



KAJIAN PROSEDUR PEMBUATAN AUTOMATIC DEM (DIGITAL ELEVATION MODEL) MENGGUNAKAN CITRA SATELIT PLEIADES (STUDI KASUS KOTA BANDUNG - JAWA BARAT)

Dian Ika Aryani¹, Agung Budi Harto², Budhy Soeksmantono³

¹Magister Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika, Institut Teknologi Bandung

^{2,3}Peneliti Kelompok Keahlian Inderaja dan Sistem Informasi Geografi, ITB

dian.haebaragi@gmail.com, abh.geodesi@gmail.com, budhy4771@gmail.com

ABSTRACT

The topographic maps can be derived from Digital Elevation Model (DEM), which can be obtained from satellite imagery data extraction. This result might be achieved by using a Very High-Resolution Satellites (VHRS) Imagery, such as Pleiades Satellite. The main objective of this research is to review the procedures of Automatic DEM Extraction in order to obtain minimum error. The systematic implementations of this research are modeling the sensor, generating automatic tie point and performing automatic DEM extraction. The results of DEM extraction can be either point cloud data or mesh data which are verified by comparing the reference data. This is lead to acquire pairing combination of Pleiades imagery data which has the smallest error value among all of them. The comparison showed that the tri stereo pairing combination of the DEM extraction model has a lower accuracy than the backward – nadir pairing combination.

Keywords: Digital Elevation Model, the Pleiades, DEM Automated, RFM, RPC, Tri Stereo

ABSTRAK

Peta topografi dapat diturunkan dari data *Digital Elevation Model* (DEM). Data DEM dapat diperoleh dari ekstraksi data citra Satelit Pleiades. Tujuan dari penelitian ini adalah mengkaji prosedur dalam pembuatan DEM secara otomatis sehingga menghasilkan DEM yang mempunyai error paling kecil. Tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diantaranya melakukan pemodelan sensor, melakukan generate tie point secara otomatis, kemudian melakukan ekstraksi DEM secara otomatis. Hasil ekstraksi DEM berupa data point cloud dan data mesh yang kemudian diuji dengan membandingkan dengan data model referensi untuk dicari kombinasi data citra Pleiades mana yang mempunyai nilai error paling kecil diantara semuanya. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa kombinasi citra tri-stereo dalam ekstraksi model DEM memiliki tingkat keakuratan yang lebih rendah daripada konfigurasi pairing citra backward – nadir.

Kata Kunci: Digital Elevation Model, Pleiades, DEM Otomatis, RPC, Tri-Stereo

PENDAHULUAN

Informasi Geospasial diperlukan sebagai bahan dasar pertimbangan pengambilan keputusan dalam pembangunan, baik penataan ruang/wilayah, kebencanaan, pengelolaan sumberdaya alam, sumberdaya manusia, dan sumberdaya lainnya. Di dalam Pasal 22 UU No 4 / 2011

mengatur bahwa Badan Informasi Geospasial (BIG) bertanggung jawab dalam penyelenggaraan Informasi Geospasial Dasar (IGD). Salah satu produk dari IGD adalah Peta Topografi. BIG dituntut untuk menyediakan peta topografi dalam berbagai skala untuk seluruh wilayah Indonesia. Kebutuhan peta topografi skala besar dalam jumlah

yang besar dan dalam waktu yang singkat merupakan sebuah tantangan tersendiri. Peta topografi dapat diturunkan dari data DEM.

Data DEM dapat diperoleh dari ekstraksi data citra satelit. Penggunaan citra satelit beresolusi tinggi menjadi salah satu alternatif untuk mendapatkan produk peta skala besar dalam waktu singkat. Dengan kapasitas kemampuan yang dimiliki oleh Satelit Pleiades kemudian menjadi salah satu alternatif pilihan yang dapat dipertimbangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji prosedur dalam pembuatan DEM secara otomatis sehingga dapat menghasilkan DEM yang mempunyai error paling kecil.

Digital Elevation Model (DEM) dapat digunakan dalam berbagai macam aplikasi, misalnya telekomunikasi, navigasi, manajemen bencana, perencanaan sipil, orthorektifikasi citra satelit dan *airbone*. DEM dapat diperoleh melalui berbagai macam teknik seperti stereo fotogrametri dari survey foto udara, LiDAR, IFSAR, dan survey pemetaan. Metode lain yang dapat digunakan dalam pembuatan DEM misalnya RTK-GPS, block adjustment dari citra satelit dan peta topografi. (Wan Mohd, 2014).

Seiring berkembangnya teknologi satelit, ekstraksi DEM juga dapat dilakukan langsung dengan menggunakan citra satelit. Proses ekstraksi dapat dilakukan secara otomatis ataupun manual. Menurut Trisakti (2007), informasi topografi yang bersumber dari data DEM dapat dihasilkan menggunakan citra satelit stereo. Citra stereo merupakan 2 (dua) atau lebih citra yang diambil dari sudut perekaman yang berbeda untuk lokasi yang sama di permukaan bumi. Kombinasi citra stereo tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan DEM dengan keakuratan yang baik dengan arti masih memenuhi

toleransi yang ada untuk memetakan permukaan bumi dalam skala 1:25.000 atau lebih besar. Penggunaan titik kontrol GCP akan membantu meningkatkan keakuratan orientasi satelit (Soeksmantono, 2015).

Satelit Pleiades

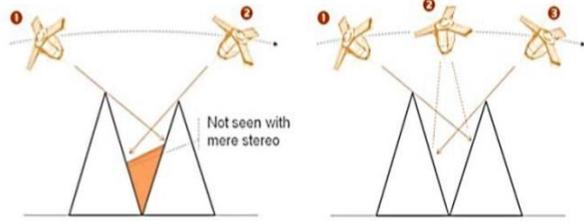
Pada tahun 2011, CNES (Center National d'Etudes Spatiales), badan dari negara Perancis mengembangkan satelit luar angkasa yang dapat menghasilkan citra dengan resolusi tinggi (*Very High Resolution Satellite Imagery*) atau selanjutnya dinamakan Pleiades. Satelit Pleiades dilengkapi dengan sensor CMG (Control Moment Gyroscope) sehingga mampu memaksimalkan cakupan luas area yang direkamnya dari 20 km - 120 km (Astrium, 2012). Pada band pankromatik citra satelit Pleiades ini memiliki resolusi spasial 0.5 m dan 2.8 m pada band multispektralnya.

Satelit Pleiades mampu merekam data secara tri-stereo. Perekaman data Tri-Stereo adalah kemampuan satelit untuk merekam suatu wilayah dari 3 (tiga) sudut pandang yang berbeda pada waktu yang hampir bersamaan. Dalam model 3D, data stereo ini hasilnya lebih akurat dari data citra satelit stereo biasa, dengan data dari titik nadir yang mengurangi resiko missing-hidden-object (Soeksmantono, 2015).

Adapun kelebihan dari tristereo adalah dapat mengambil area yang lebih besar dan mengolahnya ke dalam model 3D (lihat Gambar 1). Secara khusus, penelitian ini akan membahas mengenai langkah-langkah untuk melakukan ekstraksi DEM yang dihasilkan secara otomatis dari kombinasi stereo dan tristereo citra satelit Pleiades dengan menggunakan perangkat lunak LPS yang terintegrasi dengan perangkat lunak ERDAS Imagine 2013.

Metode Stereoplotting menggunakan teknik *Automatic Tie Point*

Generation digunakan untuk mempermudah proses Image Matching dan sebagai pendukung dalam proses pembuatan otomatisasi DEM ini.



Sumber: Astrium (2012)

Gambar 1. Pleiades data Tri-stereo

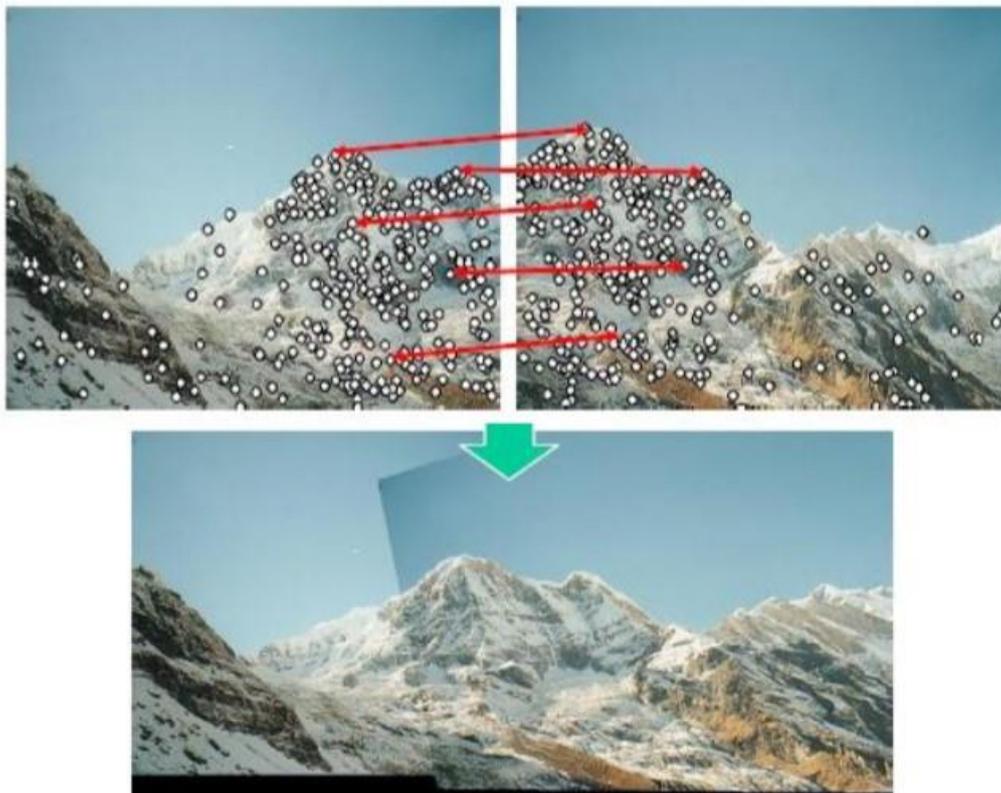
METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian digambarkan pada diagram alir yang ada pada Gambar 5. Penelitian diawali dengan memasukkan data input yang berupa 4 (empat) data citra Pleiades berupa, 1 (satu) data citra Pleiades tri-stereo dan 3 (tiga) data citra Pleiades stereo. Langkah selanjutnya proses koreksi geometrik yang dilakukan dengan melakukan proses orientasi citra. Orientasi citra adalah proses merekonstruksi posisi dan

orientasi sensor kamera satelit secara matematis dan geometris.

Dalam penelitian ini pemodelan sensor kamera satelit yang dilakukan adalah pemodelan secara generik. Pemodelan secara generik dilakukan dengan merepresentasikan transformasi antara dimensi objek di lapangan dan di citra dengan fungsi dan generik (Tao & Hu, 2001).

Metode yang digunakan dalam proses orientasi citra adalah RFM (Rational Function Model) (Rudianto, 2011). Dalam penelitian ini proses orientasi citra menggunakan parameter RPC dan data tie point baik yang diperoleh secara otomatis maupun yang diukur langsung di lapangan. Pada langkah pekerjaan orientasi citra diperlukan titik-titik yang well-defined points, yaitu titik-titik yang terlihat dengan jelas di citra dan dapat diidentifikasi dengan jelas di lapangan. Titik-titik tersebut kemudian diukur koordinatnya, menggunakan metode DGPS.



Gambar 3. Hasil dari proses Image Matching



Gambar 4. Footprint citra satelit Pleiades

Titik-titik yang well-defined dan sudah diukur koordinatnya disebut tie-point. Tie-point merupakan titiktitik yang koordinatnya digunakan untuk proses refinement orientasi citra, disebut Ground Control Point (GCP). Tie-point yang koordinatnya digunakan untuk cek lapangan, yaitu membandingkan koordinatnya dengan koordinat peta hasil refinement orientasi citra, disebut Independent Control Point (ICP) (Soetaat, 2015). Di dalam model RFM terdapat berbagai macam parameter (RPC, Rigid, atau Universal) yang dapat diperhalus atau diperbaiki menggunakan informasi tie-point tersebut.

Rational Function Model (RFM) digunakan untuk membangun hubungan geometrik antara dimensi objek di lapangan dan di citra. Informasi titik control digunakan dalam penelitian ini untuk memperbaiki RFM dengan menggunakan parameter RPC. Titik kontrol dimasukkan ke dalam citra melalui beberapa eksperimen untuk menentukan konfigurasi jumlah dan posisi distribusi GCP dan ICP. Proses selanjutnya adalah pembuatan tie point secara otomatis.

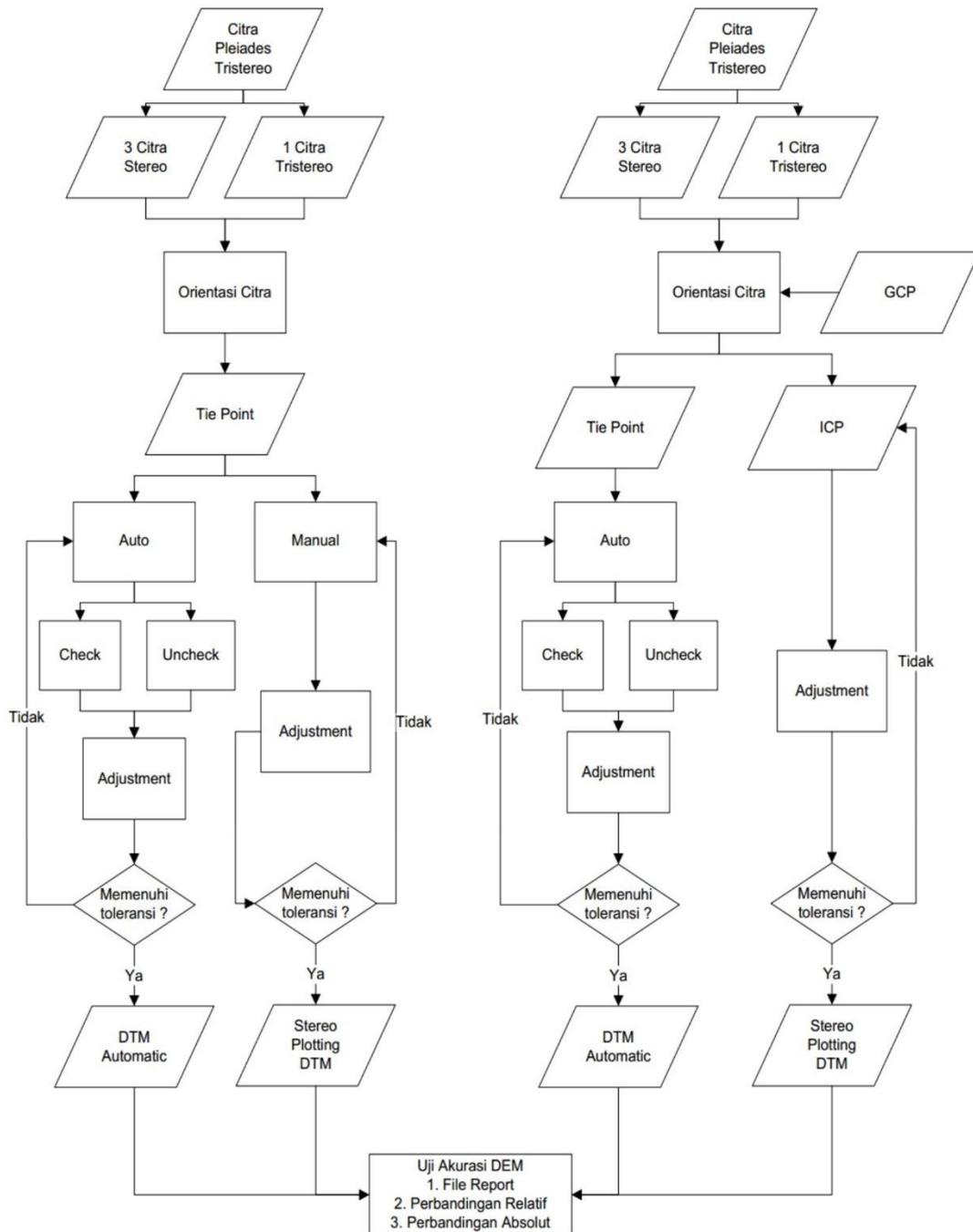
Automatic tie point generation dilakukan dengan mencocokkan objek yang sama (Image Matching) diantara 3 (tiga) citra Satelit Pleiades yang ada.

Semakin banyak tie point yang berhasil di-generate menandakan bahwa semakin banyak pula objek sama yang dapat diidentifikasi dari ketiga data citra Satelit Pleiades untuk kemudian dapat dihitung nilai RMS-nya. Kemudian proses ekstraksi DEM secara otomatis dapat dilakukan.

Proses ekstraksi DEM dilakukan dengan menghitung nilai elevasi pada objek tersebut pada kombinasi citra stereo dan tri-stereo yang berbeda. Proses ekstraksi DEM secara otomatis menggunakan software LPS yang terintegrasi dengan software ERDAS Imagine 2013. Hasil ekstraksi DEM data citra satelit Pleiades yang berupa data point cloud dan data mesh yang kemudian diuji dengan membandingkan model yang satu dengan yang lain dan mencari kombinasi data citra Pleiades mana yang mempunyai nilai Error paling kecil diantara semuanya. Dengan membandingkan antar model DEM tersebut diharapkan dapat terlihat pola Error, sehingga dapat ditentukan kombinasi data citra satelit mana yang paling baik dan bagus untuk pembuatan model DEM.

Data

Data yang digunakan sebagai bahan dalam penelitian ini antara lain, citra satelit Pleiades (Forward - Nadir - Backward), tie point (GCP, ICP, automatic tie point), DEM yang di-generate secara otomatis dengan menggunakan tie point dari citra Satelit Pleiades tri-stereo dan stereo, dan DEM yang di-generate secara otomatis dari citra Satelit Pleiades tri stereo dan stereo tanpa menggunakan tie point. Wilayah kajian pada penelitian ini adalah Kota Bandung (Gambar 4), dengan batas selatan adalah pusat kota dan batas utaranya berupa area yang curam. Luas areanya mencakup kurang lebih 110 km². Secara geografis lokasi terletak di $-60^{\circ} 50' 10.68''$ LS $107^{\circ} 34' 38.64''$ BT dan $-60^{\circ} 56' 10.32''$ LS $107^{\circ} 40' 17.40''$ BT.



Gambar 5. Diagram Alir Metode Penelitian

Rational Polynomial Coefficient (RPC)

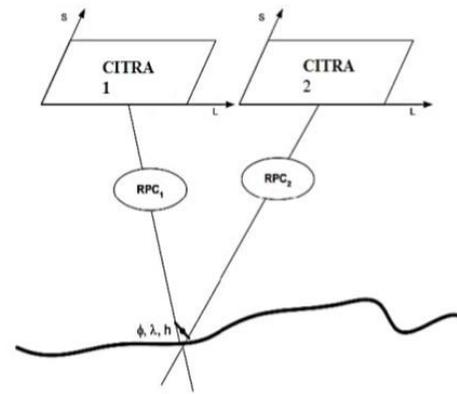
Pemodelan hubungan geometris direpresentasikan secara sistematis ke dalam suatu model sensor dengan menggunakan ratio fungsi-fungsi polinomial untuk menghubungkan secara matematis koordinat citra dan koordinat objek di lapangan. Pemodelan dengan menggunakan parameter fungsi polinomial tersebut dinamakan Rational Polynomial Coefficient (RPC), sedangkan bentuk general dari pemodelan tersebut

disebut Rational Function Model (RFM). RFM merupakan salah satu tipe pemodelan sensor secara generik, yang digunakan pada citra Satelit Pleiades.

Pemodelan sensor ini dilakukan untuk mendefinisikan hubungan geometrik antara objek di citra dan di lapangan dengan merepresentasikan transformasi antara dimensi objek di lapangan dan di citra dengan fungsi yang generik (Tao & Hu, 2001). RFM adalah model yang menggunakan rasio fungsi-

fungsi polinomial untuk menghubungkan secara matematis koordinat citra dan koordinat objek (Tao & Hu, 2001). Sebagai ilustrasi diberikan di Gambar 2.

Persamaan RFM dibentuk dari persamaan koordinat citra atau pixel (line, sample) yang didefinisikan sebagai rasio fungsi polinomial dari koordinat objek di tanah (φ, λ, h). Model matematika yang digunakan untuk orientasi satelit adalah RPC dengan bias removal yang dapat dilihat pada persamaan (1) dan affine refinement yang secara matematis dapat dilihat pada persamaan (2) (Kobzeva, 2004).



Gambar 2. Konsep pemodelan sensor menggunakan RFM5

RPC Adjustment: bias removal

$$\begin{aligned} line &= line_{RPC}(\varphi, \lambda, h) + a_0 \\ sample &= sample_{RPC}(\varphi, \lambda, h) + b_0 \dots (1) \end{aligned}$$

RPC Adjustment: affine refinement

$$\begin{aligned} line &= a_{line} \cdot line_{RPC} + a_{sample} \cdot sample_{RPC} + a_0 \\ sample &= b_{line} \cdot line_{RPC} + b_{sample} \cdot sample_{RPC} + b_0 \dots (2) \end{aligned}$$

Dengan

$$line_N = \frac{N_{line}(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}{D_{line}(\varphi_N, \lambda_N, h_N)} \dots (3.1)$$

$$sample_N = \frac{N_{sample}(\varphi_N, \lambda_N, h_N)}{D_{sample}(\varphi_N, \lambda_N, h_N)} \dots (3.2)$$

Di mana, line N dan sample N adalah nilai yang telah dinormalisasi dari baris dan kolom di dalam koordinat pixel pada citra, dan φ, λ, h adalah nilai koordinat objek di lapangan. Nilai-nilai koordinat citra dan nilai koordinat tanah terlebih dahulu dinormalisasi agar memperkecil error dan menjaga stabilitas penyelesaian persamaan. Normalisasi dilakukan dengan memberi nilai offset dan faktor skala. Nilai-nilai tersebut diperoleh menggunakan persamaan 3 (Kobzeva, 2004).

$$\begin{aligned} line_N &= \frac{line-offset_{line}}{scale_{line}}, sample_N = \frac{sample-offset_{sample}}{scale_{sample}} \\ \varphi_N &= \frac{\varphi-offset_{\varphi}}{scale_{\varphi}}, \lambda_N = \frac{\lambda-offset_{\lambda}}{scale_{\lambda}}, h_N = \frac{h-offset_h}{scale_h} \dots (3) \end{aligned}$$

Dengan menggunakan persamaan-persamaan tersebut ditambah dengan parameter-parameter RPC-nya, terbangun model matematik yang menjelaskan hubungan geometrik antara objek di citra dan di lapangan.

Image Matching

Metode Pencocokan Citra (Image Matching) merupakan metode yang digunakan dalam berbagai aplikasi pengolahan citra untuk keperluan otomatisasi proses. Metode pencocokan citra adalah menentukan seberapa mirip/sama bentuk objek baik secara

semantik maupun geometrik antara citra yang satu dengan citra yang lainnya. Pada fotogrametri, metode analog dan analitis proses pengolahan tersebut dilakukan secara manual, sementara pada sistem digital hal ini dapat dilakukan secara otomatis.

Pada literatur proses mencari entitas yang sesuai secara otomatis pada beberapa scene citra satelit disebut sebagai Image Matching/Pencocokan citra atau sebagai masalah korespondensi (Schenk, 1999 dalam Potuckova, 2004).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil RMS Error Triangulasi

Tabel 1. Nilai RMS Error Triangulasi

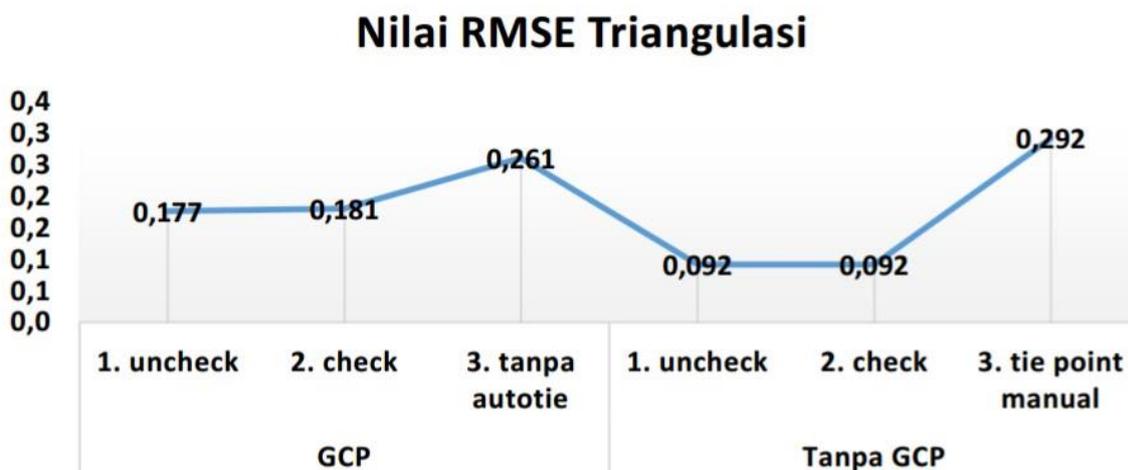
GCP	RMSE
1. Uncheck	0,177
2. Check	0,181
3. Tanpa autorie	0,261
Tanpa GCP	
1. Uncheck	0,092
2. Check	0,092
3. Tanpa autorie	0,292

Tabel 1 dan Gambar 6 menunjukkan bahwa pengolahan citra yang menggunakan titik kontrol GCP dan tie point memiliki nilai Error yang relatif lebih tinggi daripada yang tidak menggunakan titik kontrol GCP. Hal ini bukan berarti bahwa dengan nilai RMSE

yang lebih kecil itu berarti lebih teliti. Pengolahan citra yang memakai titik kontrol GCP mempunyai nilai RMS Error yang lebih besar karena nilai tersebut diukur dengan pengukuran absolut dimana titik-titik koordinat pada citra satelit yang telah dikoreksi menggunakan RPC di referensikan ke dalam titik-titik koordinat asli lapangan yang diukur dengan menggunakan pengukuran D-GPS, sehingga letak posisi koordinat citra sudah sesuai dengan keadaan di lapangan. Sedangkan pengolahan citra yang tidak menggunakan titik kontrol GCP mempunyai nilai RMS Error yang kecil karena nilai tersebut diukur dengan pengukuran relatif yang didapat dari hasil Automatic Tie Point Generation yang nilainya hanya dikoreksi dengan menggunakan RPC saja, tidak menggunakan titik kontrol asli di lapangan. Sehingga letak posisi koordinat citra masih ada sedikit perbedaan dengan keadaan di lapangan.

Hasil Ekstraksi DEM

Hasil *processing* Data Citra Pleiades yang diolah output-nya berupa data DEM Point Cloud. Data DEM ini terdiri atas jutaan point cloud atau titik-titik yang tersebar di seluruh area cakupan data citra yang masing-masing titiknya menginterpretasikan atau mewakili posisi suatu objek di lapangan.



Gambar 6. Grafik Nilai RMSE Triangulasi

Titik-titik tersebut berisi informasi koordinat X, Y dan informasi Z yang merupakan informasi ketinggian objek tersebut. Hasil ekstraksi otomatis data DEM yang berupa Point Cloud dapat dilihat pada Gambar 7. Area yang dapat direkam oleh Satelit Pleiades berukuran sangat luas, yaitu ± 100 km². Semakin luas area yang direkam, semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk melakukan processing data.

DEM Extraction Report

Informasi yang dapat diperoleh dari file DEM Extraction Report terdapat informasi Global Accuracy yang meliputi nilai Root Mean Square Error (RMSE), Nilai LE90 (Linear Error 90), dan Nilai Mean Error dari data ekstraksi DEM. Nilai dari informasi tersebut terangkum dalam Tabel 2.

Dari informasi Tabel 2, untuk mempermudah melihat dan melakukan analisa dapat dibuat tren grafik yang dilihat pada Gambar 8. Berdasarkan Gambar 8. dapat dilihat bahwa tren grafik mempunyai pola. Polanya adalah pada pairing citra Forward - Nadir nilai - nilai error, seperti nilai LE90, nilai RMS Error melonjak tajam hampir 3 (tiga) kali lipat daripada pairing citra yang lainnya. Dan itu berulang membentuk pola yang sama

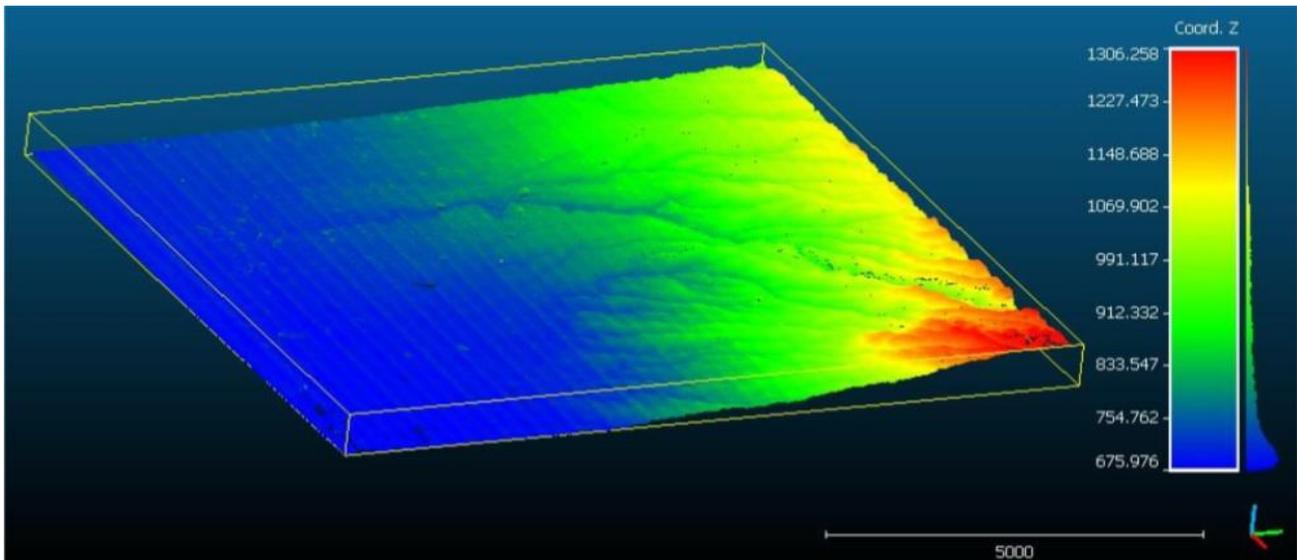
untuk pengolahan citra menggunakan titik kontrol GCP yang menggunakan tie point ataupun yang tidak menggunakan tie point.

Pada pairing citra kanan - tengah mempunyai nilai Error paling kecil, baik Nilai RMSE, Nilai LE90, dan Nilai Mean Error nya. Dan nilai Error paling besar dimiliki oleh pairing citra kiri - tengah. Untuk data DEM yang tidak menggunakan titik GCP dan titik ICP, informasi nilai - nilai Error seperti RMSE, LE90, Mean Error tidak tersedia. Hal ini dikarenakan tidak adanya titik kontrol yang bisa dijadikan sebagai *georeferencing* atau pemberian informasi referensi spasialnya. Hasil Perbandingan 2 (dua) Model DEM Secara Absolut Pengujian model secara absolut dilakukan dengan menggunakan data kontur skala 1:5.000 sebagai model referensinya. Proses perhitungan menggunakan ekstraksi model data Point Cloud sebagai model perbandingannya, sehingga perhitungan dilakukan antara data Mesh dengan data Point Cloud.

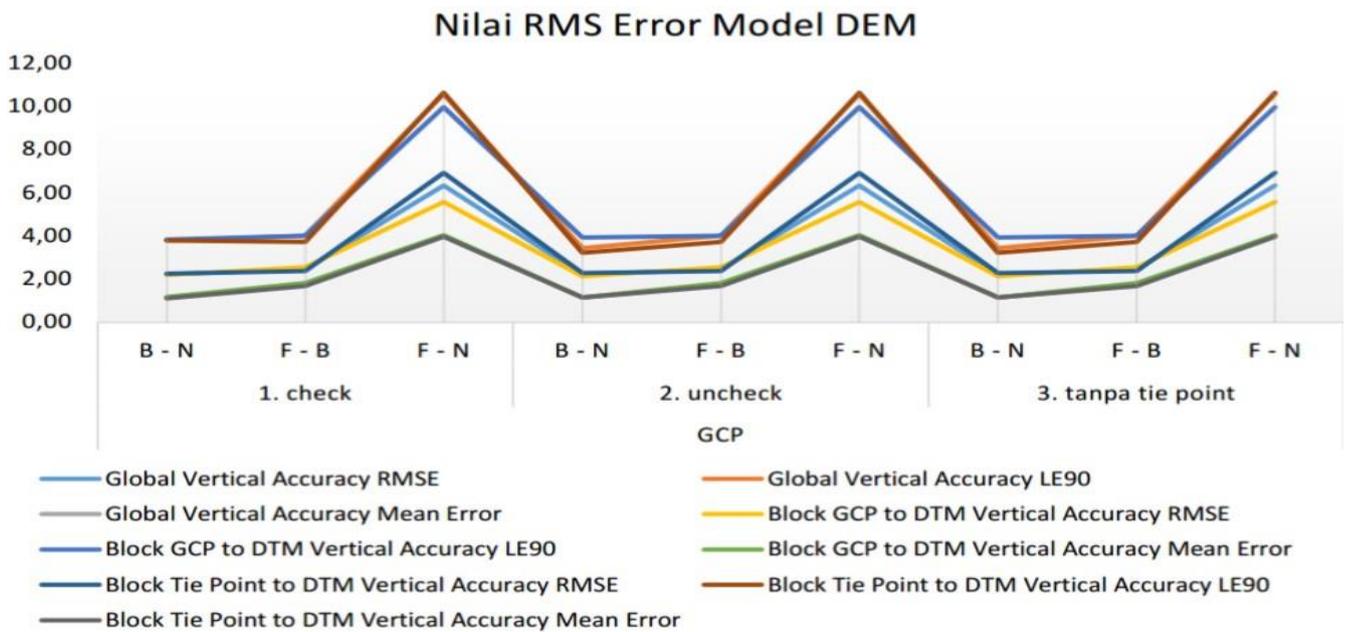
Hasil dari perhitungan perbandingan tersebut dapat dilihat melalui grafik yang ada pada Gambar 9 yang terdiri atas berbagai area resampling, seperti Area Campuran, Open Area dan Area Pemukiman.

Tabel 2. Nilai Error pada Model DEM

Nilai Error pada Model DEM										
GCP	Pairing Citra	Global Vertical Accuracy			Block GCP to DTM Vertical Accuracy			Block Tie point to DTM Vertical Accuracy		
		RMSE	LE90	Mean Error	RMSE	LE90	Mean Error	RMSE	LE90	Mean Error
1. check	B - N	2.2165	3.7775	1.1348	2.1849	3.8269	1.1745	2.243	3.7735	1.101
	F - B	2.4512	3.9926	1.7318	2.5439	3.9926	1.8059	2.3695	3.7081	1.6689
	F - N	6.3229	10.569	3.9858	5.5666	9.9476	4.0255	6.901	10.6134	3.9521
2. uncheck	B - N	2.2063	3.4213	1.1424	2.1273	3.9127	1.1392	2.2712	3.2043	1.1451
	F - B	2.4512	3.9926	1.7318	2.5439	3.9926	1.8059	2.3695	3.7081	1.6689
	F - N	6.3229	10.569	3.9858	5.5666	9.9476	4.0255	6.901	10.6134	3.9521
3. tanpa tie point	B - N	2.2063	3.4213	1.1424	2.1273	3.9127	1.1392	2.2712	3.2043	1.1451
	F - B	2.4524	3.9926	1.7328	2.5439	3.9926	1.8059	2.3719	3.7081	1.6706
	F - N	6.3229	10.569	3.9858	5.5666	9.9476	4.0255	6.901	10.6134	3.9521



Gambar 7. Hasil Ekstraksi Otomatis DEM



Gambar 8. Nilai Error pada Data Model DEM

Pada ketiga Gambar tersebut, tren garis pada grafik memiliki pola yang hampir sama, yaitu melonjak sangat tajam ketika model DEM yang digunakan tidak menggunakan titik kontrol GCP dan konsisten berulang dengan nilai standar deviasi terendah pada pairing citra backward - nadir dan nilai standar deviasi tertinggi pada pairing citra forward - nadir.

Sedangkan untuk model DEM yang menggunakan GCP sebagai titik kontrolnya mempunyai nilai standar

deviasi terendah 3.052599 pada tie point uncheck pairing forward - nadir dan tertinggi pada model DEM tanpa tie point pairing citra forward - nadir dengan nilai 8.749202.

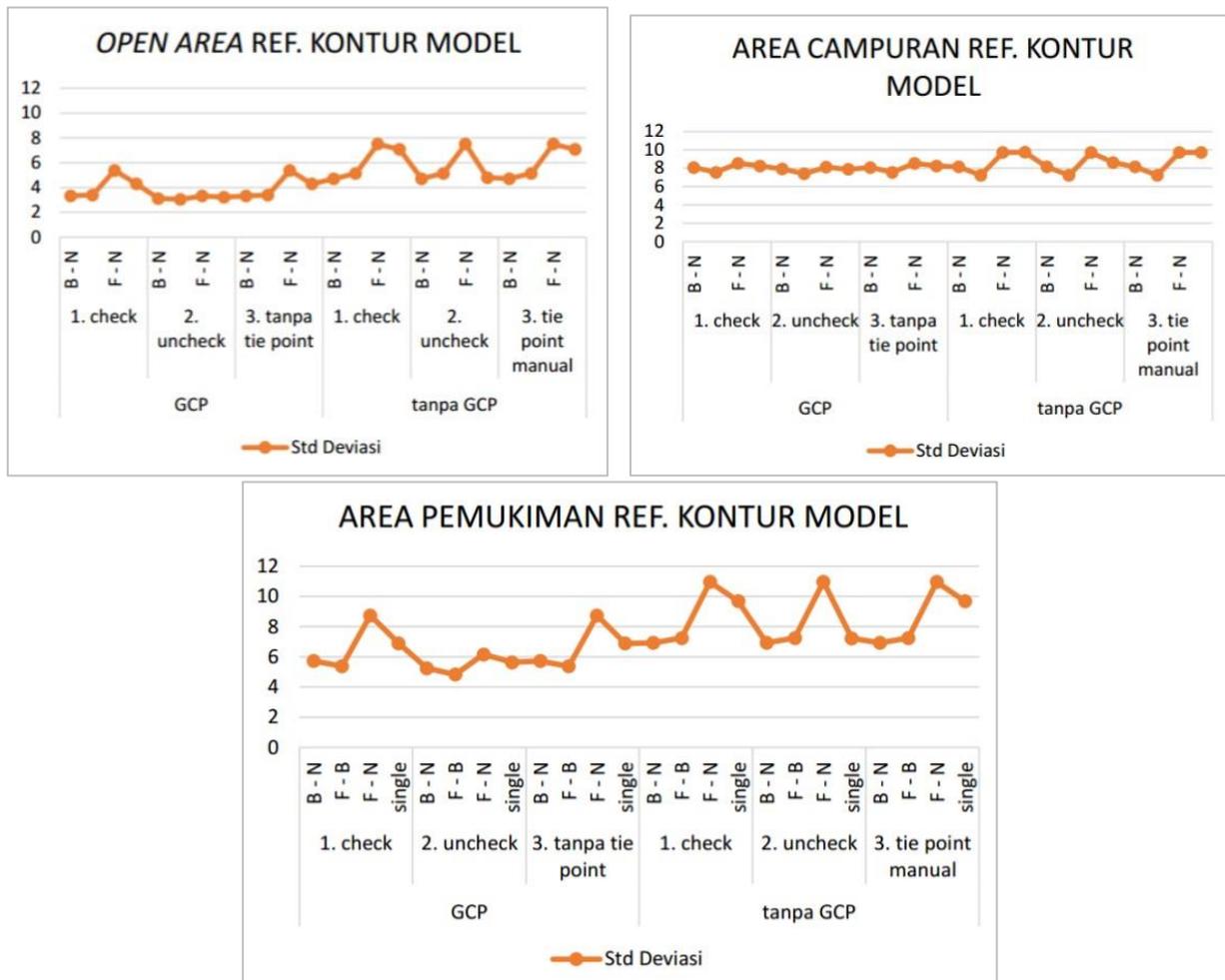
KESIMPULAN

Penggunaan titik kontrol GCP dan tie point sebagai titik ikat sangat mempengaruhi hasil geometrik dari data citra. Dengan menggunakan titik kontrol tersebut, tingkat keakurasian yang dihasilkan dari model DEM yang

diekstraksi secara otomatis ini menjadi lebih tinggi. Berbeda dengan model DEM yang tidak menggunakan titik kontrol GCP ataupun tie point, tingkat keakurasian yang dihasilkan akan menjadi rendah. Hal ini dibuktikan dengan informasi nilai RMS Error, nilai LE90, dan nilai Mean Error yang terdapat pada file report data ekstraksi model DEM. Sedangkan untuk model DEM yang tidak menggunakan titik kontrol GCP dan tie point, informasi nilai RMS Error, nilai LE90, dan nilai Mean Error tidak ada atau tidak tercantumkan pada file report data ekstraksi model DEM. Dan agar kualitas DEM lebih meyakinkan, dilakukan uji model selanjutnya, yaitu pengujian secara absolut.

Hasil pengujian model secara absolut menunjukkan bahwa nilai perbandingan yang didapat besar dikarenakan pada

pengujian absolut ini data yang dibandingkan tidak sejenis. Data model DEM yang digunakan masih berupa DSM, sedangkan data konturnya sendiri sudah merupakan bentuk DTM. Diantara DSM dan DTM terdapat objek-objek misalkan bangunan, pohon, semak – semak, dan yang lainnya yang menyebabkan terjadi gap atau selisih yang besar antara hasil perbandingan secara relatif dan absolut. Akan tetapi jika dilihat pola yang dihasilkan, pada perbandingan absolut ini polanya konsisten antara satu dengan yang lainnya. Pada perbandingan absolut, konfigurasi citra yang direkomendasikan untuk ekstraksi model DEM adalah pairing citra forward – nadir. Pairing ini mempunyai nilai standar deviasi yang rendah dibandingkan dengan konfigurasi pairing citra yang lain.



Gambar 9. Hasil Perbandingan Absolut pada Resampling Area

REKOMENDASI

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan beberapa hal berkaitan dengan prosedur pengolahan data Citra Satelit Pleiades Tri-stereo yang benar sehingga dapat diperoleh model DEM yang baik, sebagai berikut:

1. Melakukan identifikasi ulang objek di lapangan dengan data model DEM untuk menghilangkan data outlier atau blunder sehingga hasil yang didapat bisa lebih akurat.

Menggunakan data reference yang sama dengan data pembandingnya, misalnya jika data pembanding menggunakan data DSM, maka data reference lebih baik menggunakan data DSM juga.

DAFTAR PUSTAKA

Astrium. (2012): Pleiades Geoelevation Suite, ASTRIUM: 2013.

Astrium. (2012): Pleiades Imagery User Guide, ASTRIUM

Danoedoro, Projo. (1996): Pengolahan Citra Digital. Yogyakarta. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.

Deilami, Kaveh; Hashim, Mazlan. (2011): Very High Resolution Optical Satellites for DEM Generation: A Review. European Journal of Scientific Research: <http://www.eurojournals.com/ejsr.htm>.

Delussy, F., Greslou, D. Geometrik Calibration of PLEIADES Location Model.

Delussy, F., Kubik Philippe; dkk. Pleiades-hr image system products and quality Pleiades-hr image system products and geometrik accuracy. Diakses dari www.ipi.uni-hannover.de/fileadmin/institut/pdf/075-delussy.pdf.

Durupt, Melanie; Flamanc, David; dkk. Evaluation of The Potential System For 3D City Models Production: Building, Vegetation, and DTM Extraction. France: Institut Geographique National.

Faizal, Muhammad. (2015): Kajian Pembuatan DEM Secara Otomatis Dari Citra Satelit Pleiades. Bandung:ITB

Jacobsen, K. (2011): Characteristics of Very High Resolution Optical Satellites for Topographic Mapping. Germany: ISPRS Hannover 2011 Workshop

Kobzeva, Elena. Malyaniva, Nadezhda., Titarov, Petr., (2013): A Case Study of Pleiades Tri-Stereo Imagery. France.

Lapan. (2011): Informasi Satelit Pleiades. Jakarta: LAPAN

Pakoksung, Kwanchai., Takagi, Masataka. (2016): Digital elevation models on accuracy validation and bias correction in vertical. Diakses dari <http://link.springer.com/article/10.1007/s40808-015-0069-3.12>

Poli, D., Remondino, F.; dkk. (2015): Radiometric and Geometric Evaluation of GeoEye-1, WorldView-2, and Pleiades-1A stereo images for 3D information extraction. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing 100 (35-47).

Potuckova, Marketa. (2004): Image Matching and Its Applications in Photogrammetry. Aalborg: Institut for Samfundsudvikling og Planlægning, Aalborg Universitet. (ISP-Skriftserie; No. 314).

- Rudianto, Bambang. (2011): Analisis Pengaruh Sebaran Ground Control Point terhadap Ketelitian Objek pada Peta Citra Hasil Ortorektifikasi. Institut Teknologi Nasional: Jurnal Rekayasa.
- Soeksmantono, Budhy., Harto, Agung Budi; dkk. (2015): A Study of Pleiades Tri-Stereo Satellite Imagery for Large Scale Topographic Mapping in Indonesia. Bandung: ITB.
- Soetaat. (2015): Pemetaan Dengan Citra Satelit Resolusi Tinggi untuk Mendukung Kebijakan Percepatan Pembuatan Peta Desa dan Tata Ruang: Contoh Kasus Pemetaan di Kecamatan Beji, Bangil, dan Kraton, Kabupaten Pasuruan, Jatim. Yogyakarta: UGM.
- Trisakti, Bambang. (2007): Ekstraksi Otomatis Informasi DEM Dari Citra Stereo PRISM-ALOS. Jakarta: LAPAN.
- Toutin, Thierry., Chenier, Rene. (2004): GCP Requirement for High Resolution Satellite Mapping. Proceedings, ISPRS 2004 Istanbul, Turkey.
- Tao, V., Hu, Y. (2001): A Comprehensive Study of the Rational Function Model for Photogrammetric Processing. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 67, No. 12, 1347-1357.
- Undang - Undang Negara Republik Indonesia, Nomor 4, Tahun 2011.
- Wan Mohd, Wan Mohd Naim; Abdullah, Mohd Azhafiz; Hashim, Suhaila. (2014): Evaluation of Vertical Accuracy of Digital Elevation Models Generated from Different Sources: Case Study of Ampang and Hulu Langat, Malaysia. Malaysia: FIG Congress, June 2014.