 45 Tahun 2016)	Batas wilayah (delineasi)
5	Peraturan daerah tentang pembentukan desa	Cakupan wilayah (alokasi)

No	Nama Peta	Fokus Penyajian
6	Peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa (berdasarkan Permendagri No. 45 Tahun 2016)	Batas wilayah (delineasi dan demarkasi)

Tabel 5 di atas adalah spesifikasi ideal berdasarkan analisa yang telah dilakukan. Namun kenyataannya jumlah desa/kelurahan di Indonesia sangat banyak. Menurut Permendagri No. 137 Tahun 2017 tentang kode dan data wilayah administrasi pemerintahan jumlah desa dan kelurahan di Indonesia mencapai 83.436. Jumlah segmen batas desa tentu jauh lebih banyak daripada jumlah desanya. Tapi meskipun jumlahnya banyak, secara teknis menyajikan segmen batas yang sudah ditegaskan dalam satu peta bukanlah hal yang sulit.

Jenis Tema Pada Penyajian peta

Proses pembuatan peta harus mengedepankan asas efisiensi. Untuk itu peta yang digunakan dalam pembentukan desa tidak perlu menampilkan banyak tema yang justru sebenarnya kurang bermanfaat dalam proses pembentukan desa. Penggunaan prinsip efisiensi akan menghasilkan peta yang sederhana. Peta yang sederhana akan berdampak pada murahnya biaya pembuatan. Meskipun sederhana peta tersebut juga harus akurat karena memiliki dampak yang signifikan bagi penggambaran garis batas desa. Konsep sederhana dan akurat akan berdampak pada peta yang murah tetapi tidak murahan.

Spesifikasi peta penetapan dan penegasan batas sudah diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016 tentang penetapan dan penegasan batas desa. Pada Permendagri No. 45 Tahun 2016 dijelaskan bahwa "Peta penetapan batas desa adalah peta yang menyajikan batas desa hasil penetapan berbasis peta dasar atau citra tegak resolusi tinggi". Tidak ada pengaturan mengenai tema layer data yang harus disajikan dalam peta penetapan batas desa.

Permendagri No. 45 Tahun 2016 juga menjelaskan bahwa peta batas desa adalah peta yang menyajikan semua unsur batas dan unsur lainnya, seperti pilar batas, garis batas, toponimi, perairan, dan transportasi. Peta batas desa tersebut adalah peta yang menyajikan garis batas hasil penegasan. Tema data vektor seperti perairan dan transportasi dapat disajikan apabila memang tersedia Peta RBI skala 1:5.000 atau lebih besar. Tapi apabila peta dibuat dengan data CTRT karena belum terdapat Peta RBI skala 1:5.000 maka harusnya data vektor perairan dan transportasi tidak perlu diwajibkan karena perannya yang tidak terlalu vital. Sementara itu unsur toponimi tidak harus lengkap, minimal

terdapat nama desa dan kecamatan yang disajikan pada peta.

UU No 4 Tahun 2011 menyebutkan bahwa Peta RBI terdiri dari 8 tema, yaitu garis pantai, hipsografi, perairan, nama rupabumi, batas wilayah, transportasi dan utilitas, bangunan dan fasilitas umum, serta penutup lahan. Semua tema tersebut dapat digunakan dalam pembuatan peta-peta dalam rangka pembentukan desa jika data dasar yang tersedia adalah Peta RBI skala 1:5.000 atau lebih besar. Tujuan utama pembuatan peta tersebut adalah untuk menyajikan cakupan wilayah desa yang akan dibentuk. Cakupan wilayah desa dapat dilihat dari garis batas wilayah. Garis batas wilayah merupakan data vektor sehingga tidak mungkin peta-peta tersebut dibuat hanya dengan menggunakan data raster. Namun, jika seluruh data yang disajikan harus berbentuk vektor maka membutuhkan proses tambahan untuk merubah data raster menjadi data vektor. Untuk itu sebaiknya juga diakomodir pembuatan peta menggunakan data raster dengan penambahan beberapa tema data vektor. Hanya saja data vektor yang digunakan tidak harus sebanyak 8 tema yang terdapat pada Peta RBI.

Jenis peta yang dipilih juga harus disesuaikan dengan sumber data yang digunakan. Idealnya peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa dapat disajikan dalam dua jenis berdasarkan sumber data yang telah dibahas sebelumnya. Pertama, peta yang menyajikan data vektor, digunakan jika data dasar yang tersedia adalah data Peta RBI. Kedua, peta yang menyajikan perpaduan antara data raster dan vektor, digunakan jika data dasar yang tersedia hanya CTRT (**Tabel 6**).

Tabel 6. Keterkaitan sumber data dan jenis peta.

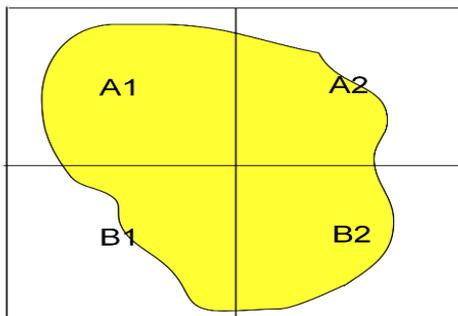
Data Dasar	Jenis Peta	Keterangan
Data RBI skala 1:5.000 atau lebih besar	Peta yang menyajikan data vektor	Menyajikan 8 tema Peta RBI
CTRT	Peta yang menyajikan data raster dengan penambahan beberapa data vektor	Data vektor yang wajib disajikan meliputi: nama rupa bumi, garis batas, titik kartometrik, dan pilar batas (jika ada)
Data RBI skala 1:5.000 atau lebih besar dan CTRT	Peta yang menyajikan data vektor atau peta yang menyajikan data raster dengan penambahan beberapa data vektor	Pemilihan jenis peta dilakukan dengan mempertimbangkan tahun akuisisi data yang digunakan sebagai sumber.

Skala dan Ukuran Peta

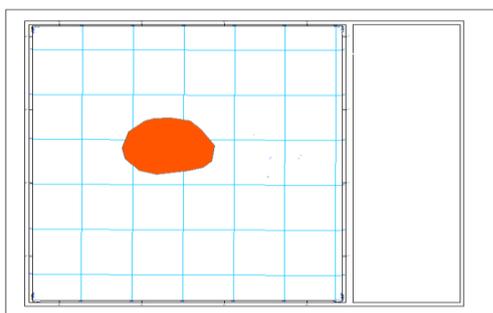
Skala dan ukuran peta memiliki keterkaitan satu sama lain. Semakin besar ukuran cetak peta

tersebut maka skala yang disajikan pun dapat lebih besar. Dalam hal ini terdapat tiga konsep yang harus dipertimbangkan dalam menentukan skala dan ukuran peta. Konsep 1, menggunakan skala yang baku, jadi berapa pun luas desa atau panjang segmennya harus disajikan pada skala dan ukuran cetak yang sama. Apabila tidak mampu disajikan dalam skala dan ukuran cetak yang telah ditentukan maka penyajiannya dapat dibuat dalam beberapa Nomor Lembar Peta (NLP). Konsep ini digunakan dalam pembuatan peta penetapan dan penegasan batas desa yang diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016. Ilustrasi penomoran lembar peta sesuai pada **Gambar 6**.

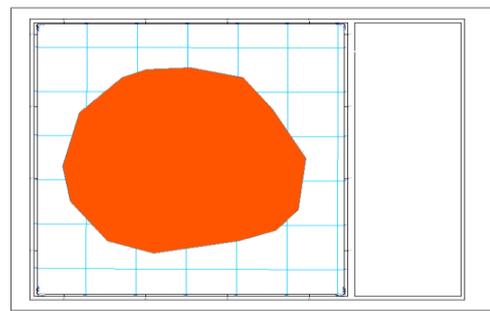
Konsep 2, menggunakan skala yang beragam dengan ukuran cetak yang sama. Skala yang digunakan tergantung pada luas desa dan panjang segmennya. Hanya saja skala yang beragam tersebut harus dibatasi agar selalu menggunakan pecahan terkecil tertentu, misalnya 1.000 atau 500, sehingga tidak ada peta yang menggunakan skala yang sulit untuk dihitung seperti misalnya Skala 1:4.110, Skala 1:2.120 dan seterusnya.



Gambar 6. Ilustrasi penomoran lembar peta pada Permendagri No 45 Tahun 2016.



Gambar 7. Ilustrasi wilayah desa dalam cetakan A0 dan A1.



Gambar 8. Ilustrasi wilayah desa dalam cetakan A1.

Konsep 3, menggunakan skala yang beragam dan ukuran cetak yang beragam pula. Hal tersebut dikarenakan terdapat desa yang terlalu kecil jika disajikan dalam kertas A0, meskipun sudah menggunakan skala terbesar yang bisa disajikan. Sebagai contoh terdapat desa yang hanya memenuhi 10% bagian dari muka peta dalam ukuran cetak A0. Agar wilayah desa tersebut tampak lebih luas maka skala petanya harus diperbesar, hanya saja skala suatu peta tidak bisa diperbesar melebihi skala data dasar yang digunakan. Penyajian peta sebagaimana pada **Gambar 7** tentu kurang bagus jika dilihat dari aspek kartografi. Peta tersebut akan lebih bagus jika disajikan dalam ukuran cetak yang lebih kecil, misalnya A1 (**Gambar 8**). Konsep penggunaan skala dan ukuran cetak yang beragam digunakan dalam Peraturan Kepala BIG No. 3 Tahun 2016 tentang spesifikasi penyajian peta desa. Berdasarkan konsep yang telah dikemukakan sebelumnya maka usulan penulis terkait skala dan ukuran cetak pada peta-peta yang digunakan dalam pembentukan desa pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Skala dan ukuran cetak.

No	Nama Peta	Skala dan Ukuran Cetak
1	Keputusan menteri tentang pembentukan desa dalam kaitannya dengan proses pembentukan desa oleh pemerintah pusat	Skala beragam dan ukuran cetak beragam
2	Batas wilayah Desa yang dinyatakan dalam bentuk "peta Desa" yang telah ditetapkan dalam peraturan bupati/walikota	Skala beragam dan ukuran cetak beragam
3	Peraturan bupati/walikota tentang pembentukan desa persiapan	Skala beragam dan ukuran cetak beragam
4	Peraturan bupati/walikota tentang penetapan batas desa (Berdasar Permendagri No 45 Tahun 2016)	Skala tetap ukuran cetak tetap, bisa disajikan dalam beberapa NLP
5	Peraturan Daerah tentang pembentukan Desa	Skala beragam dan ukuran cetak beragam
6	Peraturan bupati/walikota tentang penegasan batas desa (Berdasar Permendagri No 45 Tahun 2016)	Skala tetap ukuran cetak tetap, bisa disajikan dalam beberapa NLP

Skala dan ukuran peta pada peraturan bupati/walikota tentang penetapan dan penegasan batas desa pada tabel di atas berdasarkan Permendagri No. 45 Tahun 2016. Jika mengacu kepada konsep pembentukan wilayah administrasi seperti pembentukan Daerah Otonom Baru, maka untuk kegiatan yang termasuk dalam proses alokasi wilayah penggambaran cakupan wilayah harus disajikan dalam satu peta, bukan dibagi menjadi beberapa Nomor Lembar Peta.

KESIMPULAN

Pada pembentukan desa, informasi geospasial dibutuhkan untuk menggambarkan cakupan wilayah desa yang dibentuk dalam peta yang menjadi bagian dari peraturan perundang-undangan. Sementara itu, belum ada kebijakan yang mengatur tentang spesifikasi teknis detail pembuatan peta tersebut. Peraturan Kepala BIG No. 3 Tahun 2016 tentang spesifikasi penyajian peta desa bukan merupakan peraturan perundang-undangan yang dibentuk atas dasar delegasi dari peraturan perundang-undangan yang lebih tinggi tentang pembentukan desa. Hal-hal yang harus diatur dalam penyajian peta yang digunakan untuk mendukung pembentukan desa antara lain datum dan proyeksi peta, data dasar, garis batas wilayah yang digunakan, tema data/layer peta, fokus penyajian, serta skala peta dan ukuran peta.

Pembentukan desa tidak bisa dipisahkan dengan proses penetapan dan penegasan batas desa karena merupakan suatu tahapan kegiatan yang saling berkesinambungan. Pada penetapan dan penegasan batas desa, informasi geospasial dibutuhkan sebagai data dasar. Hingga saat ini belum ada spesifikasi detail terkait CTRT yang digunakan dalam penetapan dan penegasan batas dalam kaitannya dengan ketelitian horisontal CTRT. Sementara itu spesifikasi peta penetapan dan penegasan sudah diatur dalam Permendagri No. 45 Tahun 2016, tetapi masih terdapat detail teknis yang belum diatur seperti fokus penyajian (cakupan wilayah/batas wilayah) dan aspek kartografi (simbol, notasi, huruf, grid, dan gratikul). Tanpa standarisasi detail teknis tersebut akan membuat pemprov dan pemda kesulitan dalam pembuatan peta untuk keperluan penetapan dan penegasan batas desa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada Pusat Pemetaan Batas Wilayah Badan Informasi Geospasial.

DAFTAR PUSTAKA

- Adler, Ron. (1995). *Positioning and Mapping International Land Boundaries* (Vol. 2). International Boundaries Research Unit.
- Arifin, S. (2016). Penyelesaian Sengketa Batas Daerah Menggunakan Pendekatan Regulasi. *Jurnal Hukum IUS QUIA IUSTUM*, 23, 439–460.
- Asadi, A. (2016). Penataan Batas Wilayah Administrasi Desa, Hambatan dan Alternatif Solusi dengan Pendekatan Geospasial. *Jurnal Borneo Administrator*, 12(2), 131–147. <https://doi.org/10.24258/jba.v12i2.237>
- Harmantyo, D. (2007). Pemekaran Daerah Dan Konflik Keruangan Kebijakan Otonomi Daerah dan Implementasinya di Indonesia. *Makara Sains*, 11(1), 16–22.
- Kristiyono, N. (2008). *Konflik dalam Penegasan Batas Daerah antara Kota Magelang dengan Kabupaten Magelang*. Tesis. Universitas Diponegoro, Semarang. Retrieved from <http://eprints.undip.ac.id/18347/>
- Lailissaum, A. (BIG). (2017). Kebijakan Informasi Geospasial Dalam Penataan Desa. In *Seminar Nasional Geomatika* (pp. 601–610).
- Nadeak, H. (Kemdagri), Dalla, A. Y. (Kemdagri), Nuryadin, D. (Kemdagri), & Hadi, A. S. (Kemdagri). (2015). Batas Wilayah Desa Pasca Berlakunya Undang Undang Nomor 6 Tahun 2014 tentang Desa. *Jurnal Bina Praja*, 7(6), 239–250.
- Riadi, B. (2015). Implementasi Permendagri Nomor 76 Tahun 2012 Dalam Penetapan Dan Penegasan Batas Desa Secara Kartometris. *SOSIO DIDAKTIKA: Social Science Education Journal*, 2(1), 92–100. <https://doi.org/10.15408/sd.v2i1.1352>
- Riadi, B. (BIG), & Makmuriyanto, A. (BIG). (2014). Kajian Percepatan Penetapan dan Penegasan Batas Desa. *Majalah Ilmiah Globè*, 16, 109–116.
- Riadi, B. (BIG), & Rachma, R. N. (BIG). (2017). Kajian Prototipe Peta Desa Menggunakan Citra Satelit Resolusi Tinggi. *Majalah Ilmiah Globè*, 19, 147–156.
- Sari, I. P. (2014). Konflik Perbatasan Pemerintah Daerah. *Jurnal Ilmu Pemerintahan Universitas Brawijaya*, 1–28.
- Srebro, H. (FIG), & Shoshany, M. (I. I. of T. (2001). International boundary. *International Federation of Surveyor*, 59(April), 525000.
- Sumaryo (UGM). (2015). *Peran Informasi Geospasial Dalam Proses Boundary Making Dan Sengketa Batas Daerah Pada Era Otonomi Daerah Di Indonesia*. Universitas Gajah Mada.
- Susanto, A., & Subarya, C. (2016). Kebijakan Satu Peta; Momentum Reformasi Penyelenggaraan IG Nasional. In *Seminar Nasional Peran Geospasial dalam Membingkai NKR* (pp. 23–34).
- Tiarman, A. (Universitas M. Y. (2011). *Implementasi Fungsi Koordinasi Dalam Pemerintahan (Studi Kasus: Koordinasi Gubernur DIY Dalam Kasus Penyelesaian Sengketa Batas Daerah Antara Kabupaten Sleman dan Kabupaten Bantul)*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

STRATEGI PENGOLAHAN PENGAMATAN GPS TITIK DEFORMASI DENGAN MENGGUNAKAN TITIK IKAT CORS BIG DAN IGS

(Strategy of Processing GPS Observation Deformation Point By Using BIG CORS and IGS Tie Points)

Muhammad Hidayawan Nur Lail¹, Moehammad Awaluddin¹, Bandi Sasmito¹, Ayu Nur Safi'i², dan Sidik Tri Wibowo²

¹Departemen Teknik Geodesi Universitas Diponegoro

²Badan Informasi Geospasial

Jl. Prof. Sudarto, SH, Tembalang, Semarang, Indonesia Telp. (024)76480785, 76480788

E-mail: hidayawannl@gmail.com

Diterima (received): 28 Februari 2018; Direvisi (revised): 30 Juli 2018 ; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 28 Agustus 2018

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbandingan pengolahan data pengamatan menggunakan data titik ikat global dari stasiun IGS dan titik ikat regional dari stasiun CORS BIG. Titik pengamatan stasiun CSEM, CPBL, CMGL, CPKL dengan titik ikat global menggunakan XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO dan titik ikat regional menggunakan stasiun CPWD, CTGL, CCLP, CKBM. Hasil penelitian ini menunjukkan penggunaan titik ikat global (stasiun IGS) menghasilkan koordinat lebih teliti jika dibandingkan dengan pengolahan yang menggunakan titik ikat regional (stasiun CORS BIG) dengan nilai rata-rata standar deviasi komponen X pada strategi I dengan nilai 0,03331275 m. Komponen Y strategi I dengan nilai 0,061878417 m. Komponen Z nilai rata-rata standar deviasi strategi I 0,018297083 m. Hasil resultan kecepatan horizontal strategi I yang menggunakan titik ikat global sebelum direduksi dari Blok Sunda mencapai rentang 25-28 mm per tahun. Asumsi strategi II, penggunaan titik ikat regional tidak mendapat pengaruh dari blok yang ada menunjukkan hasil resultan kecepatan horizontal strategi II sebesar 1-3 mm pertahun. Hasil akhir nilai resultan kecepatan horizontal pada strategi pengolahan yang dilakukan, penggunaan titik ikat regional dapat mereduksi adanya pengaruh dari rotasi blok.

Kata kunci: Blok Sunda, deformasi, kecepatan, titik ikat global, titik ikat regional

ABSTRACT

The aims of this study was to analyze the comparison of observation data processing by using Global tie point data from IGS station and the regional tie point data from BIG CORS station. On the observation points of CSEM, CPBL, CMGL, CPKL stations with global tie points by using XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO and regional tie points by using CPWD, CTGL, CCLP, CKBM stations. The result of this study revealed that the use of global tie point (IGS station) resulting in more precise coordinate than the processing using regional tie points (BIG CORS station) with the average value of deviation of component X on strategy I with a value 0.03331275 m. Component Y on strategy I with a value of 0.061878417 m. Component Z on strategy I with a value of 0.018297083 m. The resultant result of the resultant horizontal velocity of strategy I using the global tie point before being reduced from the Sunda Block reached a range of 25-28 mm/year. This strategy II assumed that the use of regional tie points was not affected by the block which produced a resultant horizontal velocity of 1-3 mm/year. The final result of the resultant value of the horizontal velocity on the processing strategy undertaken showed that the use of regional tie points could reduce the effect of block rotation.

Keywords: Sunda Block, deformation, global tie points, regional tie points, velocity rate

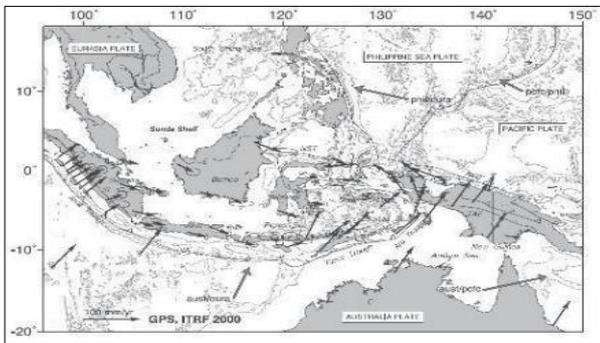
PENDAHULUAN

Indonesia terletak pada pertemuan antara tiga lempeng besar yakni lempeng Eurasia, Hindia-Australia, dan Pasifik yang menjadikan Indonesia memiliki tatanan tektonik yang kompleks (**Gambar 1**). Di bagian barat Indonesia terdiri dari *Sunda Shelf* (landas kontinen Asia Tenggara), yang meliputi Pulau Sumatera, Jawa, Bali, Kalimantan,

dan bagian barat daya Sulawesi. *Sunda Shelf* adalah bagian dari lempeng Eurasia yang luas, tetapi tabrakan dari India dengan Asia Tengah memungkinkan terjadinya gerakan yang signifikan dari Asia Tenggara dan *Sunda Shelf* relatif terhadap Eurasia (Andriyani et al., 2012).

Dampak dari aktivitas seismik ketiga lempeng tersebut antara lain timbulnya deformasi akibat pergerakan lempeng bumi. Akibat deformasi

tersebut menyebabkan posisi bergerak secara dinamis. Cara mengidentifikasi berbagai jenis deformasi yang terjadi akibat rotasi blok, zona subduksi, dan gempa bumi, dapat menggunakan metode teknologi CORS (*Continuously Operating Reference Stations*) yang juga berbasis GNSS (*Global Navigation Satellite System*) (Hadi, Anjasmara, & Yusufania, 2016). GNSS CORS merupakan suatu jaring kerangka geodetik aktif yang dilengkapi dengan receiver dan dapat menerima sinyal GNSS yang beroperasi secara kontinyu (Purba, Y, & Sabri, 2013) dalam (Hapsari, Yuwono, & Ammarohman, 2016). Dengan teknologi GPS dapat memberikan nilai vektor pergerakan dengan tingkat presisi sampai beberapa milimeter dan konsistensi yang tinggi, baik secara spasial maupun temporal. Dengan tingkat presisi yang tinggi dan konsisten ini, maka diharapkan besarnya deformasi yang kecil sekali pun akan dapat terdeteksi dengan baik (Abidin et al., 2009).



Sumber: (Bock, 2003)

Gambar 1. Tatanan tektonik Indonesia.

Data pengamatan stasiun CORS juga bisa digunakan untuk mempelajari aktivitas tektonik dan karakteristik fenomena alam dan deformasi yang terjadi di suatu daerah. Posisi spasial titik-titik kontrol geodetik sendiri yang ada di Indonesia juga rentan mengalami perubahan mengikuti pergerakan kerak bumi (Artini, 2014). Cara memperoleh posisi ketelitian yang teliti dapat menerapkan strategi pengamatan yang bertumpu pada metode pengamatan, waktu pengamatan, lama pengamatan dan pengikatan ke titik tetap yang digunakan, sedangkan strategi pengolahan data bergantung pada proses perataan jaring dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah. Salah satu faktor penting dalam melakukan perataan jaring adalah pengikatan ke titik kontrol yang dianggap sebagai titik ikat atau *fixed point* (Panuntun, 2012). Perbedaan tingkat ketelitian disebabkan karena bentuk jaring yang terbentuk pada saat pengamatan, tingkat ketelitian masing-masing titik ikat yang digunakan, dan jumlah titik ikat yang digunakan dalam pengukuran GPS (Panuntun, 2012).

Titik ikat bisa berasal dari titik ikat stasiun lokal atau titik ikat regional yaitu dengan menggunakan CORS lokal dan titik ikat global (IGS). IGS

(*International GNSS Service*) adalah suatu organisasi internasional yang merupakan kumpulan dari agensi di seluruh dunia yang mengumpulkan sumber data permanen dari stasiun GNSS dan memelihara sistem GNSS. Biasanya IGS digunakan untuk keperluan yang bersifat *scientific* seperti studi *plate tectonic movement, total electronic content, pemodelan orbit satelit, dan lain-lain* (Sunantyo, 2009). Penggunaan titik ikat global dan titik ikat regional pada penelitian ini bermaksud untuk mencari alternatif pemilihan titik ikat terbaik dalam pengolahan data sehingga didapatkan analisis deformasi terbaik.

Penelitian ini juga membahas deformasi di permukaan bumi yang diamati menggunakan metode pengamatan GPS dengan memakai data stasiun CORS milik BIG (Badan Informasi Geospasial) yang berada di wilayah Jawa Tengah dan stasiun yang dikelola oleh IGS pada tahun 2014 sampai 2016. *Keluaran* yang diharapkan adalah mengetahui pengaruh penggunaan titik ikat global dan titik ikat CORS regional yang hasilnya dapat dilihat pada ketelitian titik pengamatan, kecepatan, dan vektor pergeseran yang timbul akibat dari tektonik lempeng berupa blok yang ada di Jawa Tengah sehingga pengaruh dari pergerakan rotasi blok bisa diminimalkan. Vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu ditentukan berdasarkan pengamatan geodetik. Dalam hal vektor perubahan nilai koordinat sebagai fungsi waktu tidak dapat ditentukan berdasarkan pengamatan geodetik maka digunakan suatu model deformasi kerak bumi yang diturunkan dari pengamatan geodetik di sekitarnya (Hajri et al., 2017). Data GPS dari stasiun pengamatan CORS regional dan stasiun IGS diolah dengan menggunakan perangkat lunak ilmiah yaitu GAMIT/GLOBK 10.6 dan GMT (*Generic Mapping Tools*) untuk *plotting* hasil perhitungan berupa vektor arah pergeseran.

METODE

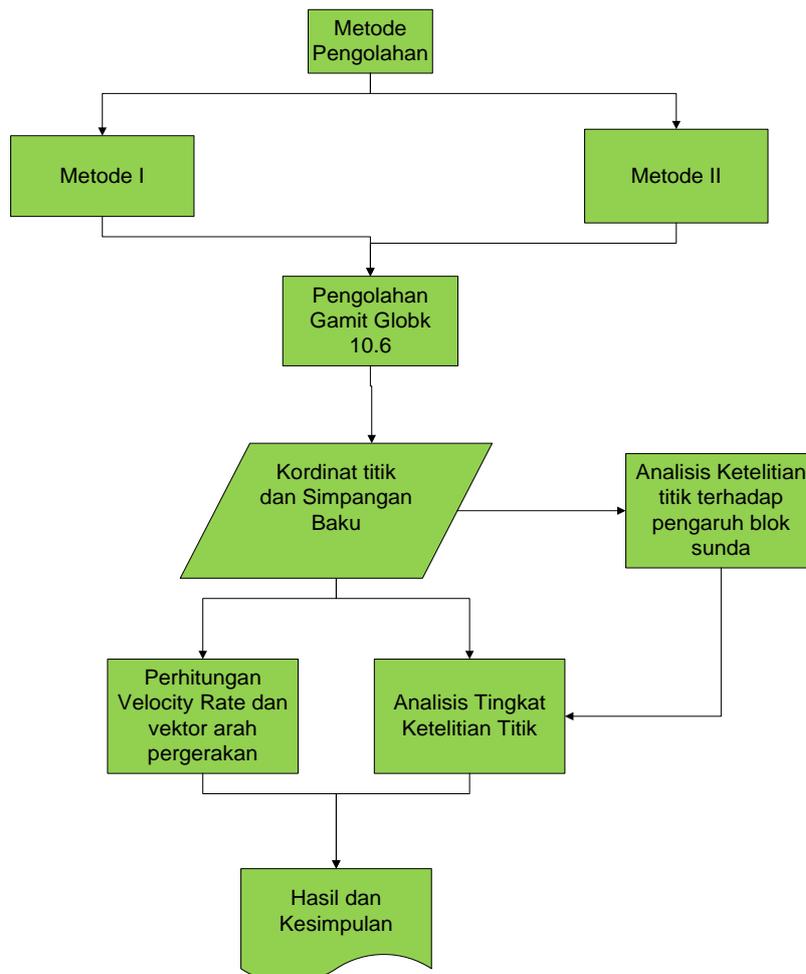
Metode yang digunakan adalah perbandingan metode pengolahan data dengan melihat hasil ketelitian titik pengamatan, kecepatan, dan vektor pergeseran yang timbul akibat dari tektonik lempeng berupa blok yang ada di Pulau Jawa Tengah. Data yang digunakan pada penelitian ini pada tahun 2014 sampai 2016 dengan empat titik pengamatan yaitu CSEM, CPBL, CMGL, CPKL, dan empat titik sebagai titik ikat yaitu CPWD, CTGL, CCLP, CKBM dan tujuh titik IGS yaitu XMIS, BAKO, DARW, PIMO, PBRI, HYDE, COCO.

Lokasi penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 2**. Warna merah merupakan stasiun pengamatan yang digunakan sebagai titik pengamatan yang digunakan dalam penelitian. Secara umum alur pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada **Gambar 3**.



Sumber: (Geospatial Information Agency, 2017)

Gambar 2. Lokasi penelitian.



Gambar 3. Diagram alir penelitian.

Strategi Pengolahan Data

Strategi pengolahan dalam penelitian ini dibagi menjadi dua yaitu strategi I dengan menggunakan titik ikat global (IGS) dan strategi II menggunakan titik ikat lokal (CORS BIG). Pada strategi II asumsi yang diberikan bahwa strategi dengan penggunaan titik ikat regional tidak mendapat pengaruh dari blok yang ada di Jawa Tengah.

Sebaran Titik Ikat yang Digunakan

Strategi pengolahan pertama menggunakan empat titik stasiun regional berupa CORS BIG yaitu

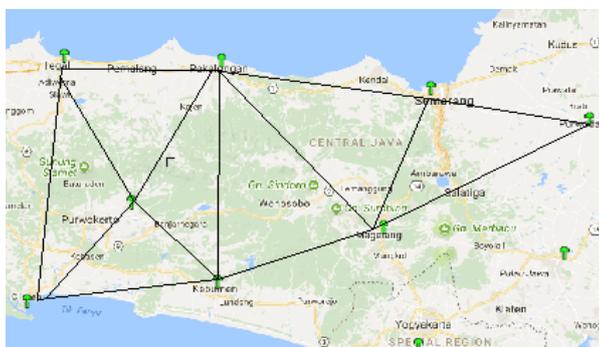
CSEM (situs Semarang), CPBL (situs Purbalingga), CMGL (situs Magelang), dan CPKL (situs Pekalongan), dan diikatkan dengan tujuh titik stasiun global yang dikelola oleh IGS yaitu XMIS (situs Christmas Island), BAKO (situs Bakosurtanal, Cibinong), DARW (situs Darwin, Australia), PIMO (situs Quezon City, Filipina), PBRI (situs Port Blair, India), HYDE (situs Hyderabad, India), COOC (situs Cocos, Autralia). Desain strategi pengolahan pertama dapat dilihat pada **Gambar 4.**

Strategi pengolahan kedua menggunakan empat titik stasiun regional CORS BIG yaitu CSEM (situs Semarang), CPBL (situs Purbalingga), CMGL

(situs Magelang) & CPKL (situs Pekalongan), dan diikatkan dengan stasiun regional CORS BIG yaitu CPWD (situs Purwodadi), CTGL (situs Tegal), CCLP (situs Cilacap), dan CKBM (situs Kebumen). Penggunaan strategi I lebih menggunakan jaringan yang lebih rapat seperti penelitian yang pernah dilakukan oleh Artini (2014). Pada penelitiannya dijelaskan mengenai perbedaan metode pengolahan GNSS menggunakan kombinasi titik ikat GPS Global dan titik ikat GPS Regional seperti penelitian yang sekarang ini. Hasil dari penelitian Artini (2014) menjelaskan mengenai perbedaan koordinat yang dihasilkan dan proyek global dan proyek regional/kombinasi mencapai fraksi sentimeter. Desain strategi pengolahan kedua dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 4. Strategi pengolahan I.

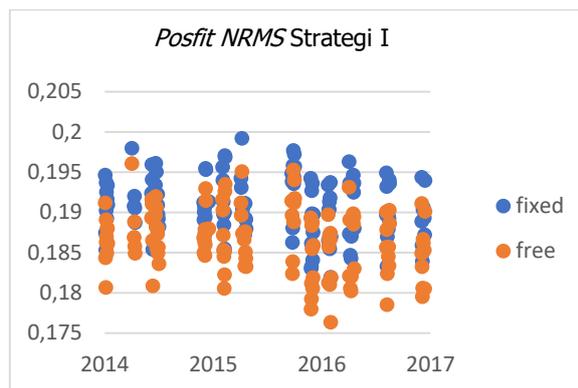


Gambar 5. Strategi pengolahan II.

HASIL DAN PEMBAHASAN

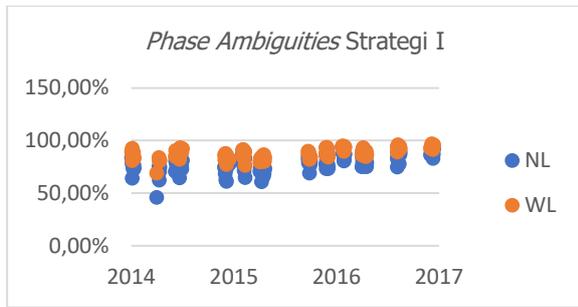
Hasil keluaran dari perangkat lunak GAMIT berupa estimasi dan matriks kovarian dari posisi stasiun dan parameter orbit dan rotasi bumi yang kemudian dimasukkan pada GLOBK (Bahlefi, Awaluddin, Yuwono, & Aisyah, 2013; Laksana, Yuwono, & Awaluddin, 2014). Hasil dari pengolahan GAMIT menghasilkan beberapa file di antaranya *h-files*, *q-files* dan *sh_gamit.summary* yang memuat *prefit* dan *postfit nrms* beserta *phase ambiguities*. Nilai ini nantinya digunakan sebagai cek kualitas data hasil hitungan. Hasil dari pengolahan GAMIT *sh_gamit.summary* yang dihasilkan tiap *DOY* kemudian dilakukan pengecekan untuk *postfit* dan *prefit* kurang dari 0,25 dan *fract* kurang dari 10 (Laksana et al., 2014). Dengan demikian hasil pengolahan tersebut dapat diterima untuk

selanjutnya digunakan dalam proses pengolahan menggunakan GLOBK.

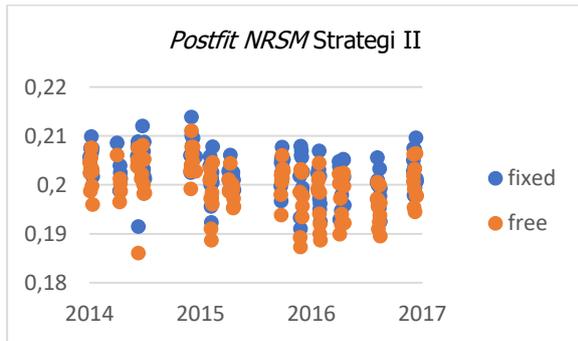


Gambar 6. Grafik *postfit nrms* strategi I.

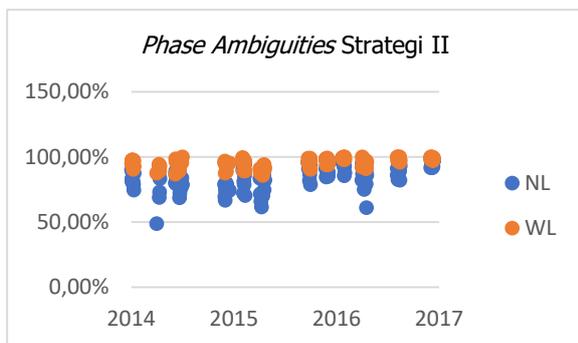
Nilai *postfit* dan *phase ambiguities* dari penelitian ini ditunjukkan pada **Gambar 6** dan **Gambar 7** di bawah ini. Strategi I hasil olahan GAMIT dihasilkan nilai *postfit constraint free/fix* dengan rentang antara 0,17 sampai dengan 0,19 serta nilai *postfit loose free/fix* mempunyai rentang antara 0,17 sampai dengan 0,19. Nilai *ambiguities fase fix* yang terdiri dari *WL-fixed* dan *NL fixed* digunakan untuk mengetahui ada tidaknya *noise* pada *pseudorange* (Laksana et al., 2014). Nilai *WL* berada pada kisaran 69,00% sampai dengan 97,00%. Nilai *NL* berada pada kisaran 46,10 % sampai dengan 93,70%. Strategi I nilai *NL* terdapat nilai 46,10% yang berarti masih terdapat kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer (Purba et al., 2013). Pada **Gambar 8** dan **Gambar 9** strategi II dihasilkan nilai *postfit constraint free/* dengan rentang antara 0,19 sampai dengan 0,2 serta nilai *postfit loose free/fix* mempunyai rentang antara 0,18 sampai dengan 0,2. Nilai *NL-fixed* berada pada kisaran 48,90% sampai dengan 99,50%. Nilai *WL* berada pada kisaran 85,90% sampai dengan 100,00%. Pengolahan dengan menggunakan strategi II masih terdapat nilai *NL* yang rendah yaitu 48,90% yang berarti masih terdapat kesalahan pada ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas orbit, koordinat apriori, atau kondisi atmosfer. Nilai *WL* sangat baik melebihi 80% yang berarti tidak ada *noise* pada *pseudorange* (Purba et al., 2013). Hasil pengolahan pada GLOBK merupakan proses untuk mendapatkan nilai koordinat. Hasil yang diperoleh dapat dilihat pada *file* dengan ekstensi **.org* yang berisikan koordinat beserta standar deviasinya. Dalam *file* yang berekstensi **.org* ini akan ditampilkan solusi koordinat harian sesuai nama *file*. Berikut ini adalah standar deviasi hasil dari pengolahan GLOBK yang ditampilkan pada grafik standar deviasi berikut.



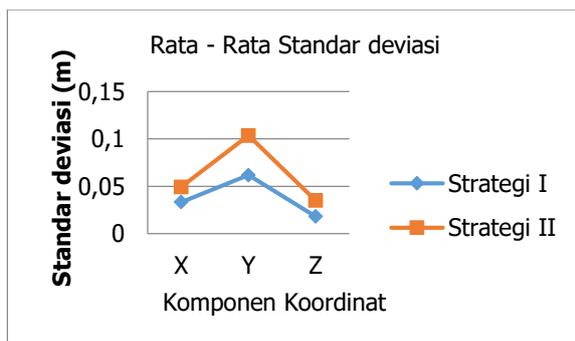
Gambar 7. Grafik *phase ambiguities* strategi I.



Gambar 8. Grafik *postfit nrms* strategi II.



Gambar 9. Grafik *phase ambiguities* strategi II.



Gambar 10. Grafik rata – rata standar deviasi tiap strategi.

Gambar 10 menunjukkan grafik rata-rata standar deviasi pada semua stasiun di tiap strategi untuk komponen X terbaik pada strategi I dengan nilai 0,03331275 m. Komponen Y pada setiap strategi nilai standar deviasi terbaik pada strategi I dengan nilai 0,061878417 m. Komponen Z pada setiap strategi nilai rata-rata standar deviasi terbaik pada strategi I dengan nilai 0,018297083 m. Secara keseluruhan standar deviasi untuk semua komponen sumbu X, Sumbu Y, dan sumbu Z pada

setiap strategi pengolahan yang dilakukan nilai yang terbaik pada strategi I dengan tiap strategi standar deviasi terkecil pada sumbu Z dan terbesar lebih dominan pada sumbu Y. Jika dilihat dari hasil standar deviasi secara keseluruhan strategi I lebih baik dari strategi II baik komponen horizontal dan vertikalnya.

Normalitas Data Pengamatan

Dalam mengetahui sebaran data yang terdistribusi dengan baik atau tidak, maka perlu dilakukan uji normalitas data sehingga kita dapat memutuskan pemakaian uji statistik parametrik atau non-parametrik, dalam penelitian ini uji signifikansi yang diberikan $\alpha = 5\%$ dengan hipotesis:

H_0 = Data berdistribusi normal.

H_1 = Data tidak berdistribusi normal.

Tabel 1. Hasil uji normalitas data.

Ketelitian Koordinat	Uji Normalitas		
	Strategi	df	sig. 5%
X	strategi 1	480	,000
	strategi 2	480	,000
Y	strategi 1	480	,000
	strategi 2	480	,000
Z	strategi 1	480	,000
	strategi 2	480	,000

Dari hasil uji normalitas data menggunakan *software* SPSS didapatkan hasil pada Tabel 1. Hasil uji normalitas dengan daerah kritis nilai sig ($0,000$) $< \alpha$ ($0,05$), sehingga H_0 ditolak, maka data ketelitian koordinat X, Y, dan Z pada strategi I dan strategi II tidak berdistribusi dengan normal, karena data tidak berdistribusi normal untuk menguji ketelitian koordinat harian menggunakan uji non-parametrik. Dalam penelitian ini dilakukan uji menggunakan Mann-Whitney. Uji Mann-Whitney merupakan prosedur non-parametrik yang digunakan untuk menguji hipotesis mengenai perbedaan dua populasi yang saling bebas.

Nilai Koordinat Harian dan Ketelitiannya

Dalam menguji signifikansi koordinat yang dihasilkan menggunakan strategi I (titik ikat global menggunakan titik IGS) dan strategi II (titik ikat regional menggunakan CORS BIG) maka dilakukan uji statistik, karena data dalam penelitian ini tidak terdistribusi dengan normal dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$, maka dilanjutkan dengan uji statistik non-parametrik menggunakan uji Mann-Whitney. Hasil pengolahan uji statistik strategi I dan II ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengolahan uji statistik strategi I dan strategi II.

Kete-litian	Sig. (2-Tailed)	α	Ketera-ngan	Mean Rank
Koor-dinat X	,000		Ditolak	Strate-gi I
				442,88
Koor-dinat Y	,000	0,05	Ditolak	Strate-gi II
				518,12
Koor-dinat Z	,000		Ditolak	Strate-gi I
				392,97
				568,03
				442,68
				518,32

Hasil uji statistik Mann-Whitney dengan taraf signifikansi $\alpha = 5\%$ dan hipotesis:

H_0 = Tidak terdapat perbedaan variabel antara strategi I dan strategi II.

H_1 = Terdapat perbedaan variabel antara strategi I dan strategi II.

Dari hasil uji statistik dari masing-masing koordinat X, Y, dan Z strategi I dan strategi II, nilai H_0 ditolak dengan dengan daerah kritis Nilai sig (0,000) < α (0,05), maka terdapat perbedaan variabel koordinat baik koordinat X, Y, dan Z antara strategi I dan strategi II. Jika dilihat dari rata-rata peringkat koordinat X, Y, dan Z strategi I lebih baik daripada strategi II sehingga dapat disimpulkan bahwa untuk strategi I memiliki tingkat ketelitian yang lebih baik dibandingkan dengan strategi II. Hasil *Velocity Rate* (Lail, Awaluddin, & Sasmito, 2018) stasiun pengamatan CORS di Jawa Tengah ditampilkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**. Selanjutnya pergerakan arah di *plotting* menggunakan *software GMT*.

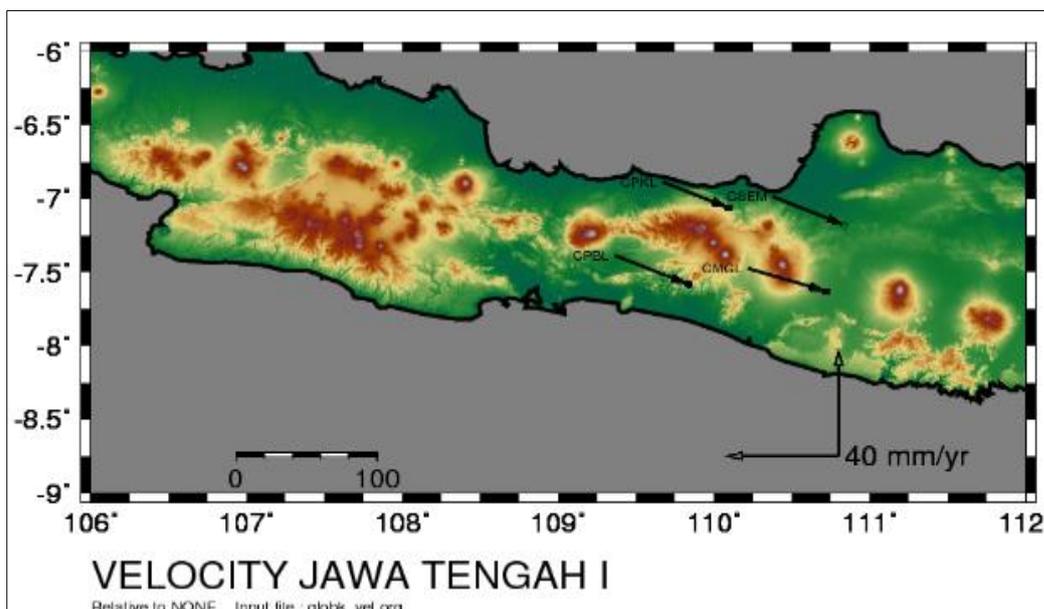
Tabel 3. Pergerakan stasiun CORS strategi I.

CORS	Velocity Rate (mm/tahun)			Standar Deviasi (mm/tahun)		
	vn	ve	vu	Vn	ve	vu
CMGL	-8,57	27,7	0,14	0,30	0,42	1,22
CPBL	-10,78	25,89	3,16	0,31	0,42	1,27
CPKL	-9,70	23,35	-124,18	0,29	0,39	1,18
CSEM	-10,60	25,17	-2,88	0,30	0,31	0,29

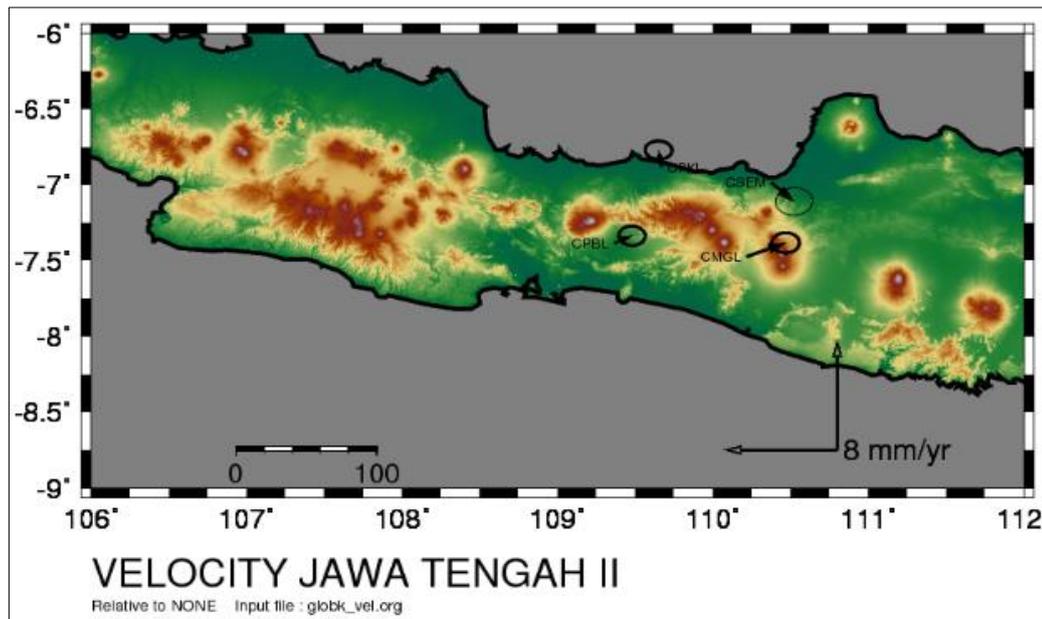
Tabel 4. Pergerakan stasiun CORS strategi II.

CORS	Velocity Rate (mm/tahun)			Standar Deviasi (mm/tahun)		
	vn	ve	vu	Vn	ve	vu
CMGL	1,00	2,77	-6,88	0,30	0,40	1,40
CPBL	0,56	1,27	1,59	0,29	0,38	1,30
CPKL	1,26	-0,21	-127,24	0,27	0,39	1,28
CSEM	-1,37	1,60	-13,42	0,41	0,53	1,95

Gambar 11 dan **Gambar 12** menunjukkan hasil *plotting* pada tiap strategi perlu dilakukan uji statistik terhadap kecepatan pergeseran yang diperoleh dan standar deviasinya untuk mengetahui apakah CORS GNSS penelitian tersebut benar-benar bergerak atau tidak. Uji statistik yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menggunakan tabel distribusi dengan tingkat kepercayaan 95% (T-tabel = 1,96). Apabila T hitung < dari T-tabel maka dianggap tidak bergeser. Namun bila nilai T hitung > T-tabel maka dianggap terjadi pergeseran. Hal ini pernah dilakukan oleh (Panuntun, 2012). Dari hasil uji statistik pergeseran komponen horizontal strategi I dan strategi II mengalami pergeseran yang signifikan dengan rentang kepercayaan 95%. Uji statistik pergeseran komponen horizontal strategi I dan II dapat ditunjukkan pada **Tabel 5.** dan **Tabel 6.**



Gambar 11. Arah kecepatan pergeseran stasiun CORS BIG strategi I.



Gambar 12. Arah kecepatan pergeseran stasiun CORS BIG strategi.

Tabel 5. Uji statistik pergeseran komponen horizontal strategi I.

KOMPONEN HORIZONTAL					
CORS	P (mm)	Std P (mm)	T-hit	T-tabel	Perge seran
CMGL	29,00	0,52	56,1775	1,960	Ya
CPBL	28,04	0,52	53,7237	1,960	Ya
CPKL	25,28	0,49	52,0255	1,960	Ya
CSEM	27,31	0,43	63,3087	1,960	Ya

Tabel 6. Uji statistik pergeseran komponen horizontal strategi II.

KOMPONEN HORIZONTAL					
CORS	P (mm)	Std P (mm)	T-hit	T-tabel	Perge seran
CMGL	2,94	0,50	5,88995	1,960	Ya
CPBL	1,39	0,48	2,90363	1,960	Ya
CPKL	1,28	0,47	2,69295	1,960	Ya
CSEM	2,11	0,67	3,14352	1,960	Ya

Analisis Pergerakan Kecepatan Rotasi Blok Sunda

Pergeseran suatu titik yang terjadi tidak terlepas dari pergerakan yang diakibatkan oleh rotasi blok. Di Jawa Tengah pengaruh pergerakan yang diakibatkan oleh blok yang ada di Jawa karena pengaruh dari rotasi Blok Sunda. Dapat diketahui pergerakan suatu titik apakah terpengaruh dari rotasi suatu blok atau tidak dengan dilakukannya perhitungan dari pergerakan rotasi blok tersebut. Hasil penelitian (Kuncoro, 2013) menunjukkan adanya pergerakan Blok Sunda dengan rotasi lintang *euler pole* 46,202° dan bujur *euler pole* -85,899° dalam kerangka ITRF 2008, kecepatan rotasi yang didapatkan sebesar 0,370° deg/Myr. Hasil penelitian (Wibowo, 2016) menunjukkan dengan adanya pergerakan Blok Sunda dengan rotasi lintang *euler pole* 31,091° dan bujur *euler*

pole -82,889°, kecepatan rotasi yang didapatkan sebesar 0,370° deg/Myr.

Kemudian dilakukan pengurangan dari hasil kecepatan pergeseran olahan GLOBK untuk mereduksi pengaruh dari rotasi Blok Sunda dari stasiun pengamatan pada penelitian ini. Berikut hasil reduksi pengaruh rotasi Blok Sunda yang ditunjukkan pada **Tabel 7**. Selanjutnya dilakukan analisis hasil reduksi Blok Sunda dengan hasil pengolahan strategi I dan II seperti **Tabel 8**.

Tabel 7. Selisih kecepatan rotasi Blok Sunda strategi I.

CORS	Penelitian ini		Selisih Blok Sunda (mm) (Kuncoro dkk., 2013)		Selisih Blok Sunda (mm) (Wibowo, 2016)	
	Vn (mm)	Ve (mm)	Vn (mm)	Ve (mm)	Vn (mm)	Ve (mm)
CMGL	-8,6	27,7	1,2	1,7	1,1	7,6
CPBL	-10,8	25,9	-1,4	-0,1	-1,7	5,7
CPKL	-9,7	23,4	-0,2	-2,9	-0,4	2,8
CSEM	-10,6	25,2	-0,7	-1,1	-0,8	4,6

Tabel 8. Perbandingan hasil reduksi Blok Sunda strategi I dan hasil strategi II.

CORS	Sebelum Direduksi Strategi I (mm)	Sesudah direduksi Strategi I		Strategi II (mm)
	Kuncoro (mm)	Wibowo (mm)	Wibowo (mm)	
CMGL	28,995	2,123	7,638	2,945
CPBL	28,045	1,390	5,946	1,388
CPKL	25,285	2,918	2,788	1,277
CSEM	27,311	1,284	4,709	2,106

Resultan kecepatan horizontal strategi I menggunakan titik ikat global sebelum direduksi dari Blok Sunda mencapai rentang 25-28 mm per tahun, setelah dilakukannya reduksi dari pengaruh rotasi Blok Sunda menggunakan hasil penelitian

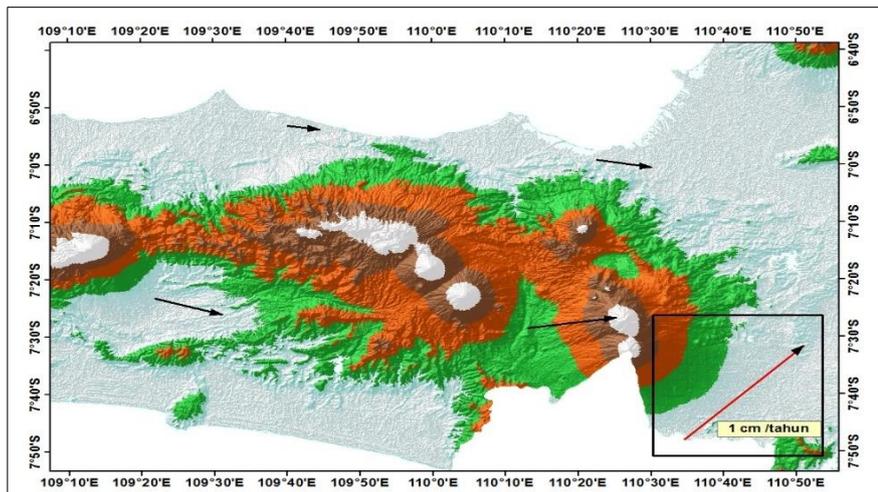
(Kuncoro, 2013) nilai resultan kecepatan horizontal strategi I mencapai rentang 1-2 mm per tahun. Reduksi rotasi Blok Sunda hasil dari penelitian (Wibowo, 2016) nilai resultan kecepatan horizontal mencapai rentang 1-7 mm per tahun. Dari hasil pengolahan menggunakan titik ikat regional menggunakan strategi II nilai resultan kecepatan horizontal mencapai rentang 1-3 mm per tahun. Nilai resultan kecepatan horizontal pada strategi pengolahan II dapat mereduksi adanya pengaruh dari rotasi blok. Berikut *plotting* resultan kecepatan hasil reduksi Blok Sunda strategi I.

Gambar 13. menunjukkan hasil *plotting* resultan hasil reduksi strategi I dari Blok Sunda menggunakan hasil penelitian (Wibowo, 2016), arah pergerakan vektor hasil reduksi mengarah ke arah tenggara. Sedangkan hasil *plotting* hasil reduksi strategi I dari Blok Sunda menggunakan penelitian (Kuncoro, 2013) bisa dilihat pada **Gambar 14.** Arah pergerakan vektor hasil reduksi Blok Sunda menggunakan hasil penelitian (Kuncoro, 2013) di setiap stasiun berbeda dengan arah pergerakan vektor stasiun CSEM (situs Semarang)

ke arah Barat Daya, stasiun CMGL (situs Magelang) ke arah Timur Laut, stasiun CTGL (situs Tegal) ke arah Barat, dan stasiun CPBL (situs Purbalingga) ke arah Selatan.

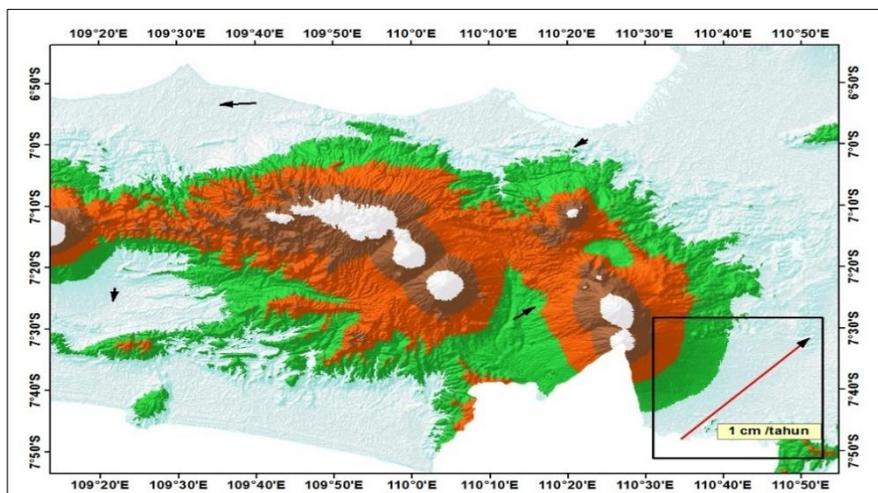
KESIMPULAN

Pengolahan data CORS yang menggunakan titik ikat Global (strategi I) menghasilkan koordinat lebih teliti dibandingkan dengan pengolahan yang menggunakan titik ikat regional (strategi II). Hal ini dikarenakan penggunaan titik ikat global yang sudah direduksi terhadap pengaruh Blok Sunda. Resultan strategi I yang sudah direduksi dari pengaruh rotasi Blok Sunda nilainya mendekati dengan resultan strategi II dan resultan strategi I yang direduksi menggunakan hasil penelitian Kuncoro menghasilkan nilai yang lebih baik. Reduksi dilakukan karena hasil uji statistik titik pengamatan menunjukkan bahwa kedua strategi mengalami pergeseran.



Sumber: (Wibowo, 2016)

Gambar 13. *Plotting* resultan kecepatan reduksi Blok Sunda strategi I.



Sumber: (Kuncoro, 2013).

Gambar 14. *Plotting* resultan kecepatan reduksi Blok Sunda strategi I .

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah mendukung berjalannya penelitian ini, yakni staf pengajar Departemen Teknik Geodesi UNDIP Moehammad Awaluddin, ST., MT., Bandi Sasmito, ST., MT., dan tak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial yang sudah bersedia memberikan data CORS yang digunakan dalam penelitian ini. Terima kasih juga kepada staf Pusat Jaring Kontrol Geodesi dan Geodinamika Badan Informasi Geospasial.

DAFTAR PUSTAKA

- 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*, 4(4), 275–284.
- Andriyani, G., Kahar, S., Awaluddin, M., & Meilano, I. (2012). KAJIAN Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GnsS Kontinu. *Jurnal Geodesi Undip*, 1(1), 1–12.
- Artini, S. R. (2014). Penentuan Koordinat Stasiun GNSS CORS GMU1 dengan Kombinasi Titik Ikat GPS Global dan Regional. *Jurnal Teknik Sipil*, 10(1), 37–44.
- Bahlefi, A. R., Awaluddin, M., Yuwono, B. D., & Aisyah, N. (2013). Analisis Deformasi Gunung Merapi Tahun 2012 Dari Data Pengamatan GPS. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4).
- Bock, Y. (2003). Crustal Motion in Indonesia from Global Positioning System Measurements. *Journal of Geophysical Research*, 108(B8). <http://doi.org/10.1029/2001JB000324>, 2003.
- Geospatial Information Agency. (2017). Site overview of CORS.
- Hadi, A. L., Anjasmara, I. M., & Yusfania, M. (2016). Analisa Kecepatan Pergeseran di Wilayah Jawa Tengah Bagian Selatan Menggunakan GPSCORS Tahun 2013-2015. *Jurnal Teknik ITS*, 5(2), c70–c74.
- Hajri, A., Yuwono, B. D., & Sasmito, B. (2017). Kajian Penentuan Posisi Jaring Kontrol Horizontal dari Sistem Tetap (DGN-95) ke SRGI. *Jurnal Geodesi Undip*, 6(1), 48–56.
- Hapsari, W., Yuwono, B. D., & Ammarohman, F. J. (2016). Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP Epoch 2015 dan Epoch 2016 Berdasarkan Stasiun IGS dan SRGI Menggunakan Perangkat Lunak GAMIT 10.6. *Geodesi Undip*, 5, 243–253.
- Kuncoro, H. (2013). *Estimasi Parameter Rotasi Euler Blok Sunda Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinyu dan Episodik di Regional Asia Tenggara*. Institut Teknologi Bandung.
- Lail, M. H. N., Awaluddin, M., & Sasmito, B. (2018). Hitungan Kecepatan Pergeseran Titik Pengamatan Deformasi Dengan Gps Menggunakan Titik Ikat Regional Dan Global. *Jurnal Geodesi Undip*, 7(1), 100–108.
- Laksana, I., Yuwono, B. D., & Awaluddin, M. (2014). Penentuan Posisi Stasiun GNSS CORS UNDIP Pada Tahun 2013 dan 2014 Menggunakan Software GAMIT. *Jurnal Geodesi Undip*, 3(4), 193–201.
- Panuntun, H. (2012). *Penentuan Posisi Anjungan Minyak Lepas Pantai dengan Titik Ikat GPS Regional dan Global*. Gadjah Mada : Yogyakarta.
- Purba, E. S., Y, B. D., & Sabri, L. M. (2013). Penentuan Koordinat Definitif Epoch 2013 Stasiun Cors Geodesi Undip Dengan Menggunakan Perangkat Lunak Gamit 10.04. *Jurnal Geodesi Undip*, 2(4), 85–106.
- Sunantyo, T. A. (2009). GNSS Infrastructure and Standard in Indonesia. In *7th FIG Regional Conference*. Hanoi.
- Wibowo, S. T. (2016). *Penentuan Metode Pemodelan Deformasi Komponen Secular Wilayah Indonesia Berdasarkan Data Pengamatan Geodetik*. Institut Teknologi Bandung.

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALISIS AKURASI PEMETAAN MENGGUNAKAN *DIRECT* GEOREFERENCING

(Analysis of Mapping Accuracy using Direct Georeferencing)

Danang Budi Susetyo dan Herjuno Gularso

Badan Informasi Geospasial (BIG)

Jl. Raya Jakarta-Bogor Km. 46, Cibinong, Jawa Barat 16911

E-mail: danang.budi@big.go.id

Diterima (received): 20 Mei 2018; Direvisi (revised): 30 Agustus 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 21 September 2018

ABSTRAK

Banyak tantangan yang harus dihadapi ketika melaksanakan survei *Ground Control Point* (GCP). Salah satu upaya meminimalisir jumlah titik kontrol adalah melakukan pengukuran posisi dan orientasi foto udara tanpa GCP, atau disebut *direct georeferencing*. Penelitian ini menguji metode *direct georeferencing* terhadap data yang ada di Indonesia, sehingga nantinya dapat mengurangi jumlah penggunaan GCP. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah foto udara Palu yang diakuisisi dengan kamera RCD30, parameter *Exterior Orientation* (EO), dan titik *Independent Check Point* (ICP). Jumlah ICP yang digunakan sebanyak 8 titik. Pengukuran langsung posisi dan orientasi sensor kamera kemudian dilakukan dengan data-data tersebut tanpa menggunakan GCP. Analisis dilakukan dari dua aspek, yaitu ketelitian hasil foto udara dan perbandingan nilai X, Y, Z antar model. Hasil statistik perataan menunjukkan nilai *sigma naught* = 2,7 mikron, sehingga masih masuk dalam toleransi 1 piksel. Hasil uji akurasi menunjukkan nilai 1,9 m untuk ketelitian horizontal (CE90) dan 3,6 m untuk ketelitian vertikal (LE90), sehingga ketelitian horizontal masuk pada skala 1:5.000 kelas 3 atau skala 1:10.000 kelas 1, dan ketelitian vertikal masuk pada skala 1:10.000 kelas 3 atau skala 1:25.000 kelas 1. Dilihat dari sisi konsistensi antar model stereo, rata-rata perbedaan koordinat dan elevasi pada setiap model stereo berada di bawah 0,5 m, di mana rata-rata $\Delta X = 0,1173$ m, $\Delta Y = 0,2167$ m, dan $\Delta Z = 0,2793$ m. Artinya, meski penggunaan metode *direct georeferencing* dapat mengurangi akurasi absolut, namun hal tersebut tidak berpengaruh terhadap konsistensi antar model stereonya.

Kata kunci: akurasi, foto udara, *direct georeferencing*

ABSTRACT

We still face many challenges in Ground Control Point (GCP) surveys. One of the efforts to reduce the number of control points is measurement of aerial photo position and orientation without GCP, which is called direct georeferencing. This study examined the direct georeferencing method for data in Indonesia, so that later could reduce the amount of GCP usage. The data used in this research were aerial photos of Palu which were acquired using RCD30 camera, Exterior Orientation parameter (EO), and Independent Check Points (ICP). We used 8 points for ICP. Direct measurement of the position and orientation of the camera sensor was then applied to the data without using GCP. We analyzed the result using two aspects, i.e. aerial photo accuracy and X, Y, Z value comparison for each model. Bundle adjustment result showed sigma naught = 2.7 micron, so it was still within 1 pixel tolerance. Accuracy assessment showed 1.9 m for horizontal accuracy (CE90) and 3.6 m for vertical accuracy (LE90), so horizontal accuracy was comply with the standard for scale 1: 5,000 class 3 or scale 1: 10,000 class 1, and vertical accuracy was scale 1: 10,000 class 3 or scale 1: 25,000 class 1. Regarding consistency of each model, in average the coordinate and height difference was below 0.5 m, where average $\Delta X = 0.1173$ m, $\Delta Y = 0.2167$ m, and $\Delta Z = 0.2793$ m. So, although direct georeferencing could reduce absolute accuracy, it did not affect consistency between each model.

Keywords: accuracy, aerial photo, *direct georeferencing*

PENDAHULUAN

Penggunaan *Ground Control Point* (GCP) sebagai titik acuan dalam pemrosesan data dasar untuk pemetaan skala besar (baik foto udara maupun citra satelit resolusi tinggi) merupakan sebuah keharusan. Selain untuk meningkatkan akurasi

data, pengukuran GCP juga digunakan untuk menguji data yang dihasilkan, baik planimetris (Octariady, Widyaningrum & Fajari, 2016; Octariady, Widyaningrum & Prihanggo, 2016; Susetyo, Syetiawan & Octariady, 2017; Widyaningrum, Fajari & Octariady, 2016) maupun vertikal (Susetyo, Lumban-gaol & Sofian, 2018).

Ketelitian geometrik foto udara hasil triangulasi udara maupun orthorektifikasi citra satelit resolusi tinggi bergantung pada jumlah, ketelitian, dan distribusi GCP yang diukur. Oleh karena itu, survei GCP merupakan tahap yang harus dilaksanakan dengan baik dalam akuisisi foto udara maupun orthorektifikasi citra satelit resolusi tinggi.

Meski memiliki peran yang sangat penting, ada beberapa tantangan yang harus dihadapi ketika melaksanakan survei GCP, khususnya di Indonesia. Pertama, kondisi medan yang berat menyebabkan titik yang harus diukur sangat sulit diakses, dan tidak bisa direposisi karena merupakan daerah pertampalan (*overlap*) antar *image*. Kedua, personil yang diperlukan menjadi lebih banyak, dan sangat memerlukan surveyor yang memahami konsep survei GCP sekaligus dapat mengoperasikan alat *Global Navigation Satellite System* (GNSS) dengan baik. Kedua tantangan tersebut berdampak pada tantangan yang ketiga, yaitu biaya yang mahal. Survei yang dilakukan berhari-hari di luar kota/pulau dengan jumlah personil yang banyak tentu memerlukan anggaran yang tidak sedikit. Tantangan berikutnya adalah tidak semua wilayah di Indonesia terjangkau stasiun *Continuously Operating Reference Stations* (CORS), yang menyebabkan diperlukannya titik referensi lokal dan pada akhirnya diperlukan penambahan waktu dan sumber daya selama pengukuran. Upaya meminimalisir jumlah titik kontrol terus dilakukan untuk menekan biaya survei. Salah satu opsi yang dapat dilakukan adalah melakukan proses pengukuran posisi dan orientasi foto udara dengan hanya menggunakan GPS/IMU di pesawat tanpa menggunakan GCP, yang dalam istilah fotogrametri disebut *direct georeferencing*.

Direct georeferencing adalah teknik untuk menentukan parameter *exterior orientation* (EO) di kamera secara *real-time* menggunakan integrasi sensor GPS/IMU (Tanathong & Lee, 2014). Akurasi dari *direct georeferencing* dipengaruhi oleh beberapa faktor. *Direct georeferencing* berdasarkan *space intersection* dipengaruhi oleh skala foto dan akurasi EO, sedangkan akurasi *direct georeferencing* berdasarkan persamaan kesegarisan (*collinearity equations*) hanya dipengaruhi oleh skala proyeksi, dan keduanya sama-sama tidak dipengaruhi oleh *terrain* (Yuan & Zhang, 2008). Penelitian yang dibuat oleh Cramer, Stallmann & Haala (2001) menyimpulkan *direct georeferencing* dapat menghasilkan akurasi yang tinggi dan konsisten meskipun diperlukan kalibrasi yang baik antara GPS/IMU dan kamera. Bahkan Gabrlik (2015) yang melakukan penelitian mengenai penggunaan *direct georeferencing* dengan micro UAV (*unmanned aerial vehicles*) dapat menghasilkan ketelitian yang relatif baik, yaitu 0,09 m dan 0,18

m untuk *north* dan *east axis* dan 1,7 m untuk *vertical axis*.

Penggunaan metode *direct georeferencing* di Indonesia masih relatif belum populer karena masih memerlukan pengujian lebih lanjut. Meski demikian, penelitian mengenai *direct georeferencing* untuk pemetaan udara terkait pemetaan Rupabumi Indonesia (RBI) skala besar pernah dilakukan oleh Rizaldy & Firdaus (2012), di mana pada penelitian tersebut dihasilkan akurasi horizontal = 0,356 m dan akurasi vertikal = 0,483 m dan dapat digunakan untuk pemetaan skala 1:2.500. Hal ini tentunya menjadi sinyal positif untuk menggunakan metode *direct georeferencing* di masa depan, terutama karena teknologi kamera dan GNSS semakin berkembang, sehingga dapat semakin meminimalisir biaya untuk keperluan survei lapangan.

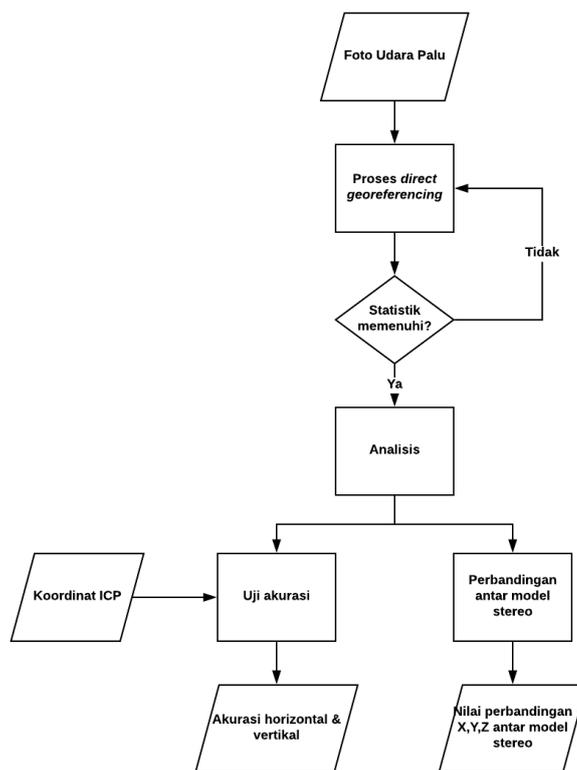
Penelitian ini menguji metode *direct georeferencing* terhadap data yang ada di Indonesia, sehingga nantinya dapat mengurangi jumlah penggunaan GCP. Data yang digunakan adalah foto udara wilayah Palu yang diakuisisi pada tahun 2013, yang difokuskan pada wilayah perkotaan. Area penelitian berada di sekitar teluk, sehingga kondisi *terrain* relatif datar. Foto udara tersebut kemudian dilakukan proses pengukuran posisi dan orientasi tanpa menggunakan GCP sampai statistik perataan masuk dalam toleransi yang ditetapkan. Setelah itu, dilakukan uji akurasi menggunakan 8 ICP (*Independent Check Point*), dan jika terdapat ICP yang tercakup dalam dua model stereo yang berbeda, maka dilakukan pengukuran nilai X, Y, Z di kedua model tersebut. Selain itu, dilakukan pula pengukuran nilai X, Y, Z pada beberapa lokasi lain yang tercakup dalam dua model, di mana objek-objek yang dipilih adalah objek-objek yang tegas dan mudah diinterpretasi di foto seperti siku lapangan, marka jalan, atau bangunan. Titik sampel yang diukur sejumlah 15 titik, dan digunakan untuk menguji konsistensi hasil *direct georeferencing*.

METODE

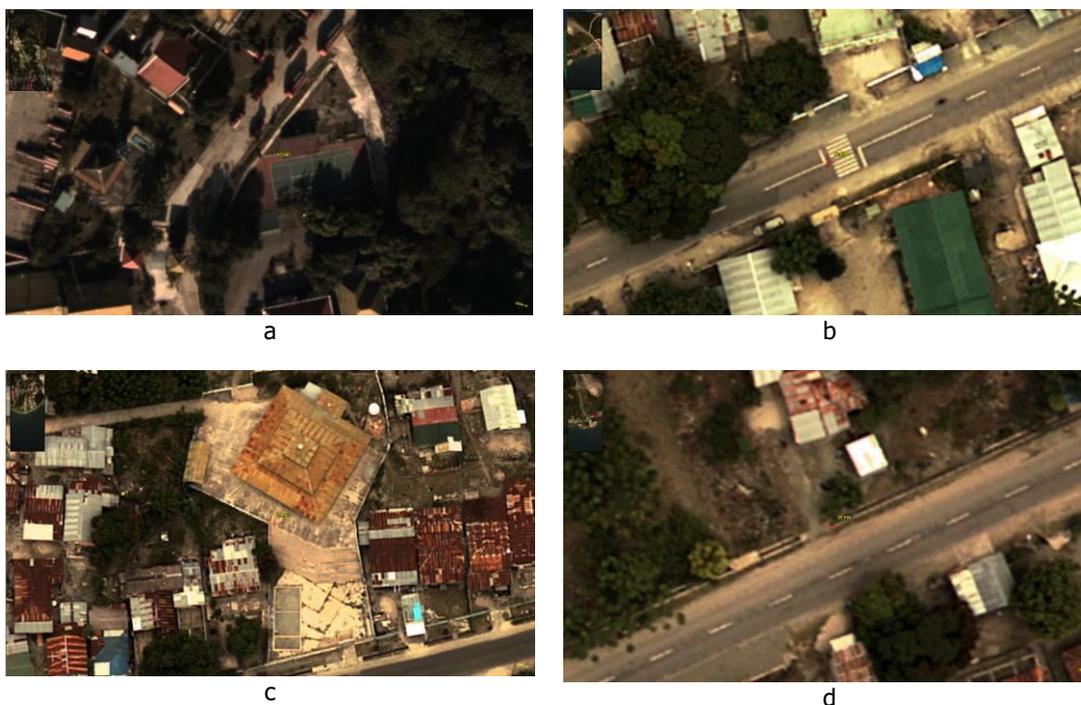
Metode penelitian dijelaskan dalam diagram alir penelitian di **Gambar 1**. Proses dilakukan pada data foto udara Palu tanpa menggunakan GCP, hingga statistik perataan masuk dalam toleransi yang disyaratkan. Kemudian, hasil pemrosesan dilakukan analisis berdasarkan dua aspek. Pertama, dari sisi ketelitian hasil dengan metode *direct georeferencing*, yaitu dengan membandingkan koordinat GPS dengan koordinat di model stereo pada setiap ICP, dan kemudian dikaitkan dengan standar ketelitian peta dasar di Indonesia. Kedua, dari sisi perbandingan nilai X, Y, Z antar model yang mana dengan melakukan pengukuran koordinat X, Y, Z pada 15 objek yang

tercakup dalam dua model stereo. Objek yang dipilih adalah objek-objek yang tegas dan mudah diinterpretasi di foto, seperti disajikan pada **Tabel 1**. Beberapa contoh objek tersebut ada pada **Gambar 2**. Kedua analisis tersebut digunakan untuk mempertimbangkan kelayakan metode *direct georeferencing* untuk digunakan dalam pemotretan udara untuk kepentingan pemetaan skala besar.

Foto udara wilayah Palu diakuisi pada tahun 2013 menggunakan kamera Leica RCD30 (**Gambar 3 dan Gambar 5**) yang dilengkapi dengan *gyro*. Kamera RCD30 merupakan kamera medium format kamera 60MP pertama yang dapat menghasilkan foto RGB multispektral dan NIR dari satu *camera head* (Wagner, 2011). Spesifikasi kamera tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**. Spesifikasi yang digunakan pada pemotretan data tersebut diantaranya GSD (*Ground Sampling Distance*) adalah 20 cm, *overlap* antarfoto sebesar 60%, dan *sidelap* sebesar 30%, dengan toleransi masing-masing adalah 5%. GSD diperoleh dari perbandingan tinggi terbang:GSD= panjang fokus:ukuran sensor, sehingga untuk menentukan GSD harus ditentukan tinggi terbang yang sesuai. GSD 20 cm dipilih karena skala peta yang direncanakan adalah 1:10.000. Jumlah foto yang digunakan sebanyak 126 foto.



Gambar 1. Diagram alir penelitian.



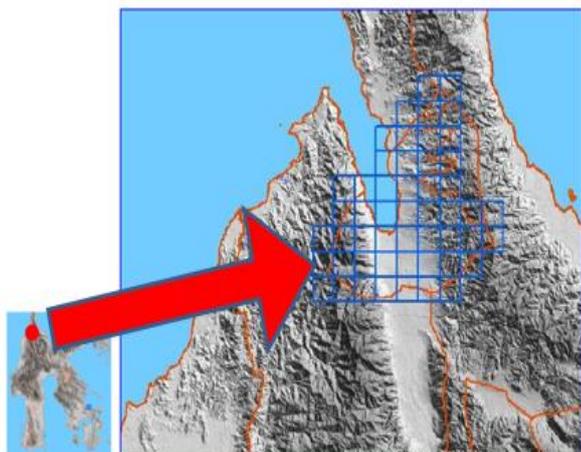
Gambar 2. Contoh objek pengukuran di model stereo: (a) pojok lapangan tenis, (b) siku marka jalan, (c) pojok pagar, (d) siku ujung selokan.

Tabel 1. Objek pengukuran di model stereo.

DESKRIPSI TITIK	MODEL
Pojok lapangan tenis, sisi luar garis	190032_190033 190033_190034

DESKRIPSI TITIK	MODEL
Siku marka jalan, sisi dalam	200029_200030 200030_200031
Pojok objek, sisi dalam (tinggi	200038_200039

DESKRIPSI TITIK	MODEL
objek ± 2 m)	200039_200040
Pojok atap (tinggi bangunan ± 2 m)	180054_180055 180055_180056 190039_190040
Pojok pagar, sisi luar	190040_190041 200026_200027
Pojok pagar, sisi dalam	200027_200028
Siku atap tertinggi masjid (tinggi bangunan ± 8 m)	200026_200027 200027_200028
Pojok bangunan, sisi dalam (tinggi bangunan 1-2 m)	200032_200033 200033_200034 200039_200040
Pojok atap (tinggi bangunan ± 5 m)	200040_200041
Siku lapangan basket (dibatasi oleh garis sisi dalam)	200032_200033 200033_200034
Pojok kerangka bangunan, sisi luar (posisi di <i>ground</i>)	200039_200040 200040_200041
Pojok kerangka bangunan, sisi luar (posisi di atas, tinggi bangunan ± 4 m)	200039_200040 200040_200041
Siku pagar, sisi luar	200028_200029 200029_200030
Pojok bangunan (tinggi bangunan ± 8 m)	200028_200029 200029_200030
Siku ujung selokan	200029_200030 200030_200031



Sumber: Badan Informasi Geospasial, 2013

Gambar 3. Lokasi penelitian.

Data berikutnya adalah parameter *Exterior Orientation* (EO). Paramater EO menggambarkan lokasi dan orientasi berkas sinar pada sistem koordinat objek dengan 6 parameter: koordinat pusat proyeksi (X0, Y0, Z0) dan rotasi di sekitar 3 sumbu (omega, phi dan kappa) (Jacobsen, 2001). Parameter EO didapatkan dari sensor GPS/INS di pesawat secara *real-time* (Tanathong & Lee, 2014). Terakhir, diperlukan data koordinat hasil

pengukuran GPS. Data pengukuran GPS yang digunakan dalam penelitian ini hanya digunakan sebagai ICP, dan tidak digunakan sama sekali sebagai GCP. Secara spesifikasi pengukuran, GCP dan ICP tidak memiliki perbedaan. Akurasi horizontal yang disyaratkan adalah ≤ 20 cm, sedangkan akurasi vertikal adalah ≤ 15 cm. Jumlah ICP yang digunakan sebanyak 8 titik. Titik ICP dapat berupa *premark* (**Gambar 4**) maupun TTG (Titik Tinggi Geodesi) (**Gambar 6**).

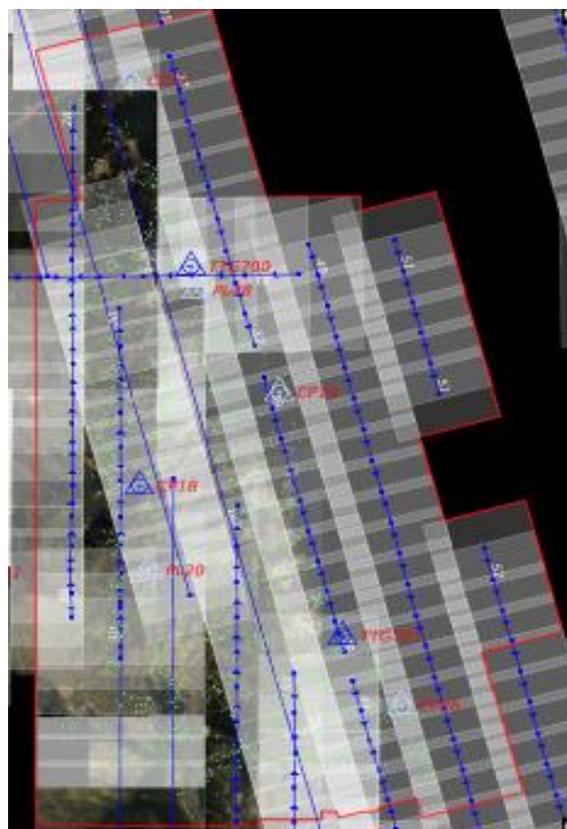
Tabel 2. Spesifikasi kamera Leica RCD30.

Sensor	Tipe Sensor	Panjang Fokus	Band	Ukuran CCD	Ukuran Piksel
Kamera RCD30	<i>Exposure Frame</i>	53 mm	RGB, NIR	8956 x 6708 piksel	6 μ m

Sumber: Lumbantobing, Wikantika, & Harto, 2017



Gambar 4. ICP dalam bentuk *premark*.



Gambar 5. Data penelitian (foto udara Palu).



Gambar 6. ICP dalam bentuk TTG.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari dua aspek: orientasi relatif dan orientasi absolut. Orientasi relatif menghasilkan model foto udara yang bebas dari paralaks sehingga posisi relatif antara dua foto pembentuk model sama seperti pada saat pemotretan, sedangkan orientasi absolut mentransformasi model hasil orientasi relatif yang belum terikat ke dalam sistem koordinat lokal menggunakan transformasi tiga dimensi (Badan Standardisasi Nasional, 2014). Orientasi relatif didapatkan dari hasil statistik perataan berupa *sigma naught* dan residu antar *tie point*, sedangkan orientasi absolut didapatkan dengan membandingkan nilai *Independent Check Point* (ICP) yang diukur menggunakan GPS Geodetik dengan nilai titik yang sama pada model stereo di foto udara (Susetyo & Gularso, 2017).

Tabel 3. Parameter kontrol kualitas statistik.

<i>Sigma naught</i>	< Ukuran Piksel (Mikron)
RMSE titik minor	< 0,5 x ukuran piksel (mikron)
Nilai residual maksimal titik minor	< 1,5 x ukuran piksel (mikron)
RMSE titik kontrol	< 0,5 meter
Nilai residual maksimal titik kontrol	< 1 meter

Sumber: (Badan Informasi Geospasial, 2013)

Hasil statistik perataan menunjukkan nilai *sigma naught* = 2,7 mikron. Menurut SNI tentang Spesifikasi Teknis Triangulasi Udara, *sigma naught* adalah besarnya kesalahan yang menunjukkan tingkat ketelitian dari pengukuran titik minor pada satu blok fotogrametri, dengan nilai toleransi untuk fotogrametri digital berdasarkan SNI tersebut adalah ≤ 1 piksel. Sesuai dengan **Tabel 2**, ukuran piksel untuk kamera RCD30 adalah 6 mikron, sehingga *sigma naught* masih berada di bawah toleransi yang disyaratkan. Artinya, *direct georeferencing* masih memungkinkan untuk mendapatkan hasil statistik perataan yang bagus. Parameter kontrol kualitas

lainnya diatur dalam Kerangka Acuan Kerja Pemotretan Udara 2013, yang disajikan pada **Tabel 3**. Hasil statistik perataan lainnya disajikan pada **Tabel 4**. Residu titik kontrol maksimal nilainya adalah 0,000 m karena tidak digunakan titik kontrol (GCP). RMSE titik minor untuk x dan y masing-masing adalah 1,634 mikron dan 1,642 mikron, yang berarti berada di bawah 0,5 x ukuran piksel (3 mikron).

Tabel 4. Hasil statistik perataan

<i>RMS Image Points</i>	x	1,634 [micron]
	y	1,642 [micron]
<i>RMS Control In Image</i>	x	2,944 [micron]
	y	2,677 [micron]
<i>Max RES. Control</i>	x	0,000 [m]
	y	0,000 [m]
	z	0,000 [m]
<i>RMS Check Points</i>	x	1,032 [m]
	y	0,724 [m]
	z	2,868 [m]
<i>Max RES. Check</i>	x	-1,455 [m]
	y	-1,067 [m]
	z	-3,851 [m]

Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa *direct georeferencing* dapat memenuhi spesifikasi terkait orientasi relatifnya. Aspek berikutnya yang perlu dianalisis adalah orientasi absolutnya. Orientasi absolut didapatkan dengan membandingkan nilai koordinat ICP hasil pengukuran GPS Geodetik dan pengamatan di model stereo. Ketelitian horizontal dinyatakan dalam *Circular Error 90%* (CE90), sedangkan ketelitian vertical dalam *Linear Error 90%* (LE90). Itu menunjukkan 90% dari titik terdefinisi yang diuji harus berada dalam toleransi yang ditentukan (Widyaningrum, Lindenbergh, Gorte & Zhou, 2018). Hasil uji akurasi tersebut adalah 1,9 m untuk ketelitian horizontal (CE90) dan 3,6 m untuk ketelitian vertikal (LE90), dimana ICP yang tercakup dalam dua model stereo dilakukan pengamatan pada kedua model stereo tersebut. Berdasarkan SNI Ketelitian Peta Dasar, maka ketelitian horizontal tersebut masuk pada skala 1:5.000 kelas 3 atau skala 1:10.000 kelas 1, dan ketelitian vertikal masuk pada skala 1:10.000 kelas 3 atau skala 1:25.000 kelas 1. Hasil uji akurasi secara detail disajikan pada **Tabel 5**. Penelitian yang dilakukan oleh Susetyo & Gularso (2017) pada wilayah yang sama dimana proses AT dilakukan menggunakan 3 GCP menghasilkan ketelitian horizontal dan vertikal masing-masing adalah 0,79 m dan 1,78 m. Perbandingan hasil tersebut jelas menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan jika GCP tidak digunakan, sehingga dapat disimpulkan *direct georeferencing* mengurangi akurasi absolut.

Tabel 5. Hasil uji akurasi.

Model	Titik	ΔX	ΔY	ΔZ	ΔX^2	ΔY^2	$\Delta X^2 + \Delta Y^2$	ΔZ^2
190026_190027	CP17	-1,5467	-0,5107	-0,8039	2,392281	0,26081449	2,65309538	0,646255
180050_180051	CP18	-0,7783	-0,4262	-1,4666	0,605751	0,18164644	0,78739733	2,150916
180051_180052	CP18	-0,9135	-0,7	-2,1386	0,834482	0,49	1,32448225	4,57361
200030_200031	CP19	-1,2973	-0,7294	-3,1265	1,682987	0,53202436	2,21501165	9,775002
200040_200041	CP26	-0,0295	-0,4159	-3,6792	0,00087	0,17297281	0,17384306	13,53651
200041_200042	CP26	-0,16	-0,5463	-3,4734	0,0256	0,29844369	0,32404369	12,06451
201054_201055	PL20	-0,6573	-1,0384	-2,5893	0,432043	1,07827456	1,51031785	6,704474
201055_201056	PL20	-0,2799	-1,0142	-0,693	0,078344	1,02860164	1,10694565	0,480249
190033_190034	PL28	-1,4879	-0,3998	-2,4893	2,213846	0,15984004	2,37368645	6,196614
190034_190035	PL28	-1,3037	-0,5527	-2,7997	1,699634	0,30547729	2,00511098	7,83832
190032_190033	TTG700	-2,0262	0,0114	-1,0374	4,105486	0,00012996	4,1056164	1,076199
190033_190034	TTG700	-1,2386	-0,1921	-2,8371	1,53413	0,03690241	1,57103237	8,049136
200038_200039	TTG701	-0,4912	-0,0085	-1,638	0,241277	0,00007225	0,24134969	2,683044
						Σ	20,39193275	75,77484
						MEAN	1,568610212	5,828834
						RMSE	1,2524417	2,414298
						CE90/LE90	1,90058028	3,663697

Tabel 6. Hasil perbandingan antar model stereo di seluruh titik uji.

DESKRIPSI TITIK	MODEL	KOORDINAT					
		X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
Pojoek lapangan tenis, sisi luar garis	190032_190033	811635,282	9912575,339	18,899	0,385	-0,195	-0,693
	190033_190034	811634,897	9912575,534	19,592			
Siku marka jalan, sisi dalam	200029_200030	812447,78	9910875,749	15,124	0,003	-0,077	0,37
	200030_200031	812447,175	9910875,826	14,754			
Pojoek objek, sisi dalam (tinggi objek \pm 2 m)	200038_200039	813676,72	9906694,109	4,307	0,14	-0,102	-0,265
	200039_200040	813676,58	9906694,211	4,572			
Pojoek atap (tinggi bangunan \pm 2 m)	180054_180055	811313,37	9907993,057	379,452	0,023	0,02	-0,571
	180055_180056	811313,347	9907993,037	380,023			
Pojoek pagar, sisi luar	190039_190040	812019,749	9909703,69	100,632	0,085	-0,28	0,333
	190040_190041	812019,664	9909703,97	100,299			
Pojoek pagar, sisi dalam	200026_200027	811643,395	9912115,503	37,881	0,108	-0,136	0,097
	200027_200028	811643,287	9912115,639	37,784			
Siku atap tertinggi masjid (tinggi bangunan \pm 8 m)	200026_200027	811629,607	9912114,993	45,566	-0,192	-0,11	-0,638
	200027_200028	811629,799	9912115,103	46,204			
Pojoek bangunan, sisi dalam (tinggi bangunan 1-2 m)	200032_200033	812808,645	9909368,007	15,235	-0,092	-0,067	-0,077
	200033_200034	812808,737	9909368,074	15,312			
Pojoek atap (tinggi bangunan \pm 5 m)	200039_200040	813657,325	9906160,522	34,859	0,067	-0,149	0,054
	200040_200041	813657,258	9906160,671	34,805			
Siku lapangan basket (dibatasi oleh garis sisi dalam)	200032_200033	812847,501	9909358,754	12,715	-0,059	-0,182	0,06
	200033_200034	812847,56	9909358,936	12,655			
Pojoek kerangka bangunan, sisi luar (posisi di <i>ground</i>)	200039_200040	814062,906	9906100,746	17,293	0,032	-1,02	0,228
	200040_200041	814062,874	9906101,766	17,065			
Pojoek kerangka bangunan, sisi luar (posisi di atas, tinggi bangunan \pm 4 m)	200039_200040	814062,287	9906100,722	20,435	0,05	-0,084	-0,225
	200040_200041	814062,237	9906100,806	20,66			
Siku pagar, sisi luar	200028_200029	812095,39	9911322,573	11,867	0,427	-0,73	0,178
	200029_200030	812094,963	9911323,303	11,689			

DESKRIPSI TITIK	MODEL	KOORDINAT					
		X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
Pojoy bangunan (tinggi bangunan \pm 8 m)	200028_200029	812048,924	9911246,762	20,576	0,044	-0,057	0,272
	200029_200030	812048,88	9911246,819	20,304			
Siku ujung selokan	200029_200030	812494,856	9910808,264	14,069	0,052	-0,042	-0,128
	200030_200031	812494,804	9910808,306	14,197			

Hasil ini berbeda dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Rizaldy & Firdaus (2012), dimana hasil kajian *direct georeferencing* yang dilakukan menghasilkan akurasi horizontal = 0,356 m dan akurasi vertikal = 0,483 m dan dapat digunakan untuk pemetaan skala 1:2.500. Kamera yang digunakan dalam penelitian tersebut adalah kamera digital format besar Ultracam X dari Vexcel. Oleh karena itu, masih ada kemungkinan metode *direct georeferencing* menghasilkan ketelitian yang lebih baik dibandingkan hasil yang didapatkan dari penelitian ini. Terakhir, aspek yang dianalisis dalam penelitian ini adalah konsistensi antar model stereo. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui apakah *direct georeferencing* mempengaruhi nilai koordinat X, Y, Z di setiap model stereo yang saling bertampalan. Untuk itu, dipilih 15 objek yang tercakup dalam dua model stereo, seperti disajikan pada **Tabel 1**. Titik-titik tersebut kemudian diukur pada setiap model stereo untuk kemudian dibandingkan selisihnya. Hasil pengukuran pada setiap model disajikan pada **Tabel 6**. Dalam tabel tersebut menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan di setiap model stereo, dan hampir semuanya berada di bawah 1 m. Bahkan secara rata-rata, perbedaan koordinat dan elevasi pada setiap model stereo berada di bawah 0,5 m, dimana rata-rata $\Delta X = 0,1173$ m, $\Delta Y = 0,2167$ m, dan $\Delta Z = 0,2793$ m. Artinya, meski penggunaan metode *direct georeferencing* dapat mengurangi akurasi absolut, namun hal tersebut tidak berpengaruh terhadap konsistensi antar model stereonya.

KESIMPULAN

Penelitian ini menguji metode *direct georeferencing* terhadap data yang ada di Indonesia, sehingga nantinya dapat mengurangi jumlah penggunaan GCP. Data yang digunakan adalah foto udara wilayah Palu yang diakuisisi pada tahun 2013, dan difokuskan pada wilayah perkotaan. Hasil yang dianalisis dalam penelitian ini terdiri dari dua aspek: orientasi relatif dan orientasi absolut. Orientasi relatif didapat dari hasil statistik perataan berupa *sigma naught* dan residu antar *tie point*, sedangkan orientasi absolut didapat dengan membandingkan nilai *Independent Check Point* (ICP) yang diukur menggunakan GPS Geodetik dengan nilai titik yang sama pada model stereo di foto udara. Hasil

statistik perataan menunjukkan nilai *sigma naught* = 2,7 mikron. Artinya, *direct georeferencing* masih memungkinkan untuk mendapatkan hasil statistik perataan yang bagus. Hasil uji akurasi adalah 1,9 m untuk ketelitian horizontal (CE90) dan 3,6 m untuk ketelitian vertikal (LE90), dimana ICP yang tercakup dalam dua model stereo dilakukan pengamatan pada kedua model stereo tersebut. Berdasarkan SNI Ketelitian Peta Dasar, maka ketelitian horizontal tersebut masuk pada skala 1:5.000 kelas 3 atau skala 1:10.000 kelas 1, dan ketelitian vertikal masuk pada skala 1:10.000 kelas 3 atau skala 1:25.000 kelas 1. Terakhir, tidak ada perbedaan signifikan di setiap model stereo, dan hampir semuanya berada di bawah 1 m. Bahkan secara rata-rata, perbedaan koordinat dan elevasi pada setiap model stereo berada di bawah 0,5 m, dimana rata-rata $\Delta X = 0,1173$ m, $\Delta Y = 0,2167$ m, dan $\Delta Z = 0,2793$ m. Artinya, meski penggunaan metode *direct georeferencing* dapat mengurangi akurasi absolut, namun hal tersebut tidak berpengaruh terhadap konsistensi antar model stereonya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Pemetaan Rupabumi dan Toponim BIG yang telah menyediakan data foto udara yang digunakan dalam penelitian ini, serta memberikan ijin terkait penggunaan *software* pengolah Triangulasi Udara yang digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Informasi Geospasial. (2013). Kerangka Acuan Kerja Pekerjaan Pemotretan Udara dan Pemetaan Rupabumi Indonesia Skala 1:10.000 Palu dan Kendari. Cibinong.
- Badan Standardisasi Nasional. (2014). Spesifikasi Teknis Triangulasi Udara. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional. (2015). SNI Ketelitian Peta Dasar. Jakarta.
- Cramer, M., Stallmann, D. & Haala, N. (2001). Direct Georeferencing Using GPS / Inertial Exterior Orientations for Photogrammetric Applications. In *IAPRS, Vol. XXXIII*. Amsterdam.
- Gabriel, P. (2015). The Use of Direct Georeferencing in Aerial Photogrammetry with Micro UAV. *IFAC-Papers OnLine*, 28(4), 380–385. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.07.064>
- Jacobsen, K. (2001). Exterior Orientation Parameters. *Photogrammetric Engineering and Remote*

- Sensing*, 1321–1332. Retrieved from http://www.ipi.uni-hannover.de/uploads/tx_tkpublikationen/jac_ExtErOr.pdf
- Lumbantobing, M., Wikantika, K. & Harto, A. B. (2017). Peningkatan Akurasi Interpretasi Foto Udara Menggunakan Metode Pembobotan Berbasis Objek untuk Pembuatan Peta Skala 1: 5000. *Reka Geomatika*, 2017(1), 1–11.
- Octariady, J., Widyaningrum, E. & Fajari, K. (2016). Ortorektifikasi Citra Satelit Resolusi Tinggi Menggunakan Berbagai Metode Ortorektifikasi. In *Seminar* (pp. 1–6). Depok.
- Octariady, J., Widyaningrum, E. & Prihanggo, M. (2016). Pengaruh Ketelitian DEM Terhadap Ketelitian Citra Terortorektifikasi pada Permukaan Datar dan Miring (Studi Kasus: Kota Surabaya dan Kota Tasikmalaya). In *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Depok.
- Rizaldy, A. & Firdaus, W. (2012). Direct Georeferencing: a New Standard in Photogrammetry for High Accuracy Mapping. *ISPRS - International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 39(September), 5–9. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XXXIX-B1-5-2012>
- Susetyo, D. B. & Gularso, H. (2017). Perbandingan Nilai Koordinat dan Elevasi Antar Model Stereo pada Foto Udara Hasil Triangulasi Udara. In *Seminar Nasional Geomatika* (pp. 1–10). Cibinong.
- Susetyo, D. B., Lumban-gaol, Y. A. & Sofian, I. (2018). Prototype of National Digital Elevation Model in Indonesia. In *ISPRS Technical Commission IV Symposium 2018*. Delft, The Netherlands.
- Susetyo, D. B. & Perdana, A. P. (2015). Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Pembentukan Kontur Peta Rupabumi Indonesia (RBI). In *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Bogor: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional.
- Susetyo, D. B., Syetiawan, A. & Octariady, J. (2017). Perbandingan Ketelitian Geometrik Citra Satelit Resolusi Tinggi dan Foto Udara untuk Keperluan Pemetaan Rupabumi Skala Besar. In *Seminar Nasional Penginderaan Jauh*. Depok.
- Tanathong, S. & Lee, I. (2014). Using GPS/INS Data to Enhance Image Matching for Real-time Aerial Triangulation. *Computers and Geosciences*, 72, 244–254. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2014.08.003>
- Wagner, R. (2011). The Leica RCD30 Medium Format Camera: Imaging Revolution. *Photogrammetric Week 2011*, 89–95. Retrieved from <http://www.ifp.uni-stuttgart.de/publications/phowo11/095Wagner.pdf>
- Widyaningrum, E., Fajari, M. & Octariady, J. (2016). Accuracy Comparison of VHR Systematic-ortho Satellite Imageries Against VHR Orthorectified Imageries Using GCP. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 2016-Janua(July), 305–309. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XLI-B1-305-2016>
- Widyaningrum, E., Lindenbergh, R. C., Gorte, B. G. H. & Zhou, K. (2018). Extraction of Building Roof Edges from LiDAR Data to Optimize the Digital Surface Model for True Orthophoto Generation. In *ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry 2020"* (Vol. XLII). Riva del Garda.
- Yuan, X. & Zhang, X. (2008). Theoretical accuracy of direct georeferencing with position and orientation system in aerial photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 617–622.

STUDI PENDAHULUAN PENGINDERAAN JAUH DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS UNTUK ANALISIS MEDAN SKALA TINJAU DI SEBAGIAN PROVINSI SUMATERA SELATAN

(Preliminary Study of Remote Sensing and Geographic Information System for The Overview Scale Terrain Analysis in Parts of South Sumatra Province)

Heratania Aprilia Setyowati¹, Ratna Nurani², dan Sigit Heru Murti Budi Santosa²

¹Bidang Pengelolaan Data, Pusat Data dan Teknologi Informasi,
Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

²Program Studi Kartografi dan Penginderaan Jauh, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada
Jl. Pegangsaan Timur No. 1 Menteng, Cikini, DKI Jakarta, 10320 Indonesia
Email: heratania.a.s@mail.ugm.ac.id

Diterima (received): 25 September 2018; Direvisi (revised): 20 Oktober 2018; Disetujui untuk dipublikasikan (accepted): 16 November 2018

ABSTRAK

Beragam cara dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu wilayah, salah satunya adalah analisis medan yang merupakan studi sistematis yang memanfaatkan data penginderaan jauh untuk menggali asal muasal, riwayat geomorfologi, dan komponen suatu bentang lahan. Tujuan dari studi pendahuluan ini untuk mengetahui karakteristik medan yang ada di sebagian daerah Sumatera Selatan melalui analisis medan dengan pembuatan sekuen medan yang berbasis citra penginderaan jauh. Citra Landsat 8 digunakan untuk mendapatkan informasi tutupan lahan dan bentuk lahan. Citra SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) digunakan untuk menghasilkan data DEM (*Digital Elevation Model*), *hillshade*, dan *slope* yang selanjutnya diturunkan menjadi peta topografi. Peta Geologi digunakan untuk menurunkan informasi mengenai jenis tanah. Peta arah aliran dan akumulasi air digunakan untuk menurunkan informasi kondisi drainase. Selanjutnya semua peta di *overlay* dan digunakan untuk menarik garis sekuen medan sebagai dasar identifikasi karakteristik medan. Berdasarkan hasil studi pendahuluan ini, dapat dikenali bahwa karakteristik medan sebagian Sumatera Selatan berbentuk lahan vulkanik, struktural dan fluvial dengan proses geomorfologi berupa erosi vertikal, transportasi, deposisi, dan sedimentasi. Aplikasi Penginderaan Jauh dan SIG dengan metode sekuen medan dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik medan suatu wilayah.

Kata kunci : *Penginderaan jauh, SIG, analisis medan, sekuen medan, karakteristik medan*

ABSTRACT

Various ways can be used to determine the characteristics of a region, one of which is field analysis, a systematic study that utilizes remote sensing data to explore the origin, geomorphological history, and the components of a landscape. The purpose of this preliminary study was to find out the characteristics of terrain in particular areas of South Sumatra through terrain analysis by using field sequence based on remote sensing imagery. Landsat 8 image was used to obtain land cover and landform. SRTM images were used to obtain DEM, Hill shade, and slope data, all those were generated for topographic maps. Geological maps are used to derive information of soil types. Flow direction and water accumulation were used to obtain information on drainage condition information. All those maps are overlaid and used to generate the field characteristics. Based on the results of this preliminary study, the field characteristics in part of South Sumatra were known as volcanic, structural and fluvial. Thus, related to the geomorphological processes were vertical erosion, transportation, deposition, and sedimentation, respectively. According to the results, it can be concluded that applied remote sensing and GIS by using field sequence method can be used to find out the terrain characteristics of a region.

Keyword: *Remote sensing, GIS, terrain analysis, terrain sequence, terrain characteristics*

PENDAHULUAN

Medan merupakan suatu bidang lahan yang berhubungan dengan sifat-sifat fisik permukaan dan dekat permukaan yang kompleks dan penting bagi manusia (Zuidam, 1979). Analisis dan klasifikasi medan merupakan suatu analisis, klasifikasi, serta

pemetaan medan yang didasarkan pada relief, proses yang terjadi baik masa lampau hingga sekarang, jenis batuan dan strukturnya, tanah, hidrologi, vegetasi dan penggunaan lahan (Zuidam, 1979). Seiring dengan pesatnya perkembangan bidang teknologi penginderaan jauh terutama satelit sumberdaya alam yang memiliki saluran

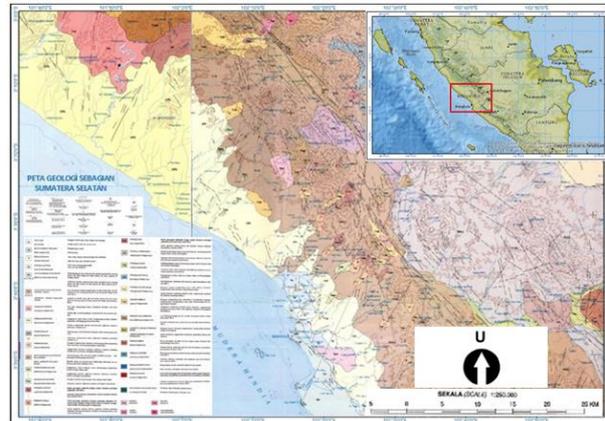
(band) dan resolusi sensor yang tinggi, maka kenampakan hasil citra menggambarkan banyak kenampakan fisik dan kultur di permukaan tanah termasuk kenampakan geomorfologi (Goudie, 2003), (Smith dan Pain, 2009). Geomorfologi merupakan studi yang mempelajari bentuk lahan dan proses yang mempengaruhinya serta terkait penyelidikan hubungan timbal balik antara bentuk lahan dan proses-prosesnya secara keruangan (Verstappen, 1983). Proses geomorfologi juga merupakan perubahan-perubahan secara fisik maupun kimiawi yang mengakibatkan modifikasi permukaan bumi (Thornbury, 1970), sedangkan bentuklahan adalah kenampakan medan yang dibentuk oleh proses-proses alam dan mempunyai komposisi, karakteristik fisik dan visual tertentu di manapun bentuklahan ditemui (Zuidam, 1979). Pengetahuan mengenai karakteristik medan (pada **Tabel 1**) dan juga kondisi geomorfologi serta elemen lainnya berguna untuk penyusunan rencana tata ruang agar sesuai dengan kondisi fisik lingkungan setempat, sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi optimal bagi peningkatan kondisi kehidupan yang lebih baik bagi masyarakat (Iskandar, 2008).

Tabel 1. Karakteristik Medan.

Faktor Medan	Parameter
Relief	Posisi, ketinggian, hadap matahari, kemiringan lereng, panjang lereng, dan bentuk lereng.
Proses Geomorfologi	Pentorehan (<i>dissection</i>), agradasi, degradasi (pelapukan, pelarutan, erosi, dan gerak massa batuan).
Batuan	Tipe/macam dan struktur batuan.
Keadaan Hidrologi	Kondisi air permukaan dan air bawah tanah, kualitas dan kuantitas air.
Vegetasi/Penggunaan Lahan	Tipe penggunaan lahan, kerapatan, perubahan musiman, cara konservasi (erosi, pengontrolan bahaya alam).

Pulau Sumatera terletak di bagian barat NKRI dengan koordinat 6⁰ Lintang Utara sampai 6⁰ Lintang Selatan dan 95⁰ Bujur Timur sampai 107⁰ Bujur Timur. Bagian utara berbatasan dengan Teluk Benggala, di timur dengan Selat Malaka, bagian selatan dengan Selat Sunda, dan di barat dengan Samudera Hindia. Pada bagian barat terbentang Pegunungan Barisan yang membujur dari utara hingga selatan. Sepanjang Bukit Barisan terdapat gunung-gunung berapi yang masih aktif hingga saat ini. Pulau Sumatera merupakan kawasan episentrum gempa bumi karena dilintasi oleh patahan kerak bumi di sepanjang Bukit Barisan, yang disebut Patahan Sumatera; dan patahan kerak bumi di dasar Samudra Hindia di sepanjang lepas

pantai sisi barat Sumatera. Pegunungan Bukit Barisan terletak dekat pertemuan antara pelat tektonik Eurasia dan Australia. Selain itu Pulau ini juga memiliki Zona Barisan yang dapat diuraikan menjadi tiga yaitu Zona Barisan Selatan, Zona Barisan Tengah dan Zona Barisan Utara (Bemmelen dan Bouter, 1970) seperti dapat terlihat pada **Gambar 1**.



Sumber : Peta geologi lembar sungai Penuh dan Ketaun, lembar Bengkulu, lembar Bangko Sarolangun. **Gambar 1.** Peta geologi sebagian Sumatera Selatan.

Pada daerah dengan topografi perbukitan dan pegunungan, lereng merupakan elemen dari bentuklahan yang dominan menentukan distribusi sifat tanah secara lateral. Pengaruh lereng terhadap morfologi profil tanah dalam bentuk intensitas proses erosi-deposisi (longsoran) dan pedogenesis yang secara umum menentukan kondisi kedalaman tanah (Bruin, Wielemaker, & Molenaar, 1999). Relief secara cepat dapat diperoleh dengan analisis Model Medan Digital yang merupakan salah satu unsur utama pembentuk bentang lahan (*landscape*), yang dapat digunakan sebagai kriteria pembatas satuan pemetaan tanah melalui pendekatan geomorfologi (Priyono, 2008).

Penggunaan data penginderaan jauh untuk ekstraksi informasi mengenai keruangan dapat digunakan untuk mengkaji informasi secara menyeluruh terkait dengan karakteristik medan atau permukaan. Citra Landsat merupakan hasil citra penginderaan jauh yang digunakan pada penelitian ini. Citra Landsat adalah salah satu aplikasi paling penting yang dikembangkan dari satelit observasi Bumi (Phiri & Morgenroth, 2017). Identifikasi bentuk lahan dengan mudah dilakukan dengan menggunakan citra yaitu dengan mengaitkan berbagai parameter fisik di permukaan (Prabowo & Isnawan, 2017). Beberapa dekade terakhir, citra Landsat telah digunakan untuk klasifikasi penggunaan lahan dan identifikasi badan air. Penggunaan sensor *Operational Land Imager* (OLI) pada Landsat 8 menghasilkan resolusi spektral yang tinggi dan peningkatan rasio *signal-to-noise*, sehingga kualitas citra yang diperoleh Landsat 8 meningkat, maka hal tersebut

memungkinkan untuk karakterisasi tutupan lahan dan peningkatan ukuran data yang lebih baik (Acharya, Lee, Yang, & Lee, 2016). SIG berperan dalam menyajikan dan memanipulasi data spasial serta data yang berupa atribut. SIG mempunyai kemampuan untuk menyimpan dan memodelkan suatu 3D permukaan sebagai DEM, DTM atau TIN (Raharjo, 2010).

Pemilihan area kajian penelitian ini didasarkan pada ketersediaan lembar citra Landsat 8 Oli dan juga SRTM yang ada dan digabungkan dengan peta geologi yang dipilih paling ragam bentuk lahan yang ada. Sehingga batasan area kajian tidak berdasarkan batasan administrasi. Berdasarkan uraian tersebut, beragam cara dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik suatu wilayah. Salah satunya menggunakan analisis medan yang merupakan studi sistematis memanfaatkan data penginderaan jauh untuk menggali asal muasal, riwayat geomorfologi, dan juga komponen suatu bentang lahan. Tujuan dari studi pendahuluan ini untuk mengetahui karakteristik medan yang ada di sebagian daerah Sumatera Selatan melalui analisis medan dengan pembuatan sekuen medan (pada **Gambar 2**, dengan 5 sekuen garis sebagai contoh) berbasis citra penginderaan jauh.



Gambar 2. Penampang melintang dengan rincian penampang melintang 1 (warna merah), penampang melintang 2 (warna oranye), penampang melintang 3 (warna hijau), penampang melintang 4 (warna biru), penampang melintang 5 (warna merah muda), penampang melintang 6 (warna kuning).

METODE

Metode analisis medan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan sekuen medan berbasis citra penginderaan jauh untuk mengidentifikasi karakteristik medan dan mengklasifikasikannya (regionalisasi medan) berdasarkan persamaan visual yang ada. Data yang digunakan dalam studi ini adalah Citra SRTM 90m DEM version 4 (*Shuttle Radar Topography Mission*) yang di dapatkan dari srtm.csi.cgiar.org dan Citra Landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) sebagian Sumatera

Selatan yang didapatkan pada earthexplorer.usgs.gov. Tahapan akhir dari kegiatan ini dilakukan overlay antara hasil interpretasi, klasifikasi, dan penarikan sekuen medan untuk menurunkan informasi detail karakter medan secara vertikal (*vertical cross section*).

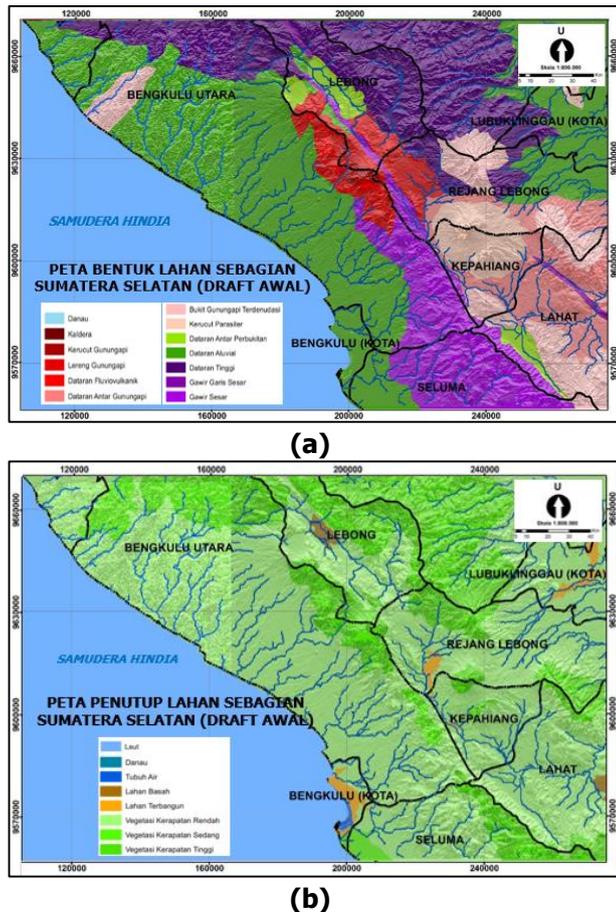
Interpretasi Citra landsat 8

Peta Tutupan Lahan pada studi pendahuluan ini diperoleh menggunakan Citra Landsat 8 yang diinterpretasi secara visual menggunakan komposit untuk mempermudah dalam mengklasifikasikan kelas tutupan lahan. Pada studi pendahuluan ini interpretasi visual citra tidak detail sampai menggunakan metode *supervised* atau *unsupervised*. Interpretasi visual yang digunakan masih manual mengingat studi ini masih tahap awal atau studi pendahuluan. Harapannya pada studi pendahuluan ini sudah dapat memberikan gambaran jelas melalui pendekatan penginderaan jauh. Namun untuk studi lanjutan disarankan untuk menggunakan metode *supervised* atau *unsupervised* dengan pendekatan *Maximum Likelihood* yang kemudian dapat diuji akurasi dengan sampling di lapangan hingga diperoleh *overall accuracy* dan nilai Kappa berdasarkan standar yang ada. *United States Geological Survey* (USGS) telah menetapkan tingkat ketelitian klasifikasi atau minimum dengan menggunakan penginderaan jauh yaitu lebih dari 85%.

Interpretasi citra (*image interpretation*) merupakan proses untuk memperoleh informasi dengan citra sebagai sumber atau sebagai perantaranya (Sutanto, 1986). Pengenalan obyek merupakan bagian vital dalam interpretasi citra. Untuk itu identitas dan jenis obyek pada citra sangat diperlukan dalam analisis memecahkan masalah yang dihadapi. Karakteristik obyek pada citra dapat digunakan untuk mengenali obyek yang dimaksud dengan unsur interpretasi (Arsy, 2010). Namun, hasil interpretasi sangat bergantung pada keterampilan analisis citra dari pengamat. Untuk mendapatkan informasi hasil interpretasi yang lebih baik, evaluasi visual citra yang dikoreksi harus dikombinasikan dengan penilaian statistik kuantitatif (Pimple et al., 2017; Wu, Jin, & Fan, 2018; Richter, Kellenberger, & Kaufmann, 2009; Sola, González, & Álvarez, 2016).

Unsur interpretasi citra yaitu rona/warna, bentuk, ukuran, tekstur, pola, bayangan, situs, dan asosiasi (korelasi). Karakteristik citra yang dianalisis dalam interpretasi litologi meliputi karakteristik umum / kunci interpretasi (pola, tekstur, bentuk, dan lokasi topografik) dan karakteristik khusus (morfologi / ekspresi topografi, pola dan kerapatan aliran, serta vegetasi) (Ambodo, 2012). Interpretasi citra landsat 8 menggunakan 8 unsur interpretasi yang disebutkan di atas, sehingga menghasilkan Peta Bentuklahan dan Peta Penutup Lahan (Alban,

Connette, Oswald, & Webb, 2018; Tufaila, Karim, & Alam, 2012). Peta hasil interpretasi Citra Landsat 8 disajikan pada **Gambar 3**.



Gambar 3. (a) Peta bentuk lahan dan (b) Peta tutupan lahan sebagian Sumatera Selatan.

Ekstraksi SRTM

Citra SRTM digunakan untuk menghasilkan data DEM, *hillshade*, dan *slope* yang diturunkan menjadi peta topografi. Peta topografi yang dihasilkan dari ekstraksi SRTM kualitasnya sudah cukup baik untuk studi pendahuluan, mengingat data SRTM dapat diakses secara gratis. Namun untuk studi lanjutan, hasil ekstraksi citra SRTM untuk peta topografi harus memperhatikan hasil menurut standar nasional CE90 dan LE90 (Bresnahan, 2011; Martiana, Prasetyo, 2017; Dolloff & Theiss, 2014; Duantari & Cahyono, 2017; Hidayat, Subiyanto, 2016; Storey, Choate, & Lee, 2014; Susetyo & Perdana, 2017; Wu et al., 2018).

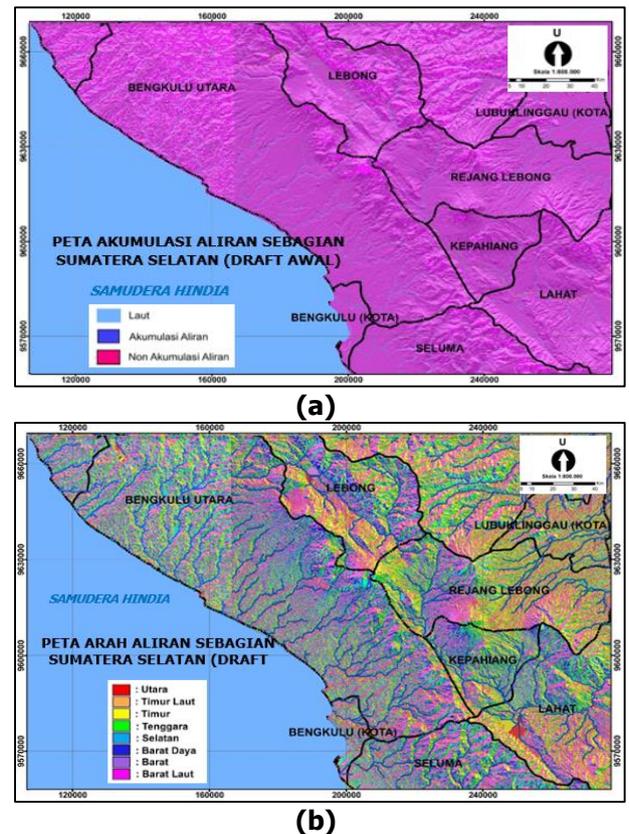
Model medan digital merupakan metode yang cukup baik untuk menyadap data mengenai lereng (kemiringan, panjang, dan ketinggian) dengan tampilan secara tiga dimensional sehingga lebih jelas menggambarkan topografi medan/lereng seperti yang ditampilkan pada **Gambar 4**. Peta topografi tersebut nantinya akan di *overlay* bersama peta aliran untuk memperoleh informasi drainase.

Citra SRTM menghasilkan data DEM yang dapat diekstraksi menjadi data *hillshade*, dan *slope*

untuk menghasilkan peta akumulasi aliran sungai, peta arah aliran sungai, dan aliran sungai seperti pada **Gambar 5**. dan **Gambar 6**. Interpretasi data tersebut akan menghasilkan informasi kondisi hidrologi dari suatu permukaan, kualitas dan kuantitas air. Peta arah dan akumulasi aliran digunakan untuk mendapatkan informasi kondisi drainase di sebagian wilayah Sumatera Selatan (Marfai, Sarastika, Trihantan, Sarihati, & Suriati, 2018). Akumulasi aliran tergambar dengan warna biru sedangkan area yang bukan merupakan akumulasi aliran berwarna merah muda. Bila kita amati terkait akumulasi aliran yang ada maka didominasi bentuk-bentuk garis alur-alur biru.



Gambar 4. Peta *hillshade* dari DEM sebagian Sumatera Selatan.



Gambar 5. (a) Peta akumulasi aliran sungai dan (b) Peta arah aliran sungai sebagian Sumatera Selatan.

Kondisi drainase yang baik menunjukkan bahwa daerah tersebut merupakan daerah yang tidak pernah tergenang dalam waktu apapun, sehingga air akan mudah terserap ke dalam permukaan tanah. Kondisi drainase yang sedang menunjukkan bahwa daerah tersebut akan mengalami penggenangan secara berkala atau dapat dikatakan bahwa setiap aliran air yang ada di daerah tersebut pada suatu waktu tertentu ia akan menggenang kemudian menghilang; sedangkan kondisi drainase yang buruk menunjukkan bahwa daerah tersebut sering tergenang dalam waktu yang lama apabila terdapat aliran air, tingkat kelulusan air ke dalam permukaan tanah rendah. Informasi kondisi drainase tersebut terdiri dari: baik-tidak pernah tergenang; sedang-tergenang berkala; dan sedang/ buruk-tergenang berkala/ sering tergenang. kondisi drainase sangat terkait dengan geomorfologi, geologi, topografi, dan kondisi iklim, hidrologi, dan sosio-politik setempat (Voudouris, Christodoulakos, Steiakakis, & Angelakis, 2013).



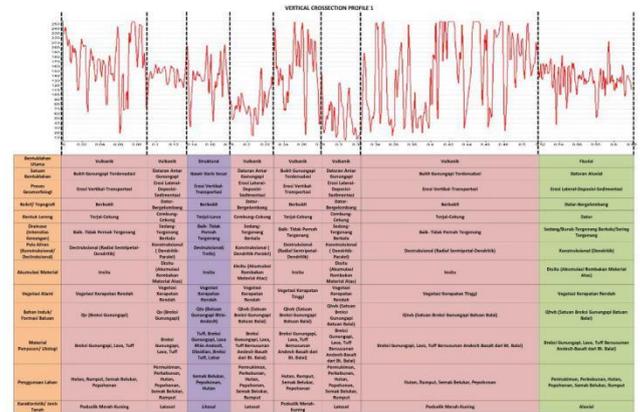
Gambar 6. Peta aliran sungai dan slope sebagian Sumatera Selatan.

Overlay, Penarikan Penampang Melintang dan Sekuen Medan

Peta geologi selanjutnya digunakan untuk menurunkan informasi mengenai jenis tanah. Peta disusun berdasarkan hasil interpretasi citra Landsat-8 dan ekstraksi citra SRTM kemudian ditumpang susun dan digunakan untuk menarik garis sekuen medan sebagai dasar identifikasi karakteristik medan dan klasifikasi medan. Penarikan garis penampang melintang dan sekuen medan ditarik dari hulu ke hilir yang mewakili perubahan jenis lahan atau yang mencakup banyak ragam bentuk lahan sehingga dapat mewakili daerah kajian. Klasifikasi medan merupakan kelas suatu wilayah yang mana setiap satuan pemetaannya diasumsikan homogen dalam berbagai karakteristik medan (geologi, tanah, topografi dan lingkungan) yang terkait dengan kemampuan lahannya (Zuidam, 1979).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pulau Sumatera bagian selatan dibagi menjadi tiga zona fisiografi yaitu zona Bengkulu, zona barisan, dan zona cekungan antargunung. Zona Bengkulu berada di bagian barat Sumatera yang meliputi daerah pantai hingga dataran rendah perbukitan barisan. Zona barisan memanjang dari utara sampai selatan Pulau Sumatera. Zona cekungan antar gunung berada di Provinsi Bengkulu hingga Jambi, berupa dataran rendah yang dibatasi oleh gunung-gunung disekitarnya sehingga membentuk cekungan (Gafoer, Amin, & Pardede, 2007), (Gafoer, Amin, & Pardede, 1993), (Gafoer, dan Amin, 1993). Relief topografi di wilayah ini bervariasi dari datar hingga bergunung dengan bentuk lereng terjal cekung, terjal lurus pada beberapa lokasi, maupun cembung cekung. Relief yang demikian berasosiasi dengan pola aliran di daerah kajian yaitu radial sentripetal-dendritik yang membentuk akumulasi aliran insitu.



Gambar 7. Karakteristik medan dalam sekuen medan penampang melintang 1.

Zona Barisan Sumatera Selatan dibagi menjadi tiga unit blok sesaran yakni blok Bengkulu (*the Bengkulu block*), blok Semangko (*the Semangko block*), dan blok Sekampung (*the Sekampung block*). Secara fisiografis cekungan Sumatera Selatan merupakan cekungan tersier berarah barat laut – tenggara, yang dibatasi sesar Semangko dan Bukit Barisan di sebelah barat daya, Paparan Sunda di sebelah timur laut, Tinggian Lampung di sebelah tenggara yang memisahkan cekungan tersebut dengan cekungan Sunda, serta Pegunungan Dua Belas dan Pegunungan Tiga Puluh di sebelah barat laut yang memisahkan cekungan Sumatera Selatan dengan Cekungan Sumatera Tengah.

Berdasarkan penampang melintang 1 pada Gambar 7, ditunjukkan variasi karakter medan dengan bentuk lahan utama berupa vulkanik, struktural, dan fluvial. Satuan bentuk lahan yang ada yakni; bukit gunungapi terdenudasi, dataran antar gunungapi, gawir garis sesar, dataran aluvial. Proses geomorfologi yang terjadi yaitu berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. Relief atau topografi pada penampang melintang 1 ini bervariasi dari berbukit, hingga

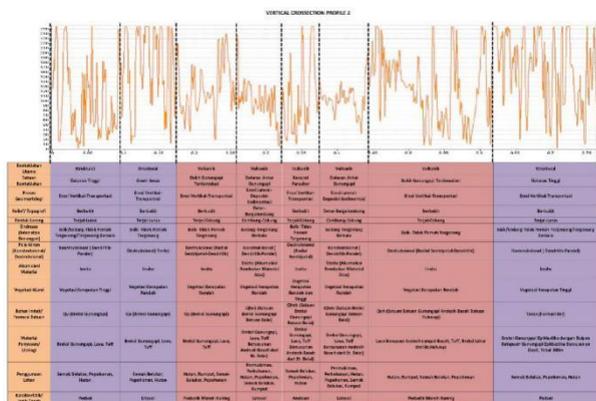
datar-bergelombang. Adapun bentuk lerengnya juga sangat bervariasi yang terdiri dari terjal-cekung, cembung-cekung, terjal-lurus, hingga datar. Berdasarkan data penampang melintang tersebut dapat dianalisis intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari: baik-tidak pernah tergenang; sedang-tergenang berkala; dan sedang/buruk-tergenang berkala/sering tergenang. Pola aliran pada penampang melintang 1 ini berupa destruksional (radial sentripetal-dendritik), konstruksional (dendritik-paralel), destruksional (trellis), konstruksional (dendritik). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas).

Vegetasi alami atau tutupan lahan pada area penampang melintang nomer 1 terklasifikasikan menjadi vegetasi kerapatan rendah dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang nomor 1 berupa Qv (breksi gunungapi), Qtv (batuan gunungapi rhyo-andesit), dan Qhvb (satuan breksi gunungapi batuan balai). Untuk material penyusun/litologi terdiri dari tuff, breksi gunungapi, lava rhyo-andesit, obsidian, breksi tuff, lahar, lava, dan tuff bersusunan andesit-basalt dari Bt. Balai. Penggunaan lahan di sepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Ditinjau dari karakteristik/jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang nomor 1 ini berupa podsolik merah-kuning, latosol, dan litosol.

bervariasi dari berbukit, hingga datar-bergelombang.

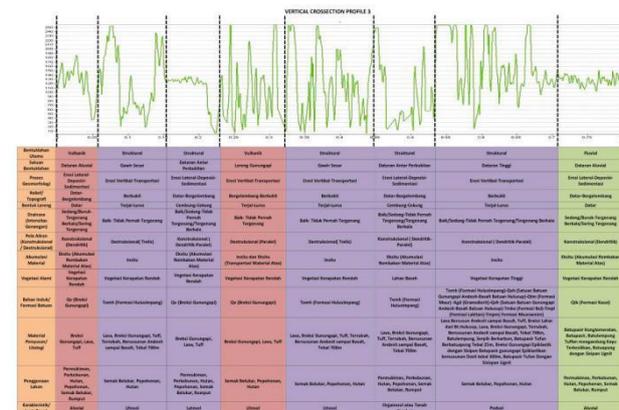
Bentuk lereng pada lokasi ini sangat bervariasi, terdiri dari: terjal-cekung, cembung-cekung, dan terjal-lurus. Berdasarkan garis penampang melintang tersebut dapat dianalisis juga intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari: baik/sedang-tidak pernah tergenang/tergenang berkala; baik-tidak pernah tergenang; dan sedang-tergenang berkala. Dilihat dari pola alirannya penampang melintang nomor 2 terdiri dari: konstruksional (dendritik - paralel); destruksional (trellis): destruksional (radial sentripetal-dendritik); konstruksional (dendritik-paralel); dan destruksional (radial sentripetal). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas).

Vegetasi alami atau tutupan lahan pada area penampang melintang nomor 2 diklasifikasikan menjadi vegetasi kerapatan rendah dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang nomor 2 berupa: Qv (breksi gunungapi); Qhvb (satuan breksi gunungapi batuan balai); Qvh (satuan batuan gunungapi andesit-basalt batuan hulusup); dan Tmba (formasi bal). Material penyusun/litologi terdiri dari tuff, breksi gunungapi, lava, lava bersusunan andesit sampai basalt, breksi lahar dari bt.hulusup, tuff bersusunan andesit-basalt dari bt. balai, dan breksi gunungapi epiklastika dengan sisipan batu pasir gunungapi epiklastika bersusunan dasit dengan tebal 300m. Penggunaan lahan di sepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Karakteristik/jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang 2 ini berupa podsol, podsolik merah-kuning, andosol, latosol, dan litosol.



Gambar 8. Karakteristik Medan dalam Sekuen Medan Penampang Melintang 2.

Penampang melintang nomor 2 pada **Gambar 8** menunjukkan variasi karakter medan dengan bentuk lahan utama berupa struktural dan vulkanik. Satuan bentuk lahan yang ada yakni: dataran tinggi; gawir sesar; bukit gunungapi terdenudasi; dataran antar gunungapi; dan kerucut parasiter. Proses geomorfologi yang terjadi pada penampang melintang ke 2 ini sama dengan penampang nomor 1 atau penampang sebelumnya yaitu sama-sama berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. Relief atau topografi pada penampang melintang nomer 2 ini



Gambar 9. Karakteristik Medan dalam Sekuen Medan Penampang Melintang 3.

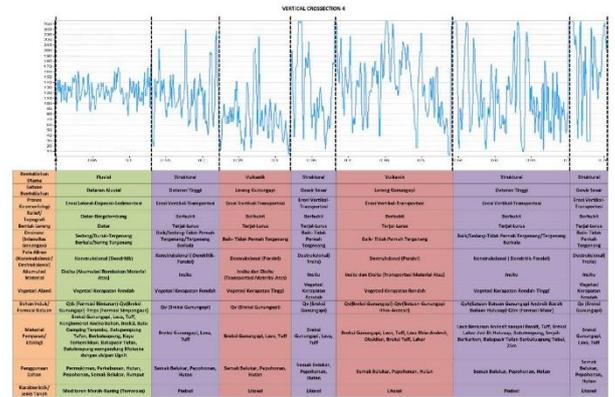
Pada penampang melintang nomor 3 (**Gambar 9**) ditunjukkan variasi karakter medan dengan bentuk lahan utama berupa struktural, vulkanik dan fluvial. Satuan bentuk lahan yang ada yaitu: dataran tinggi; dataran aluvial; dataran aluvial; gawir sesar;

dataran antar perbukitan; dan lereng gunungapi. Proses geomorfologi yang terjadi pada penampang melintang ke 3 ini sama dengan penampang 1 dan 2 yaitu sama-sama berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. Relief atau topografi pada penampang melintang 3 ini bervariasi dari bergelombang-berbukit, berbukit, hingga datar-bergelombang. Adapun bentuk lerengnya juga sangat bervariasi yang terdiri dari datar, terjal-cekung, cembung-cekung, dan terjal-lurus. Berdasarkan dari penampang melintang tersebut dapat dianalisa juga intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari: sedang/buruk-tergenang berkala/sering tergenang; baik/ sedang-tidak pernah tergenang/tergenang berkala; dan baik-tidak pernah tergenang. Pola aliran pada penampang melintang nomer 3 ini berupa konstruksional (dendritik-paralel), destruksional (paralel), dan destruksional(trelis). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas).

Vegetasi alami atau tutupan lahan pada area penampang melintang nomor 3 terklasifikasikan menjadi lahan basah, vegetasi kerapatan rendah, dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang nomor 3 berupa Qv (breksi gunungapi), Tomh (formasi hulusingampang), Tomh (formasi hulusingampang), Qvh (satuan batuan gunungapi andesit-basalt batuan hulusing), Qtm (formasi maur), Kgd (granodiorit), Qvh (satuan batuan gunungapi andesit-basalt batuan hulusing), Tmba (formasi bal), Tmpl (formasi lakitan), Tmpm (formasi muaraenim) dan Qtk (formasi kasai). Untuk material penyusun/litologi terdiri dari Lava, breksi gunungapi, tuff, terrubah, bersusunan andesit sampai basalt dengan tebal mencapai 700m, batu lempung, serpih berkarbon, batu pasir tufan berbatu apung dengan tebal tebal 25m, breksi gunungapi epiklastik dengan sisipan batu pasir gunungapi epiklastik bersusunan dasit dengan tebal 300m, dan batu pasir tufan dengan sisipan lignit. Penggunaan lahan disepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Ditinjau dari karakteristik/ jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang 3 ini berupa aluvial, latosol, litosol, podsol, dan organosol atau tanah gambut.

Penampang melintang nomer 4 pada **Gambar 10** menunjukkan variasi karakter medan dengan bentuk lahan utama berupa fluvial, struktural dan vulkanik. Satuan bentuk lahan yang ada yaitu: dataran tinggi; dataran aluvial; gawir sesar; dan lereng gunungapi. Proses geomorfologi yang terjadi pada penampang melintang ke 4 ini sama dengan penampang melintang sebelumnya yaitu sama-sama berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. Relief atau topografi pada penampang melintang nomer 4 ini

bervariasi dari berbukit hingga datar dan bergelombang. Adapun bentuk lerengnya terdiri dari datar dan terjal-lurus.



Gambar 10. Karakteristik Medan dalam Sekuen Medan Penampang Melintang 4.

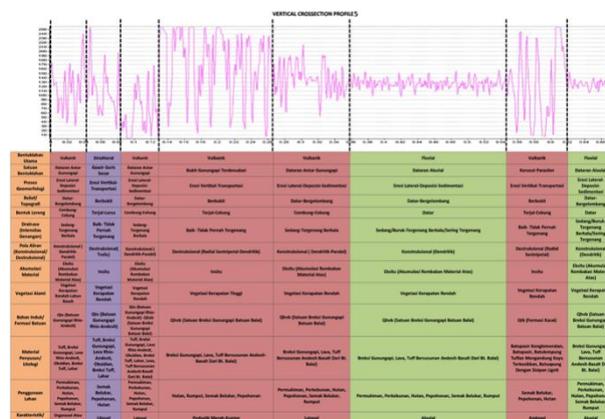
Berdasarkan dari penampang melintang tersebut dapat dianalisa juga intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari: sedang/buruk-tergenang berkala/sering tergenang; baik/ sedang-tidak pernah tergenang/tergenang berkala; dan baik-tidak pernah tergenang. Pola aliran pada penampang melintang nomor 4 ini berupa konstruksional (dendritik), konstruksional (dendritik-paralel), destruksional (paralel), dan destruksional (trelis). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas). Vegetasi alami atau tutupan lahan pada area penampang melintang nomer 4 terklasifikasikan menjadi vegetasi kerapatan rendah dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang nomor 4 ini terdiri dari: Qtb (formasi bintunan); Qv (breksi gunungapi); Tmps (formasi simpangaur); Qv (breksi gunungapi); Qtv (batuan gunungapi rhyo-andesit); Qvh (satuan batuan gunungapi andesit-basalt batuan hulusing); dan Qtm (formasi maur). Untuk material penyusun/litologi terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuff, lahar, konglomerat aneka bahan, breksi, batu gamping terumbu, batu lempung tufan, berbatu apung, kayu terkersikkan, batu pasir tufan, batu lempung mengandung moluska dengan sisipan lignit, lava rhyo-andesit, obsidian, breksi tuff, lava bersusun andesit sampai basalt, breksi lahar dari Bt. Hulusing, Batu lempung, serpih berkarbon, dan batu pasir tufan berbatu apung tebal 25 m. Penggunaan lahan disepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Ditinjau dari karakteristik jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang 4 ini berupa mediteran merah-kuning (terrarosa), litosol dan podsol. Berdasarkan penampang melintang nomer 5 (**Gambar 11**) ditunjukkan variasi karakter medan dengan bentuk lahan utama berupa fluvial, struktural dan vulkanik. Satuan

bentuk lahan yang ada yaitu: dataran antar gunungapi; gawir garis sesar; bukit gunungapi terdenudasi; dataran aluvial; dan kerucut parasiter. Proses geomorfologi yang terjadi pada penampang melintang nomor ke 5 ini mirip dengan penampang melintang sebelumnya yaitu sama-sama berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. relief atau topografi pada penampang melintang nomor 5 ini bervariasi, terdiri dari datar, bergelombang, hingga berbukit. Adapun bentuk lerengnya terdiri dari datar, terjal-cekung, cembung-cekung, dan terjal-lurus. Berdasarkan dari penampang melintang tersebut dapat dianalisis juga intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari; sedang-tergenang berkala, sedang/buruk-tergenang berkala/sering tergenang, dan baik-tidak pernah tergenang. Jika dilihat dari pola alirannya, pada penampang melintang 4 ini terdapat konstruksional (dendritik), konstruksional (dendritik-paralel), destruksional (radial sentripetal-dendritik), destruksional (radial sentripetal) dan destruksional (trellis). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas).

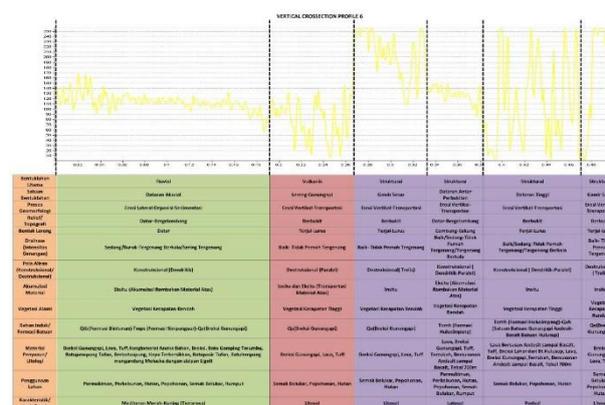
Vegetasi alami atau tutupan lahan pada area penampang melintang nomor 5 terklasifikasikan menjadi lahan basah, vegetasi kerapatan rendah dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang 5 berupa: Qtv (batuan gunungapi rhio-andesit); Qhvb (satuan breksi gunungapi batuan balai); Qtk (formasi kasai); dan Qtk (formasi kasai). Material penyusun/litologi terdiri dari tuff, breksi gunungapi, lava rhio-andesit, obsidian, breksi tuff, lahar, lava, tuff bersusunan andesit-basalt dari bt. balai, batu pasir konglomeratan, batu pasir, batu lempung tuffan mengandung kayu terkesikkan, dan batu apung dengan sisipan lignit. Penggunaan lahan disepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Karakteristik/jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang nomor 5 ini berupa organosol atau tanah gambut, latosol, litosol dan podsolik merah-kuning, aluvial dan andosol.

Variasi karakter medan pada penampang melintang nomor 6 (**Gambar 12**) ditunjukkan dengan terdapatnya bentuk lahan utama berupa fluvial, struktural dan vulkanik. Satuan bentuk lahan yang ada yaitu: dataran aluvial; dataran antar gunungapi; gawir sesar; dataran antar perbukitan; lereng gunungapi; dan dataran tinggi. Proses geomorfologi yang terjadi pada penampang melintang ke 6 ini mirip dengan penampang melintang sebelumnya yaitu berupa erosi vertikal-transportasi dan erosi lateral-deposisi-sedimentasi. Relief atau topogarf pada penampang melintang 6 ini terdiri dari berbukit, bergelombang hingga datar. Bentuk lereng terdiri dari datar, cembung-cekung, dan terjal-lurus. Dari penampang melintang

tersebut dapat dianalisa intensitas genangan atau drainasenya yang terdiri dari: sedang-tergenang berkala; sedang/buruk-tergenang berkala/sering tergenang; baik/sedang-tidak pernah tergenang/tergenang berkala; dan baik-tidak pernah tergenang. Jika dilihat dari pola alirannya, pada penampang melintang ini terdapat pola aliran konstruksional (dendritik), destruksional (paralel) destruksional (trellis), dan konstruksional (dendritik-paralel). Akumulasi material terdiri dari insitu dan eksitu (akumulasi rombakan material atas).



Gambar 11. Karakteristik Medan dalam Sekuen Medan Penampang Melintang 5.



Gambar 12. Karakteristik medan dalam sekuen medan penampang melintang 6.

Vegetasi alami atau tutupan lahan yang terdapat pada area penampang melintang nomor 6 ini dapat diklasifikasikan menjadi vegetasi kerapatan rendah dan vegetasi dengan kerapatan tinggi. Bahan induk atau formasi batuan pada area penampang melintang 6 berupa Qtb (formasi bintunan), Tmps (formasi simpangaur), Qv (breksi gunungapi), Tomh (formasi hulu-simpang), dan Qvh (satuan batuan gunungapi andesit-basalt batuan hulusup). Material penyusun/litologi terdiri dari breksi gunungapi, lava, tuff, konglomerat aneka bahan, breksi, batu gamping terumbu, batu lempung tufan, berbatu apung, kayu terkesikkan, batu pasir tufan, batu lempung mengandung moluska dengan sisipan lignit, terrubah, bersusunan andesit sampai basalt dengan tebal 700m, lava bersusunan andesit sampai basalt, breksi lahar dari Bt.

Hulusup. Penggunaan lahan disepanjang penampang melintang ini didominasi berupa hutan, rumput, semak belukar, pepohonan, permukiman, dan perkebunan. Ditinjau dari karakteristiknya, jenis tanah yang ada di sepanjang penampang melintang nomer 6 ini berupa mediteran merah-kuning (terrassa), latosol, litosol dan podsol.

Peta *land system* sebagian wilayah Sumatera terdiri dari bentuklahan vulkanik, struktural dan fluvial. Bentuklahan vulkanik terdiri dari kaldera, kerucut gunungapi, lereng gunungapi, dataran fluviaovulkanik, dataran antar gunungapi, bukit gunungapi terdenudasi, dan kerucut parasiter. Bentuklahan struktural meliputi dataran tinggi, gawir sesar, dan gawir garis sesar, sedangkan bentuklahan fluvial berupa dataran antar perbukitan dan dataran aluvial. Proses geomorfologi yang dominan yaitu erosi vertikal dan transportasi pada bentuklahan vulkanik dan struktural, sedangkan deposisi material maupun sedimentasi berada pada bentuklahan fluvial.

Penggunaan lahan yang dominan yaitu hutan, semak belukar, perkebunan, rumput, dan permukiman. Pola aliran drainase tergolong baik dan jarang tergenang karena topografi yang berbukit hingga bergunung. Material penyusun di antaranya braksi gunungapi, lava, tuff bersusunan andesit-basalt, konglomerat aneka bahan, batu gamping terumbu, batu lempung tufan, berbatu apung, kayu terkersikkan, batu pasir tufan, batu lempung mengandung moluska dengan sisipan lignit. Adanya proses geomorfologi pada daerah kajian menimbulkan terbentuknya karakteristik tanah yang bervariasi, di antaranya adalah podsolik, podsolik merah-kuning, latosol dan litosol, mediteranian merah kuning, dan organosol. Secara kualitatif studi pendahuluan menggunakan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis untuk analisis medan skala tinjau sudah cukup baik untuk memenuhi kebutuhan studi keruangan. Namun untuk memenuhi standardisasi kelayakan hasil studi menggunakan metode penginderaan jauh dibutuhkan analisis lanjutan yang lebih detil khususnya terkait pengolahan citra untuk memperoleh standar akurasi yang lebih tinggi.

KESIMPULAN

Ekstraksi citra landsat 8 OLI (*Operational Land Imager*) dapat menghasilkan peta bentuk lahan dan penutup lahan. Ekstraksi Citra SRTM menghasilkan peta akumulasi aliran, peta arah aliran, dan peta aliran sungai guna memperoleh informasi kondisi hidrologi dari permukaan atau terrain. Peta arah aliran dan akumulasi air digunakan untuk mendapatkan informasi kondisi drainase. Peta geologi digunakan untuk menurunkan informasi mengenai jenis tanah. Metode sekuen medan yang terintegrasi dengan pemanfaatan penginderaan jauh dan sistem informasi geografis dapat

digunakan untuk studi pendahuluan guna mengetahui karakteristik medan di sebagian Provinsi Sumatera Selatan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Drs. Projo Danoedoro, M.Sc., Ph.D. selaku Dosen pengampu mata kuliah Penginderaan Jauh Analisis Medan serta Wirastuti Widyatmanti, Ph.D. selaku dosen pengampu mata praktikum Penginderaan Jauh Analisis Medan. Selain itu penulis mengucapkan terimakasih kepada Ratna Patmawati, S.Si. dan Nisfu Naharil Mufarikha, S.Si. atas bantuan dalam proses pengolahan citra.

DAFTAR PUSTAKA

- Acharya, T. D., Lee, D. H., Yang, I. T., & Lee, J. K. (2016). Identification of water bodies in a landsat 8 OLI image using a J48 decision tree. *Sensors (Switzerland)*, *16*(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/rs16071075>
- Alban, J. D. T., Connette, G. M., Oswald, P., & Webb, E. L. (2018). Combined Landsat and L-band SAR data improves land cover classification and change detection in dynamic tropical landscapes. *Remote Sensing*, *10*(2). <https://doi.org/10.3390/rs10020306>
- Ambodo, A. P. (2012). Aplikasi Penginderaan Jauh untuk Identifikasi Sebaran Batubara Permukaan di Kabupaten Muara Enim, Sumatera Selatan. *Jurnal Bumi Indonesia*, *1*(3).
- Andrew S. Goudie. (2003). Encyclopedia of Geomorphology. *The Taylor & Francis E-Library, New York*, *1*. <https://doi.org/10.4324/9780203381137>
- Arsy, R. F. (2010). Metode Survei Deskriptif untuk Mengkaji Kemampuan Interpretasi Citra pada Mahasiswa Pendidikan Geografi FKIP Universitas Tadulako. *FKIP Universitas Tadulako*, 62–72.
- Bemmelen, R. W., Van, R. W., & Bouter, E. A. de. (1970). The geology of Indonesia. In M. Nijhoff (Ed.) (2nd ed.). The Hague.
- Bresnahan, P. C. (2011). *Geolocation Accuracy Evaluations of WorldView-1 and WorldView-2. National Geospatial Intelligence Agency*.
- Bruin, S., Wielemaker, W. G., & Molenaar, M. (1999). *Formalisation of soil-landscape knowledge through interactive hierarchical disaggregation. Geoderma* (Vol. 91). [https://doi.org/10.1016/S0016-7061\(99\)00004-X](https://doi.org/10.1016/S0016-7061(99)00004-X)
- Dolloff, J. T., & Theiss, H. J. (2014). The Specification And Validation Of Predicted Accuracy Capabilities For Commercial Satellite Imagery. In *ASPRS 2014 Annual Conference*.
- Duantari, N., & Cahyono, B. (2017). Analisis Perbandingan DTM (Digital Terrain Ranging) dan Foto Udara dalam Pembuatan Kontur Peta Rupa Bumi Indonesia. *Jurnal Teknik ITS*, *6*(2), 2337–3520 (2301–928X Print).
- Iskandar, D. (2008). Teknik Pemrosesan Citra Digital ASTER Untuk Kajian Geomorfologi Studi Kasus di Sebagian Daerah Istimewa Yogyakarta. In *PIT MAPIN XVII*. Bandung.

- Marfai, M.A, Sarastika,T., Trihatmoko,E., Rahantan,S., Sarihati,P., & Suriadi. (2018) Kajian Daya Dukung dan Ekosistem Pulau Kecil Studi Kasus Pulau Pari.Gadjah Mada University Press. ISBN : 987-602-386-163-7
- Martiana, Dani Nur; Prasetyo, Yudo; dan Wijaya, Awan Putra (2017). Analisis Akurasi Dtm Terhadap Penggunaan Data Point Clouds Dari Foto Udara Dan Las Lidar Berbasis Metode Penapisan Slope Based Filtering Dan Algoritma Macro Terrasolid. *Jurnal Geodesi Undip*, 6, 293–302.
- Priyono, Kuswaji Dwi. (2008). Integrasi Analisis Model Medan Digital dan Pedogeomorfik untuk Identifikasi Kejadian Bencana Longsorlahan. *Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah*.
- Phiri, D., & Morgenroth, J. (2017). Developments in Landsat land cover classification methods: A review. *Remote Sensing*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/rs9090967>
- Pimple, U., Sitthi, A., Simonetti, D., Pungkul, S., Leadprathom, K., & Chidthaisong, A. (2017). Topographic correction of Landsat TM-5 and Landsat OLI-8 imagery to improve the performance of forest classification in the mountainous terrain of Northeast Thailand. *Sustainability (Switzerland)*, 9(2), 1–26. <https://doi.org/10.3390/su9020258>
- Prabowo, I. A., & Isnawan, D. (2017). Identifikasi Bentuk lahan Berdasarkan Data Citra Penginderaan Jauh : Studi Kasus di Dome Kulonprogo. *Jurnal Geografi*, 313–321.
- Hidayat, Pratama Irfan ; Subiyanto, Sawitri; dan Santoso, Bandi (2016). Analisis Kualitas DEM Dengan Membandingkan Metode Orthorektifikasi Memakai Citra Resolusi Tinggi (Studi Kasus: Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*, 5, 22–31.
- Raharjo, P. D. (2010). Penggunaan Data Penginderaan Jauh dalam Analisis Bentuk Lahan Asal Proses Fluvial di Wilayah Karangsembung. *Jurnal Geografi*, 7(2), 146–152.
- Richter, R., Kellenberger, T., & Kaufmann, H. (2009). Comparison of topographic correction methods. *Remote Sensing*, 1(3), 184–196. <https://doi.org/10.3390/rs1030184>
- Smith, M. ., & Pain, C. . (2009). Applications of remote sensing in geomorphology. *Sage Journals*, 33(4), 568–582. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/0309133309346648>
- Sola, I., González-Audicana, M., & Álvarez-Mozos, J. (2016). The added value of stratified topographic correction of multispectral images. *Remote Sensing*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/rs8020131>
- Storey, J., Choate, M., & Lee, K. (2014). Landsat 8 Operational Land Imager On-Orbit Geometric Calibration and Performance. *Remote Sensing*, 6(3), 11127–11152. <https://doi.org/10.3390/rs6111127>
- Susetyo, D. B., & Perdana, A. P. (2017). Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Uji Ketelitian Digital Surface Model (DSM) sebagai Data Dasar dalam Pembentukan Kontur Peta Rupabumi Indonesia (RBI). In *Seminar Penginderaan jauh 2015* (pp. 299–306).
- Sutanto, S. (1986). *Penginderaan Jauh Jilid I*. Yogyakarta: Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada.
- Thornbury, T. (1970). *Principle Of Geomorfologi*. New York: John Willey and Sons, INC.
- Tufaila, M., Karim, J., & Syamsu Alam. (2012). Pemanfaatan Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Pemetaan Bentuklahan di Das Moramo. *Agroteknos*, 2(1), 9–20.
- Verstappen, H. T. (1983). *Applied geomorphology: geomorphological surveys for environmental development*. Amsterdam: Elsevier.
- Voudouris, K. S., Christodoulakos, Y., Steiakakis, E., & Angelakis, A. N. (2013). Hydrogeological characteristics of hellenic aqueducts-like qanats. *Water (Switzerland)*, 5(3), 1326–1345. <https://doi.org/10.3390/w5031326>
- Wu, Q., Jin, Y., & Fan, H. (2018). Evaluating and comparing performances of topographic correction methods based on multi- source DEMs and Landsat-8 OLI data. *International Journal of Remote Sensing*, 37(19), 4712–4730. <https://doi.org/10.1080/01431161.2016.1222101>
- Zuidam, R. A. (1979). Terrain analysis and classification using aerial photographs: a geomorphological approach ((No. 526.9, p. 310). Enschede, The Netherlands.

GEOMATIKA
VOLUME 24 TAHUN 2018

Indeks Penulis

A

A.D. Mauluda, 23
Acep Handyarso, 23
Akhmad Riqqi, 13
Andriyana Lailissaum, 77
Arief Erman Effendi, 13
Ayu Nur Safi'i, 89

B

Bandi Sasmito, 89
Bangun Muljo S, 33
Bau Asseng, 1

D

Danang Budi Susetyo, 99
Djurdjani, 41

E

Eli Juniati, 49
Erlyna Nour Arrofiqoh, 61

F

Fanny Zafira Mukti, 41

H

Harintaka, 41, 49, 61
Helik Susilo, 69
Hendrata Wibisana, 33

Heratania Aprilia Setyowati, 107
Herjuno Gularso, 99

I

I Made Andi Arsana, 69

J

Jesika Taradini, 13

M

Mochammad Awaludin, 89
Mohamad Nor Said, 1
Muhammad Hidayawan Nur Lail, 89

R

Ratna Nurani, 107

S

Sidik Tri Wibowo, 89
Sigit Heru Murti Budi Santosa, 107

U

Umboro Lasminto, 33

Z

Zulkarnain Abdul Rahman, 1

GEOMATIKA
Volume 24 Tahun 2018

Indeks Subjek

- A**
Akurasi, 51, 52, 57, 58, 61, 62, 65, 66, 67, 99, 100, 102, 103, 104, 105, 106, 109, 115, 116
Analisis Medan, 107, 109, 115
- B**
Batas Zee, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75
Batas Wilayah, 71, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88
Blok Sunda, 89, 95, 96, 97
- C**
Citra Aqua Modis, 33, 36, 37, 40
Citra Resolusi Tinggi, 61, 62, 65, 67, 116
Convolutional Neural Network, 61, 62, 68
- D**
Deep Learning, 61, 62, 68
Deformasi, 89, 90, 97
Dekonvolusi Euler, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31
Desa, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88
Desa Persiapan, 77, 78, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 87
Determinant Factors, 1, 3, 5, 7, 9
Digital Building Model (DBM), 49, 51, 52
Direct Geofencing, 99, 100, 103, 105, 106
- E**
Estimasi Kedalaman Sumber, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30
- F**
Foto Udara, 51, 52, 53, 54, 55, 57, 58, 61, 62, 64, 65, 67, 99, 100, 101, 102, 105, 106, 115, 116
Fusi DEM, 41, 43, 44, 48
- G**
Gayaberat, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30
Geospasial, 49, 50, 52, 69, 70, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 88, 89, 90, 97, 99, 102, 103, 105
- I**
Integrasi, 41, 42
- Inversi Gayaberat, 23, 25
Image Matching, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 106
- K**
Karakteristik Medan, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115
Kecepatan, 89, 90, 94, 95, 96, 97
Kelas, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 44, 49
Klasifikasi, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 107, 108, 109, 111
Kualitas Data Geospasial, 13, 14, 15, 16, 19, 20, 21
- L**
Laut China Selatan, 69, 72, 75
LiDAR, 49, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 106, 116
LOSC 1982, 69, 70, 72, 73, 74, 75
- M**
Model Elevasi Digital, 41, 42
Model Matematis, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39
Mogoi, 23, 24, 25, 27, 28, 29, 30
Mosaik, 41, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50
Model Ketinggian, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59
- S**
Sekuen Medan, 107, 109, 111, 112, 113, 114, 115
SIG, 107, 109
Spatial Data Sharing, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9, 10, 11
Suhu Permukaan Laut, 33, 34, 35, 36, 39, 40
- T**
Titik Ikat Global, 89, 90, 91, 93, 95, 96
Titik Ikat Regional, 89, 90, 91, 93, 96
- P**
Partial Least Square, 1, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11
Pembuatan *true-orthophoto*, 49, 51, 53, 57
Penetapan, 70, 71
Penginderaan Jauh, 33, 34, 50, 62, 106, 107, 108, 109, 115, 116
Peta Dasar, 13, 14, 16, 17, 19, 20, 41, 50
Peta NKRI, 69, 70, 73, 74, 75

UCAPAN TERIMA KASIH
KEPADA MITRA BESTARI GEOMATIKA
VOLUME 24 TAHUN 2018

1. Prof. Bangun Mulyo Sukojo
2. Dr. Heri Sutanta
3. Dr. Akhmad Riqqi
4. Dr. Nurrohmat Widjajanti
5. Dr. Ira Mutiara
6. Dr. Jonson Lumban Gaol
7. Dr. Leni Sophia
8. Dr. Yudho Prasetyo
9. Dr. Agustan
10. Dr. Abdul Basith
11. Dr. Ir. Dina Anggreni Sarsito
12. Prof. Sobar Sutisna
13. Dr. I Made Andi Arsana
14. Prof. Fahmi Amhar
15. Dr. Sumaryo
16. Dr. Harintaka
17. Dr. Catur Aries

PEDOMAN PENULISAN GEOMATIKA

Geomatika adalah publikasi ilmiah melalui proses review yang diterbitkan oleh Badan Informasi Geospasial bekerja sama dengan Masyarakat Ahli Penginderaan jauh Indonesia (MAPIN). Majalah ini berisi tulisan ilmiah dan kajian literatur tentang pengumpulan, pengolahan dan analisis data tentang informasi geospasial tematik serta tema lain yang terkait.

Persyaratan umum naskah adalah merupakan naskah asli hasil karya penulis, belum pernah dipublikasikan sebelumnya, tidak sedang dalam proses publikasi di jurnal lain, ditulis sesuai format yang telah ditentukan. Naskah yang masuk akan ditelaah oleh Mitra bestari dan dewan redaksi. Dewan redaksi berhak mengedit tulisan dalam hal gaya penulisan, format dan kejelasan kalimat serta memutuskan apakah naskah dapat diterbitkan atau tidak.

Redaksi menerima naskah yang sesuai dengan scope untuk dipublikasikan dalam majalah ilmiah ini. Naskah hendaknya dikirim ke:

Sekretariat Redaksi Geomatika

Pusat Penelitian Promosi dan Kerja Sama, Badan Informasi Geospasial
Jl. Raya Jakarta Bogor Km. 46 Cibinong Jawa Barat 16911
Telp. 021-87906041 Fax 021-87906041
Website: <http://jurnal.big.go.id/index.php/GM/index>
E-mail : jurnal.geomatika@big.go.id, jurnalgeomatika@gmail.com

Pengajuan naskah

Penulis harus mengirimkan naskah melalui e-journal dengan terlebih dahulu mendaftarkan diri sebagai Author dan login melalui website <http://jurnal.big.go.id/index.php/GL/index>

Penulisan naskah

Naskah dapat ditulis dalam Bahasa Indonesia maupun Bahasa Inggris. Naskah diketik dalam Microsoft Word dengan 1 kolom untuk abstrak dan 2 kolom untuk isi. Ukuran kertas A4. Jenis huruf untuk seluruh ISI tulisan menggunakan Tahoma 10pt dan spasi (line spacing) 1. Panjang naskah terdiri dari 8-12 halaman (halaman harus genap) termasuk tabel dan gambar serta maksimal ukuran file setiap naskah tidak lebih dari 10Mb.

Sistematika Penulisan

Template penulisan naskah secara lengkap dapat diunduh melalui website Jurnal Geomatika.

Kerangka tulisan disusun dengan urutan sebagai berikut: Judul, Identitas Penulis, Afiliasi, Abstrak, Kata Kunci, Pendahuluan, Metode, Hasil dan Pembahasan, Kesimpulan, Ucapan Terima Kasih, dan Daftar Pustaka.

Judul harus akurat, jelas, spesifik. Judul utama ditulis dengan huruf kapital, sedangkan sub judul menggunakan huruf kecil dengan huruf besar di setiap awal kata. Judul dibuat dalam 2 bahasa (Indonesia dan Inggris), apabila tulisan dalam bahasa Indonesia, maka judul dalam Bahasa Inggris ditulis dalam tanda kurung dengan huruf Tahoma 12 pointmiring.

Identitas Penulis ditulis secara lengkap tanpa disingkat, tanpa gelar dan jabatan profesional.

Afiliasi penulis meliputi: nama departemen/unit, nama universitas/nama instansi, alamat, kota, kode pos, negara. Penulis korespondensi (termasuk alamat e-mail) ditulis dengan menambahkan tandasuperscript setelah nama. Bila penulis memiliki afiliasi yang berbeda, diberikan kode nomor berbeda di akhir nama penulis dengan format superscript. Bila semua penulis memiliki afiliasi/instansi yang sama, kode nomor tidak perlu dituliskan.

Abstrak memberikan pengantar singkat disertai masalah, tujuan, metode, ringkasan hasil serta kesimpulan penelitian, ditulis dalam satu paragraf dalam 1 kolom maksimal 250 kata. Abstrak dibuat dalam 2 bahasa. Apabila naskah dalam Bahasa Indonesia, maka abstrak dengan Bahasa Indonesia ditulis terlebih dahulu kemudian abstrak dalam Basaha Inggirs dan sebaliknya.

Kata Kunci/ Keyword minimal 3 kata atau frasa dipisahkan dengan tanda koma yang menunjukkan subjek-subjek utama di dalam naskah.

Isi tulisan dimulai dari PENDAHULUAN, METODE, HASIL DAN PEMBAHASAN, KESIMPULAN, UCAPAN TERIMA KASIH DAN DAFTAR PUSTAKA. Isi tulisan dibuat dengan 2 kolom dengan huruf Tahoma10pt.

Tabel dibuat ringkas dan diberi judul yang singkat tetapi jelas hanya menyajikan data esensial dan mudah dipahami. Tabel diberi catatan secukupnya, termasuk sumbernya. Setiap tabel diberi nomor secara berurutan dan diulas di dalam naskah. Untuk tabel yang ukurannya melebihi satu kolom, maka dapat menempati area dua kolom.

Gambar, Grafik dan Foto harus tajam dan jelas agar cetakan berkualitas baik. Semua simbol di dalamnya harus dijelaskan. Gambar, grafik dan foto memiliki kedalaman minimal 300 dpi. Gunakan textbox untuk menyisipkan gambar. File gambar asli mohon disertakan pada lampiran terpisah (supplementary file).

Kesimpulan simpulan harus menjawab tujuan penelitian dan disusun dalam bentuk narasi dan bukan pointer.

Ucapan terima kasih ucapan terima kasih wajib dituliskan penulis, ditujukan kepada pihak-pihak yang membantu penulis dalam melakukan penelitian misalnya pemberi data atau pemberi dana.

Daftar Pustaka Referensi hendaknya dari sumber yang jelas dan terpercaya, minimal berjumlah 10 referensi. Setiap referensi yang tercantum dalam daftar pustaka harus dikutip (disitir) pada naskah dan sebaliknya setiap kutipan harus tercantum dalam daftar pustaka. Referensi primer harus lebih dari 80% dan diterbitkan dalam 5 tahun terakhir. Referensi yang dicantumkan dalam naskah mengikuti pola baku dengan disusun menurut abjad berdasarkan nama (keluarga) penulis pertama dan tahun publikasi, dengan sistem sitasi American Physiological Association 6th Edition. Setiap artikel yang dikirimkan ke Geomatika harus menggunakan perangkat lunak pengelolaan referensi (reference management software) yang mendukung Citation Style Languages seperti Mendeley, Zotero, EndNote dan lainnya.

Contoh penulisan di dalam Daftar Pustaka adalah sebagai berikut:

Aziz, N. (2006). Analisis Ekonomi Alternatif Pengelolaan Ekosistem Mangrove di Kecamatan Barru, Kabupaten Barru. Universitas Diponegoro.

(Contoh referensi **Skripsi/Tesis/Disertasi**)

Brown, S. (1997). Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. Retrieved September 17, 2007, from <http://cdm.unfccc.int/Panels/ar>.

(Contoh referensi **Naskah Online**)

Danoedoro, P. (2009). Land-use Information from the Satellite Imagery: Versatility and Contents for Local Physical Planning. Queensland: LAP Lambert Acad. Publisher.

(Contoh referensi dalam **Buku**)

Indonesia, R. Undang-undang No. 4 tentang Informasi Geospasial (2011).

(Contoh referensi dalam **Undang-undang**)

Neumeyer, J. (2010). Superconducting Gravimetry. In G. Xu (Ed.), Sciences of Geodesy - I (pp.

340–406). Springer-Verlag Berlin Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-11741-1>

(Contoh referensi **bagian dari Buku**)

Othman, A., & Gloaguen, R. (2013). River Courses Affected by Landslides and Implications for Hazard Assessment: A High Resolution Remote Sensing Case Study in NE Iraq–W Iran. *Remote Sensing*, 5(3), 1024–1044.

(Contoh referensi **Artikel dalam Jurnal**)

Setiawan, I. B. (1999). Studies on environmental change and sustainable development of Cidanau Watershed. In *International Workshop on Sustainable Resources Management of Cidanau Watershed* (p. 235). Bogor.

(Contoh referensi dalam **Naskah Prosiding**)

Catatan :

- **Pustaka berupa diktat kuliah, bahan presentasi, dan dokumentasi perseorangan yang belum dipublikasi resmi tidak diperkenankan untuk digunakan/ dicantumkan**

Sekretariat

Badan Informasi Geospasial

Jl. Raya Jakarta-Bogor, Km. 46 Cibinong

Kabupaten Bogor, Jawa Barat, 16911, Indonesia

Telp. 021-8752062 fax. 021-8752064

e-mail: jurnalgeomatika@gmail.com

Homepage: jurnal.big.go.id/index.php/GM

p-ISSN 0854-2759



0854 2759