

ANALISIS KUALITAS DEM DENGAN MEMBANDINGKAN METODE ORTHOREKTIFIKASI MEMAKAI CITRA RESOLUSI TINGGI (Studi Kasus: Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal, Jawa Tengah)

Pratama Irfan Hidayat, Sawitri Subiyanto, Bandi Sasmito *)

Program Studi Teknik Geodesi Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro
Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang Semarang Telp. (024) 76480785, 76480788
email : pratama_irfan@gmail.com

ABSTRAK

Citra satelit saat ini dipakai untuk keperluan peta skala besar. Untuk membuat peta dengan data citra satelit membutuhkan data tambahan yaitu data *Digital Elevation Model* (DEM) dan data *Ground Control Point* (GCP). Penggunaan data DEM digunakan untuk menghilangkan efek *relief displacement* pada area yang memiliki elevasi tinggi. Namun, penggunaan data DEM yang berbeda akan menentukan hasil *ortho image*. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh kualitas DEM terhadap ketelitian horizontal (koordinat X dan Y) hasil *ortho image* dengan membandingkan 2 model matematis orthorektifikasi dan 2 data DEM yang berbeda karakteristiknya.

Data DEM yang digunakan ada dua yakni DEM TerraSAR-X dan DEM SRTM 30m. Penggunaan DEM dengan resolusi tinggi diharapkan mampu memperbaiki kualitas *ortho image*. Data GCP pada satu *scene photo* ada tujuh titik ditambah dengan 10 *check point* (ICP). Pada penelitian ini model matematis orthorektifikasi yang dipakai yakni model Toutin dan Model RPC (*Rational Polynomial Coeficient*). Pemilihan model ini dilakukan karena masing-masing model dapat dimasukan informasi DEM dan GCP. Untuk menganalisis pengaruh DEM menggunakan informasi data *check point*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan model Toutin dengan DEM SRTM dan jumlah ICP sebanyak 10 titik memiliki RMSE yang lebih kecil dengan selisih 0,01 meter dibandingkan dengan DEM TerraSAR-X. Untuk model RPC nilai RMSE terkecil menggunakan DEM TerraSAR-X dengan nilai selisih 0,028 meter. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan DEM untuk menghilangkan pergeseran relief kurang berpengaruh pada ketelitian citra tegak. Hasil *ortho image* pada masing-masing model memiliki akurasi kurang dari 2,5 meter.

Kata Kunci : Orthorektifikasi, TerraSAR-X, SRTM, WorldView2A, RMSE, Standard Deviasi.

ABSTRACT

Satellite image of the currently used for large scale map.. To create a map with satellite imagery should be to data requires like data Digital Elevation Model (DEM) and Ground Control Point (GCP) data. The use of DEM made for eliminate the effects of relief displacement in areas that have a high elevation. However, the use of different DEM data will determine the outcome ortho image. This study aimed to evaluate the influence of the quality of the DEM against the accuracy of horizontal (X and Y coordinates) ortho image by comparing the results of two mathematical models orthorectification and 2 different DEM data characteristics.

DEM data are used that have two TerraSAR-X DEM and DEM SRTM 30m. The use of high-resolution DEM expected to improve the quality of ortho image. Data GCP at the scene of photo seven points plus 10 check point (ICP). In this study used a mathematical model that models orthorectification Toutin and Model RPC (Rational Polynomial coefficient). Model selection is performed for each model can be included information DEM and GCP. To analyze the effect of using the DEM data information check point.

The results showed that the use of models Toutin with SRTM DEM have a smaller RMSE different DEM 0.01 meters compared with TerraSAR-X. And the other model RPC smallest RMSE values using TerraSAR-X DEM with the differences 0.028 meters then use SRTM. This shows that the use DEM to eliminate the shift relief less influence on the accuracy of the image upright. Results ortho image on each model has an accuracy of less than 2.5 meter.

Key words : Orthorektifikasi, TerraSAR-X, WorldView2A, RMSE, Standard Deviation.

*) Penulis Penanggung Jawab

I. Pendahuluan

I.1. Latar Belakang

Dewasa ini Indonesia memanfaatkan citra penginderaan jauh dalam pemantauan analisa tutupan lahan terutama citra optik sejak diterapkannya teknologi remote sensing. Salah satu keuntungan dari *remote sensing* adalah untuk pembuatan peta mulai dari skala kecil hingga skala besar.

Penggunaan citra satelit resolusi tinggi sebagai dasar pembaharuan atau pembuatan peta skala besar sudah sering dilakukan. Citra tegak adalah citra yang telah terbebas kesalahan distorsi karena kemiringan sensor pada saat akuisisi data, distorsi lensa sensor, distorsi karena adanya pergeseran relief dan telah memiliki karakteristik geometri seperti peta (Welch dan Jordan, 1996). Citra tegak dibentuk dari suatu proses yang dinamakan orthorektifikasi (Paine dan Kiser, 2012; Albertz dan Wolf, 2004; Chio, 2004). Proses Orthorektifikasi dilakukan dengan menggunakan data *Digital Elevation Model* (DEM) (Barazzetti, dkk., 2010; Albertz dan Wolf, 2004; Welch dan Jordan, 1996) dan titik kontrol tanah (TKT) (Ahyan, dkk., 2006).

Pembuatan citra tegak SPOT 5 pada daerah Bavaria dan Catalonia menggunakan DEM ERS 1/2 Tandem dengan ketelitian vertical DEM yakni 5-10m menghasilkan citra tegak dengan ketelitian horizontal 10-20m. (Amato, dkk., 2004). Penggunaan DEM yang lebih teliti yakni DEM yang dihasilkan dari peta digital skala 1 : 5000 pada daerah Korea dapat meningkatkan ketelitian horizontal citra tegak SPOT 5 yang dihasilkan hingga mencapai 5-7m (Kang, dkk., 2008). Hasil dari penelitian tersebut menjadi bukti bahwa kualitas DEM memang mempengaruhi ketelitian citra tegak.

Penelitian-penelitian terdahulu hanya melakukan evaluasi terhadap citra tegak yang dibentuk oleh satu DEM terpilih pada satu daerah. Hal ini berakibat belum diketahuinya secara pasti seberapa besar pengaruh kualitas DEM dalam pembuatan citra tegak pada satu lokasi. Penelitian ini dilakukan untuk mengkaji seberapa besar pengaruh berbagai kualitas DEM jika sumber datanya diambil dari dua DEM yang berbeda dan pengaruhnya menggunakan TKT/GCP maupun tidak menggunakan TKT/GCP dalam proses pembuatan citra tegak pada satu lokasi.

Salah satu faktor pentingnya penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh akurat dan presisi kualitas DEM yang diturunkan dari citra TerraSAR-X jika dibandingkan dengan 2 model orthorektifikasi dan dilihat dari medan permukaan tanah yang relatif datar hingga daerah yang berbukit/relatif tinggi.

I.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dimunculkan dalam penelitian ini adalah:

1. Berapa perbedaan nilai RMS error yang dapat dihasilkan pada proses orthorektifikasi

dengan metode Toutin dan metode RPC dengan menggunakan 7 titik GCP (*Ground Control Point*) ?

2. Bagaimana hasil kualitas DEM jika data DEM diambil dari citra TerraSAR-X di area yang memiliki medan yang datar hingga medan yang relatif tinggi/curam?
3. Bagaimana pengaruh ketelitian posisi citra tegak/*ortho image* jika menggunakan DEM TerraSAR-X dan DEM SRTM?

I.3. Maksud dan Tujuan Penelitian

Maksud dari penelitian ini adalah mampu mengaplikasikan teori-teori orthorektifikasi dengan data DEM TerraSAR-X di daerah penelitian.

Tujuan diadakan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memahami proses orthorektifikasi dari citra WorldView 2A yang ditambah data DEM TerraSAR-X
2. Menganalisis kualitas DEM pada peta skala besar di satu kecamatan
3. Menganalisis kualitas citra tegak hasil orthorektifikasi dengan menggunakan GCP
4. Menganalisis hubungan dan pengaruh relief topografi pada daerah yang relatif curam/terjal

I.4. Pembatasan Masalah

Dalam penulisan penelitian ini memiliki batasan - batasan sebagai berikut :

1. Peta penyebaran Titik GCP di Kabupaten Kendal
2. Peta Topografi/RBI skala 1:50.000
3. Data citra satelit optis WorldView 2A
4. Data DEM menggunakan citra TERRA SAR-X dan SRTM

II. Tinjauan Pustaka

II.1 RADAR (*Radio Detection and Ranging*)

Sistem radar secara luas digunakan dalam kontrol lalu lintas penerbangan, navigasi pesawat terbang, navigasi kelautan dan mapping. Kebanyakan sistem radar menentukan posisi dalam dua dimensi, yaitu azimuth dan radius (jarak). Tampilannya dalam koordinat kutub polar. Suatu antenna yang berputar atau berotasi memancarkan pulsa-pulsa frekuensi radio (radio frequency, RF) pada interval yang digambarkan. Cakupan maksimum suatu sistem radar gelombang mikro atau UHF tergantung pada ketinggian dari antena di atas tanah lapang rata-rata, topografi permukaan dalam daerahnya (region), kondisi- kondisi atmosfer angkasa dalam daerahnya, dan dalam beberapa hal level latar belakang radio (Putu, 2013).

Tabel II.1 Jenis citra radar berdasarkan saluran

No	Band	Panjang Gelombang (cm)	Frekuensi (MHz)
1	Ka	0,8 - 1,1	40.000 - 26.500
2	K	1,1 - 1,7	26.500 - 18.000
3	Ku	1,7 - 2,4	18.000 - 12.500
4	X	2,4 - 3,8	12.500 - 8.000
5	C	3,8 - 7,5	8.000 - 4.000
6	S	7,5 - 15,0	4.000 - 2.000
7	L	15,0 - 30,0	2.000 - 1000
8	P	30,0 - 100,0	1.000 - 300

Sumber : Kusman, 2008

Sistem radar menggunakan tenaga berupa pulsa sehingga dapat dikategorikan sebagai penginderaan jauh sistem aktif. Sistem pencitraan radar bisa menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi dari permukaan bumi. Sistem ini disebut dengan SAR (*Syntetic Aperture Radar*).

II.2 TerraSAR-X

TerraSAR-X adalah sebuah satelit radar resolusi tinggi menggunakan gelombang X yang dikembangkan oleh InfoTerra (observasi bumi milik Jerman), merupakan joint venture yang dilakukan di bawah kemitraan *public-private partnership* (PPP) antara German Aerospace Center (DLR) dan Airbus Defense and Space sebagai pemegang hak eksploitasi komersial eksklusif yang dimiliki oleh penyedia layanan geo-informasi.(Airbus Defence and Space Guide, 2014).

Mode pencitraan TerraSAR-X yang saat ini digunakan oleh beberapa penelitian terdiri dari tiga bentuk mode citra yang dapat dipilih sesuai dengan biaya, luas area penelitian serta kebutuhan pemakai yakni : Spotlight, Stripmap dan Scansar

Mode Citra TerraSAR-X yang digunakan pada penelitian ini menggunakan mode StripMap *single polarization* (HH)

II.3 WorldView 2A

WorldView-2 merupakan citra satelit resolusi tinggi, yang dimiliki perusahaan penyedia citra satelit dari Amerika Serikat yakni “Digital Globe” yang diluncurkan pada tanggal 8 Oktober 2009 dari pangkalan angkatan udara Vandenberg (California, USA). Citra ini menggunakan 8 band multispektral resolusi tinggi untuk keperluan komersil. Ketinggian satelit diatas permukaan bumi sekitar 770 kilometer dengan resolusi temporal (kemampuan satelit untuk merekam daerah yang sama/waktu revisit) 1,1 hari dan mampu melakukan pencitraan seluas 975.000 km2 /hari. Citra ini tergolong memiliki resolusi spasial yang cukup tinggi dibandingkan citra optis lainnya (SPOT, IKONOS, GeoEye) sehingga bangunan seperti perumahan, gedung-gedung perkantoran, bahkan jalan raya/arteri akan tampak

dengan sangat jelas. Citra WorldView-2A memberikan kecepatan, akurasi yang lebih tinggi dari citra WorldView 1 maupun citra Quickbird. Di lain sisi citra ini dapat dimanfaatkan untuk analisis tata ruang, analisis vegetasi, geologi, batymetri.

II.4 Orthorektifikasi

Orthorektifikasi merupakan proses mentransformasi data dari satu sistem grid ke sistem grid lain menggunakan suatu model transformasi geometrik atau bisa juga dikatakan proses memposisikan kembali objek-objek pada citra agar sesuai dengan keadaan sebenarnya di muka bumi yang lebih akurat dibandingkan dengan rektifikasi karena prosesnya juga mempertimbangkan beberapa karakteristik sensor (kamera) dan platform (satelit) yang digunakan (Bambang, 2011).

Koreksi geometrik bila tidak menggunakan orthorektifikasi, maka puncak gunung akan bergeser letaknya dari posisi sebenarnya, walaupun sudah dikoreksi secara geometrik. (Purwadhi, 2008).

Model matematis yang digunakan pada orthorektifikasi adalah model matematis persamaan kolinear (*rigorous*) dan input data menggunakan DEM untuk mengkoreksi pergeseran relief akibat posisi miring sensor saat perekaman. Penyelesaian model matematis *rigourous* adalah menghitung posisi dan orientasi sensor pada waktu perekaman. Model matematis yang dipakai pada proses ini adalah persamaan Kolinear.

II.5 Persamaan Kolinear

Model ini menggunakan model matematis teliti yang dikembangkan oleh *Canada Centre for Remote Sensing* (CCRS) dan mencerminkan realitas geometri fisik secara menyeluruh dan mengintegrasikan semua distorsi yang dihasilkan selama akuisisi citra (Toutin dan Cheng, 2002).

Rumus persamaan Kolinear menurut (Mofitt and Mikhail, 1980)

$$\begin{aligned}
 X_i &= \frac{(r_{11}X_i + r_{21}Y_i - r_{31}f)}{(r_{13}X_i + r_{23}Y_i - r_{33}f)}(Z_i - T_z) + T_x \\
 Y_i &= \frac{(r_{11}X_i + r_{22}Y_i + r_{32}f)}{(r_{13}X_i + r_{23}Y_i + r_{33}f)}(Z_i - T_x) + T_y
 \end{aligned}
 \dots(2.1)$$

Keterangan :

- Xi, Yi, Zi = Koordinat titik (i) pada sistem koordinat peta
- xi, yi, zi = Koordinat titik (i) pada sistem koordinat citra
- f = panjang fokus sensor / kamera
- Tx, Ty, Tz = Koordinat titik pusat proyeksi Sensor / kamera
- R11, . r33 = elemen matriks rotasi atau f (ω, φ, κ)

II.6 Konsep RPC

Model fungsional RPCs merupakan perbandingan antara dua rasio polinomial koordinat tanah dan memberikan nilai fungsional antara koordinat tanah (Φ, λ, h) dengan koordinat citra (L,S) (Frianzah, 2009). Pemisah fungsi rasional telah disediakan untuk pemetaan koordinat tanah ke koordinat citra (line/baris dan sample/ kolom) secara berurutan.

Untuk memperbaiki ketelitian secara numerik, koordinat citra dan tanah dinormalisasikan ke range $< (-1)$ dan $> (+1)$ menggunakan offsets dan faktor skala tertentu. (Grodecki, Dial, and Lutes, 2004)

$$R_{3D}(x, y) = \frac{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{p=0}^p a_{ijk} X^i Y^j Z^k}{\sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n \sum_{p=0}^p b_{ijk} X^i Y^j Z^k} \dots(2.2)$$

Keterangan:

- a_{ijk} = polynomial coefficient
- x,y = koordinat *image*
- X,Y,Z = koordinat objek

Dalam penelitian ini, fungsi rasional koefisien diperkirakan dari data yang tersedia dalam citra WorldView 2. Koefisien *Rational Polynomial Coeficien* yang diestimasi dari GCP biasa dikenal sebagai *Terrain Dependent Method*. Salah satu kelemahan utama dari model matematika ini adalah peningkatan dari fungsi Rational koefisien (RPC) juga meningkatkan kemungkinan korelasi antara (RPC) dengan perhitungan *least square* yang didapat dari jumlah GCP

II.7 DEM (Digital Elevation Model)

Digital Elevation Model (DEM) merupakan penyajian ketinggian permukaan bumi secara digital. Dilihat dari teknik pengumpulan datanya dapat dibedakan dalam pengukuran secara langsung pada objek (terestris), pengukuran pada model objek dengan wahana pesawat udara (fotogrametris), dan dari sumber data peta analog (digitasi). Teknik pembentukan DEM selain dari terestris, fotogrametris dan digitasi dapat juga dilakukan dengan menggunakan citra yang direkonstruksikan dalam bentuk model stereo (Wibowo, 2007).

Kualitas DEM dilihat dari tingkat akurasi elevasi tiap pixel (keakuratan absolut) dan tingkat akurasi morfologi yang ditampilkan (keakuratan relatif). Beberapa faktor yang mempengaruhi dalam penentuan kualitas DEM, yaitu:

- a. Ketelitian (accuracy), ditunjukkan dengan nilai RMSE (Root Mean Square Error), rata-rata absolut atau standar deviasi,
- b. Ketelitian dalam perekaman (fidelity), terkait dengan konsep generalisasi dan resolusi, ditentukan oleh : Perubahan medan yang tidak mendadak : ukuran grid, spasi titik dan akurasi planimetris, Tingkat kepercayaan (confidence), pengukuran untuk

kualitas semantic data, Validitas (validity), tanggal sumber data, verifikasi data seperti cek lapangan, perubahan bentuk di lapangan

- c. Tampilan grafis (appearance of graphics), gradasi warna, symbol

Penggunaan data DEM dapat digunakan untuk berbagai macam keperluan seperti pembuatan peta DAS (Daerah Aliran Sungai), peta RBI (kontur) yang memang membutuhkan informasi ketinggian di atas permukaan tanah. Aplikasi khusus dari penggunaan data DEM digunakan untuk menggambarkan relief medan. Relief medan yang digambarkan menyerupai bentuk sebenarnya di dunia nyata (real world) kemudian divisualisasikan dengan bantuan teknologi informasi grafis (SIG) dan teknologi virtual reality dalam bentuk 3D (X, Y, dan Z). Berikut ini adalah beberapa contoh aplikasi-aplikasi yang menggunakan data DEM:

III. Metodologi

III.1. Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data sebagai :

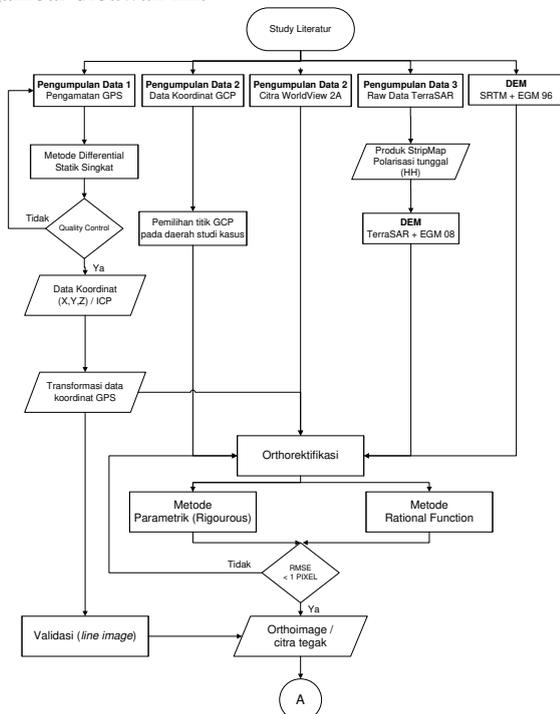
1. Data citra WorldView 2A (053970571010_01_P004_PSH) 1 *scene*
2. Data Koordinat GCP di Kabupaten Kendal
3. Data titik kontrol tanah untuk keperluan ICP hasil survei lapangan
4. Citra TerraSAR-X
5. Citra SRTM 1 *arc second*

III.2. Peralatan Penelitian

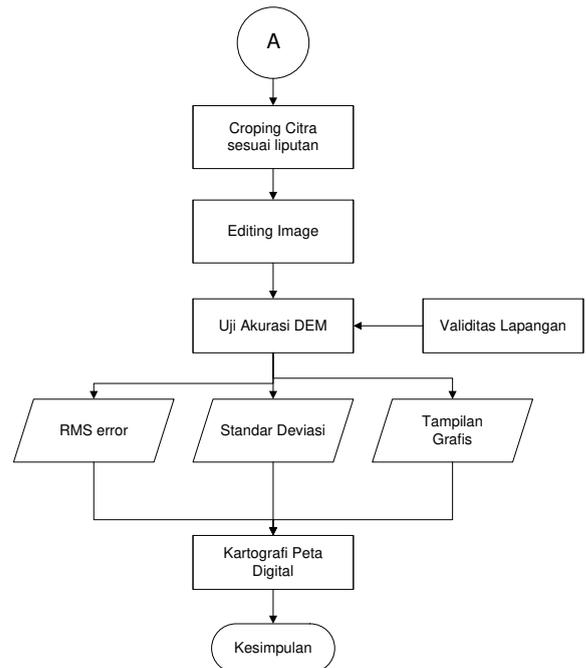
1. Perangkat keras yang digunakan :
 - a. Laptop : Intel® Core™ i5-4210U
CPU @ 1.70 Ghz – 2.4 Ghz
4.00 GB (3,89 GB usable)
64-bit Operating System , x64 based processor
Sistem : Windows 8.1 Pro
2. Perangkat lunak yang digunakan :
 - a. Program Topcon Tools v.8, digunakan untuk pengolahan titik koordinat hasil ukuran lapangan (ICP) serta merubah sistem koordinat geodetic menjadi sistem koordinat UTM
 - b. Program PCI Geomatica 2012, digunakan untuk melakukan proses orthorektifikasi dan uji akurasi pada titik uji/icp
 - c. Program ArcGIS 10.1, digunakan untuk menganalisis hasil dari citra tegak dan pembuatan layout peta
 - d. Microsoft Excel 2013, digunakan untuk perhitungan analisis uji akurasi ketelitian horizontal
 - e. Microsoft Word 2013, digunakan untuk penyusunan laporan

III.3. Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dengan menggunakan citra optic WorldView-2 Standard 2A “ortho ready” di daerah Kecamatan Limbangan, Kabupaten Kendal ditambah dengan DEM TerraSAR-X yang diperoleh dari proses (InSAR) serta data titik-titik koordinat sebagai acuan dalam pengolahan orthorektifikasi. Hasil dari pengolahan tersebut di analisis akurasi tinggi nya dan dibandingkan dengan DEM SRTM sebagai data pembandingnya. Uji sampel tinggi dilakukan dengan pengklasifikasian sampel tinggi pada elevasi yang berbeda: elavasi < 1000 (datar) dan elevasi > 1000 (berbukit/bergunung) kemudian dibandingkan perbedaan masing-masing RMSE yang dihasilkan. Diagram alir pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian(lanjutan)

III.1 Pra Pengolahan Data

Pada penelitian ini data yang digunakan adalah RAW data citra WorldView2 Standard level 2.0A ditambah dengan data DEM dari TerraSAR-X mode Strip Map(SM) single polarisasi (HH) dan beberapa titik kontrol tanah (GCP). RAW data WorldView2 masih berupa image-image dalam satuan wilayah luasan atau biasa disebut tiles. Kumpulan tiles yang dijadikan dalam satu image disebut scene. Biasanya jenis tiles ini mengandung unsur R1C1, R2C1 dan seterusnya serta dilengkapi dengan data Rational Polynomial Coefficients (RPC) digunakan dengan model matematika Fungsi Rasional. Untuk dapat melanjutkan ke proses orthorektifikasi kumpulan tiles tersebut harus digabungkan menjadi satu bagian menjadi 1 scene. Hal ini dikarenakan model matematika yang digunakan tersimpan dalam file RPC mencakup satu scene dan bukan lagi per tiles. Sehingga data tiles tersebut harus dirakit terlebih dahulu menjadi scene yang dinamakan proses Assemble Tiles. Proses pembuatan assemble serta orthorektifikasi pada penelitian ini menggunakan software PCI Geomatica 2012.

III.2 Pengolahan data

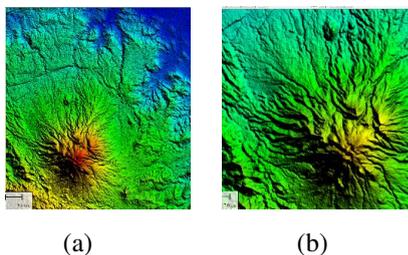
Setelah preprocessing selesai, dilakukan proses orthorektifikasi menggunakan 2 model yakni : Model Toutin dan Model RPC ditambah dengan data DEM beserta data GCP. Hasil akhir dari proses orthorektifikasi akan menghasilkan nilai RMSE dan Standar Deviasi. Nilai inilah yang akan digunakan sebagai uji akurasi antara DEM TerraSAR-X dengan DEM SRTM kemudian akan dibandingkan hasil keduanya. Tahap pertama yaitu proses orthorektifikasi menggunakan Model Toutin:

1. Penggunaan model ini menggunakan datum dan ellipsoid WGS84.
2. Sistem koordinat UTM 49S
3. Input GCP dilakukan secara manual artinya penempatan lokasi GCP harus disesuaikan antara lokasi di citra/image dengan lokasi di lapangan
4. Input data DEM TerraSAR dan DEM SRTM
5. *Compute Model* untuk mengakhiri proses orthorektifikasi.
6. Cek nilai RMSE, untuk menghasilkan akurasi yang tinggi maka nilai RMSE harus < 1 pixel.
7. Generate ortho, model resampling yang dipilih adalah *Nearest Neighbour* karena model ini tidak menjadikan perubahan letak posisi image yang terlalu besar
8. Setelah model Toutin selesai dilakukan maka dilanjutkan ke model RPC
9. Untuk input data dan proses hampir sama dengan model sebelumnya hanya saja pada model ini menggunakan orde polynomial sebagai ganti informasi dalam sensor yang dirahasiakan oleh vendor
10. Orde polynomial yang digunakan pada penelitian ini yaitu : 2 order. Semakin tinggi orde polynomial yang akan digunakan maka semakin tinggi juga hasil akurasi yang dihasilkan. Berikut ini adalah contoh penggunaan orde polynomial.
 RPC adjustment order :
 Zero order : minimal 1 GCP (World View 1 dan World View 2)
 First Order : minimal 3 GCP
 Second Order : minimal 7 GCP

IV. Hasil dan Pembahasan

IV.1 Analisis Perbandingan visualisasi kedua DEM

Berikut ini adalah kenampakan kedua DEM dan raster selisih kedua DEM dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar IV.1 (a) Visualisasi DEM TerraSAR-X dan (b) Visualisasi DEM SRTM

Berdasarkan visualisasi gambar diatas maka dapat dilihat bahwa kedua DEM tersebut memiliki trend topografi yang hampir sama. Tetapi, bila dianalisa lebih dalam lagi maka adanya selisih perbedaan tinggi yang nesar di daerah pegunungan/perbukitan sedangkan untuk daerah yang

relative datar tidak menunjukkan perbedaan ketinggian yang signifikan. Untuk faktor penyimpangan tinggi yang terjadi antara kedua DEM akan dibahas lebih lanjut pada analisis selanjutnya.

Melihat hasil kedua DEM diatas, maka dapat ditarik argumen bahwa pola grid pada DEM TerraSAR-X lebih detail dibandingkan pola grid DEM SRTM. Hal ini disebabkan karena setiap pixel pada DEM TerraSAR-X memiliki resolusi spasial yang lebih baik yakni 9m sedangkan resolusi spasial SRTM berkisar antara 30m.

IV.2 Analisis Akurasi DEM Terra SAR dan SRTM

Analisis ini dilakukan dengan menguji kedua DEM tersebut dilakukan uji akurasi dari titik uji (ICP) menggunakan hitungan perataan berupa *RMSE, Standar Deviasi, Mean error, Min and Max* untuk mengetahui kedekatan posisi titik terhadap titik lain. Untuk titik ICP sendiri diperoleh dari pengukuran GPS mode static singkat dengan lama pengamatan ±1 jam. Setelah perhitungan selesai dilakukan untuk mengetahui pergeseran dan arah titik uji terhadap titik lainnya digunakanlah fitur garis pengamatan (*line of sight*). Fitur ini juga yang digunakan untuk mengetahui keadaan suatu lahan dapat terlihat dari daerah lain. Tahap kedua, mengklasifikasikan titik-titik uji kedalam dua bagian yakni, yaitu pada elevasi dibawah 1000 meter (datar/peralihan) dan elevasi lebih dari 1000 meter (perbukitan dan pergunungan) kemudian di analisis titik uji manakah yang memiliki residu paling besar dan paling kecil beserta pembahasannya.

IV.3 Analisis Akurasi Keseluruhan

Berikut ini adalah statistik hasil proses orthorektifikasi dengan dua model yakni: model Toutin/Rigorous dan model RPC (*Rational Polynomial Coeficien*) dengan data input DEM TerraSAR dan DEM SRTM:

Tabel IV.1. Statistik Uji Akurasi geometrik berdasarkan nilai RMSE

Berdasarkan Tabel IV.1 diatas, didapatkan rata-rata selisih akurasi dari kedua DEM pada 10 titik uji di daerah datar/peralihan sebesar 1.5 m, dengan

Model Orthorektifikasi	MODEL TOUTIN		MODEL RPC	
	TX	SRTM	TX	SRTM
DEM				
Jumlah titik Uji	10	10	10	10
Jumlah total nilai RMSE	5.842	5.895	25.106	25.106
Rata-rata nilai RMSE	0.584	0.589	2.511	2.511
Nilai RMSE tertinggi	2.049	1.938	5.411	5.411
Nilai RMSE terendah	0.328	0.289	0.385	0.385

range akurasi nilai RMSE titik uji kedua DEM berkisar antara 0.2687 - 5.413 meter, jadi dapat dikatakan bahwa nilai RMSE terendah pada model toutin + DEM SRTM dan nilai RMSE tertinggi pada

model RPC + DEM SRTM. Berdasarkan tabel diatas membuktikan bahwa model orthorektifikasi yang paling akurat dan presisi adalah model RPC dengan menggunakan DEM TerraSAR-X. Hal ini bisa terjadi dikarenakan model Toutin yang menggunakan informasi yang berada dalam sensor sehingga kesalahan-kesalahan atmosfer, panjang focus masih memiliki kesalahan sistematik dalam prosesnya dan juga pergeseran relief juga ikut diminimalkan dengan bantuan DEM TerraSAR-X. Terlebih lagi citra yang digunakan sudah dalam produk "standard" sehingga sudah terkoreksi radiometrik, koreksi distorsi sensor sistematik, distorsi internal satelit, koreksi geometrik dan sudah memiliki proyeksi ke bidang tertentu.

IV.4 Analisis Quality Control citra tegak

Pada proses *Quality Control*, hasil proses orthorektifikasi menggunakan software PCI Geomatica 2012 diperoleh selisih antara data hasil pengukuran koordinat (X,Y,Z) langsung dilapangan dengan hasil koordinat image pada citra Worldview Standard 2A yang kemudian hasil tersebut digunakan untuk memperoleh nilai *Root Mean Square* (RMS) dan juga nilai *Root Mean Square Error* (RMSE). Berikut ini adalah hasil perhitungan mencari RMSE.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum (X_{image_i} - X_{lapangan_i})^2}{n}}$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum (Y_{image_i} - Y_{lapangan_i})^2}{n}}$$

Tabel IV.2. Tabel Hasil Orthorektifikasi Model Toutin + DEM TerraSAR-X

No	ID	Koordinat GPS		Koordinat ICP (Interpretasi)		RMSEr
		X	Y	X	Y	
1	LBG 04	421960.350	9205088.255	421960.340	9205088.190	0.065
2	LBG 05	425965.661	9210096.209	425965.660	9210096.260	0.051
3	LBG 07	423291.917	9212775.486	423291.920	9212775.340	0.146
4	KDL 40	419916.623	9215334.561	419916.620	9215334.580	0.019
5	KDL 64	427603.522	9214578.937	427603.520	9214578.960	0.023
6	KDL 65	421451.192	9217623.706	421451.180	9217623.720	0.018
7	GCP 10	421140.348	9207417.35	421140.350	9207417.450	0.100

Tabel IV.3. Tabel Hasil Orthorektifikasi Model Toutin + DEM SRTM

No	ID	Koordinat GPS		Koordinat ICP (Interpretasi)		RMSEr
		X	Y	X	Y	
1	LBG 04	421960.350	9205088.255	421960.35	9205088.16	0.095
2	LBG 05	425965.661	9210096.209	425965.66	9210096.28	0.066
3	LBG 07	423291.917	9212775.486	423291.92	9212775.25	0.236
4	KDL 40	419916.623	9215334.561	419916.62	9215334.62	0.059
5	KDL 64	427603.522	9214578.937	427603.52	9214578.98	0.043
6	KDL 65	421451.192	9217623.706	421451.2	9217623.7	0.014
7	GCP 10	421140.348	9207417.35	421140.4	9207417.5	0.150

Tabel IV.4. Tabel Hasil Orthorektifikasi Model RPC + DEM TerraSAR-X

No	ID	Koordinat GPS		Koordinat ICP (Interpretasi)		RMSEr
		X	Y	X	Y	
1	LBG 05	425965.661	9210096.209	425965.29	9210095.99	0.142
2	KDL 40	419916.623	9215334.561	419916.76	9215334.62	0.149
3	GCP 10	421140.348	9207417.33	421140.84	9207417.68	0.603
4	KDL 65	421451.192	9217623.706	421451.02	9217623.79	0.191
5	KDL 64	427603.522	9214578.937	427604.22	9214579.40	0.837
6	LBG 07	423291.917	9212775.486	423291.88	9212775.36	0.131
7	LBG 04	421960.350	9205088.255	421959.92	9205088.2	0.433

Tabel IV.5. Tabel Hasil Orthorektifikasi Model RPC + DEM TerraSAR-X

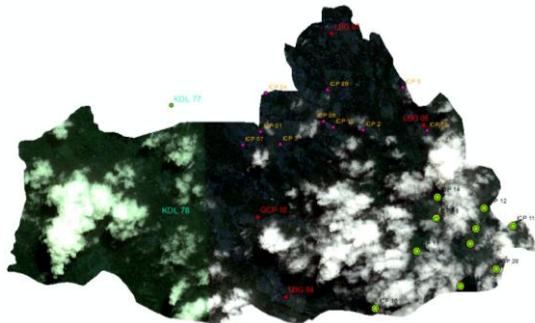
No	ID	Koordinat GPS		Koordinat ICP (Interpretasi)		RMSEr
		X	Y	X	Y	
1	LBG 05	425965.661	9210096.209	425965.32	9210096.01	0.1202
2	KDL 40	419916.623	9215334.561	419916.75	9215334.65	0.155
3	GCP 10	421140.348	9207417.33	421140.29	9207417.53	0.603
4	KDL 65	421451.192	9217623.706	421450.99	9217623.80	0.222
5	KDL 64	427603.522	9214578.937	427604.20	9214579.37	0.804
6	LBG 07	423291.917	9212775.486	423291.98	9212775.93	0.448
7	LBG 04	421960.350	9205088.255	421960.36	9205088.31	0.055

Berdasarkan tabel IV.2 – IV.5 dapat dianalisis hal-hal berikut :

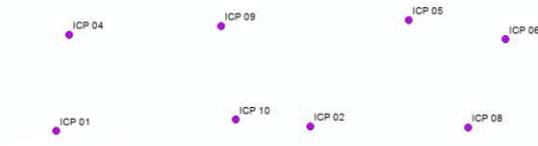
- model orthorektifikasi model Toutin/ Parametrik lebih baik dibandingkan dengan model RPC
- Nilai RMSE pada model Toutin dibawah 0.23 meter
- Selisih nilai rata-rata RMSE pada model Toutin 0.034 meter
- Nilai RMSE pada model RPC dibawah 0.83 meter
- Rata-rata RMSE pada model RPC adalah 0.298 meter

IV.5 Analisis akurasi horizontal < 1000 meter

Analisis ini menggunakan pendekatan bahwa titik-titik uji yang berada dalam jangkauan ketinggian dibawah 1000 meter menggunakan referensi yang berasal dari ground atau dengan kata lain *image to ground*, artinya adalah pengambilan sampel yang berasal dari pengukuran langsung dilapangan untuk mendapatkan nilai koordinat tanah (X,Y,Z). Berikut ini adalah persebaran titik kontrol menggunakan ICP pada area penelitian.



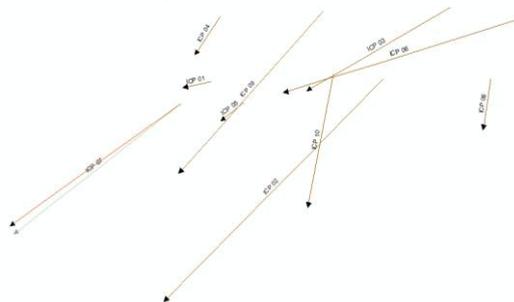
Gambar IV.2. Hasil Orthorektifikasi titik GCP dan ICP pada area penelitian



Gambar IV.3. Persebaran titik ICP



Gambar IV.4. Garis penglihatan perubahan titik ICP pada model Toutin



Gambar IV.5. Garis penglihatan perubahan titik ICP pada model RPC

Berdasarkan gambar IV.4-IV.5 dapat dianalisis hal-hal terkait sebagai berikut :

- Penggunaan model Toutin memiliki arah pergeseran (rotasi dan translasi) yang signifikan
- Penggunaan model RPC memiliki arah yang berkebalikan dengan model Toutin
- Model Toutin memiliki rentang jarak yang lebih kecil dibandingkan dengan model RPC

IV.6 Analisis ketelitian geometri citra WorldView 2A

Untuk mengetahui skala peta yang sesuai maka digunakan peraturan nomor 15 tahun 2014 Badan Informasi Geospasial tentang pedoman teknis ketelitian peta dasar. Peta yang dibuat berdasarkan ketelitian tertentu harus memiliki ketelitian sebagai berikut:

Tabel IV.6. Ketelitian Geometri Peta RBI

Ketelitian	Kelas 1	Kelas 2	Kelas 3
Horizontal	0,2 mm x bilangan skala	0,3 mm x bilangan skala	0,5 mm x bilangan skala
Vertikal	0,5 x interval kontur	1,5 x ketelitian kelas 1	2,5 x ketelitian kelas 1

Bila melihat kriteria tabel maka nilai CE 90% untuk ketelitian horizontal dan nilai LE 90% untuk ketelitian vertikal yang berarti kesalahan peta dasar tidak melebihi nilai ketelitian tersebut dengan tingkat kepercayaan 90% (BIG). Nilai CE90 dan LE90 diperoleh dengan mengacu oleh standar yang telah diberikan USNMAS (United State National Map Accuracy Standard) dimana:

$$CE90 = 1,5175 \times RMSEr$$

Keterangan :

RMSEr : Root Mean Square Error pada posisi x dan y (horizontal)

Berikut ini adalah hasil uji akurasi keseluruhan yang dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel IV.7. Model Toutin + DEM TerraSAR-X

Jumlah (1 CP)	5.842
RMSEr (1 CP)	0.584
Akurasi Horisontal (1 CP)	0.886479
Standar Deviasi	0.516660

Tabel IV.8. Model Toutin + DEM SRTM

Jumlah (1 CP)	5.895
RMSEr (1 CP)	0.589
Akurasi Horisontal (1 CP)	0.89455
Standar Deviasi	0.49052

Tabel IV.9. Model Toutin + DEM SRTM

Jumlah (1 CP)	24.977
RMSEr (1 CP)	2.49777
Akurasi Horisontal (1 CP)	3.79037
Standar Deviasi	1.76441

Tabel IV.10. Model Toutin + DEM SRTM

Jumlah (1 CP)	25.005
RMSEr (1 CP)	2.5005
Akurasi Horisontal (1 CP)	3.79461
Standar Deviasi	1.76644

Dari tabel diatas dapat dikatakan bahwa nilai RMSE sejalan dengan nilai CE90 dan standar deviasi. Bila hasil RMSE menandakan bahwa tingkat akurasi geometrik titik-titik control maka nilai standar deviasi adalah tingkat presisi dari data titik kontrol tanah terhadap citra yang sudah dalam bentuk "Ortho Ready Standard". Hal ini dibuktikan bahwa semakin kecil nilai RMSE maka nilai Standart Deviasi (STD) juga mengecil begitu pula sebaliknya semakin besar nilai RMSE maka nilai Standart Deviasi juga semakin membesar.

Penggunaan DEM SRTM terbukti lebih baik dibandingkan DEM TerraSAR-X pada model Toutin/Rigorous. Hal ini dapat terlihat bahwa selisih RMSEr terbesar pada ICP 3 yakni dengan selisih kurang lebih 0.26968 meter dimana letak lokasinya berada pada daerah dengan ketinggian sekitar ± 600 meter diatas permukaan air laut (MSL). Faktor inilah yang menyebabkan nilai RMSEr pada penggunaan DEM TerraSAR-X menjadi besar karena pada daerah dengan relief cukup tinggi maka pengaruh pergeseran relief bisa mempengaruhi ketelitian nilai RMSEr. Pada dasarnya DEM TerraSAR-X sudah menggunakan EGM08 yang lebih baru dibandingkan dengan DEM SRTM yang masih menggunakan EGM97. Namun, bukan berarti bahwa dengan menggunakan EGM08 bentuk medan permukaan bumi menjadi lebih baik karena EGM sendiri hanyalah penafsiran bentuk permukaan bumi terhadap mean sea level (MSL). Padahal sejatinya

mean sea level selalu berubah seiring berjalannya waktu.

V. Kesimpulan dan Saran

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil uji kualitas DEM dengan menggunakan 2 metode orthorektifikasi yang berbeda menghasilkan citra tegak yang memiliki tingkat ketelitian geometric yang beragam.
2. Setelah di uji dengan menggunakan ICP yang diperoleh dengan metode pengamatan static singkat di daerah penelitian maka hasil orthorektifikasi dengan metode Toutin/Rigorous menggunakan DEM SRTM memiliki nilai RMSEr sebesar 0.509. Setelah itu, citra yang memiliki ketelitian geometric yang paling jelek adalah hasil orthorektifikasi menggunakan model RPC dan menggunakan DEM SRTM yang memiliki nilai RMSEr 2.501.
3. Uji kualitas DEM dilakukan pada daerah yang memiliki elevasi kurang dari 1000m dan diatas 1000m. Dari hasil analisis dapat dinyatakan secara kuantitatif penggunaan model Toutin/Rigorous lebih teliti dibandingkan dengan model RPC. Jumlah GCP yang dipakai yakni 7 titik tersebar merata dalam satu scene citra WorldView 2A. Jarak antar titik GCP ± 4 – 6 km dengan distribusi tersebar merata dan memiliki arah pandang yang luas. Dalam penelitian ini model Toutin + DEM TerraSAR-X memiliki nilai RMSEr 0.006 m sedangkan untuk model RPC + DEM TerraSAR-X memiliki nilai RMSEr 0.298m. Hasil uji ketelitian menunjukkan ketelitian horizontal citra tegak lebih kecil dari 2.5 m dan mengacu pada peraturan BIG, citra tegak ini dapat digunakan untuk pembuatan peta skala 1 : 5000.
4. Pada dasarnya kualitas DEM tingkat mempengaruhi hasil citra tegak namun hanya menghilangkan pergeseran relief / relief displacement pada daerah yang memiliki elevasi > 1000m. Akan tetapi, kualitas hasil pengamatan GPS lah yang menjadi penentu tingkat ketelitian citra tegak yang dihasilkan karena semakin banyak GCP/ICP yang diperoleh maka nilai RMSE semakin bervariasi dan dapat dipilih GCP/ICP yang memiliki residu paling besar atau paling kecil

V.2 Saran

Didalam penelitian ini masih banyak kekurangan dalam hal prosedur maupun analisisnya

oleh karena itu, saran yang perlu diperhatikan untuk peneliti selanjutnya adalah:

1. Distribusi persebaran GCP sebaiknya menyebar dalam satu scene citra. Keunggulan dari persebaran GCP dapat meningkatkan kualitas dari proses orthorektifikasi
2. Bila data yang diperoleh masih dalam bentuk RAW DATA / data mentah maka metode orthorektifikasi yang dianjurkan adalah memakai metode Toutin/Rigorous karena sudah dilengkapi dengan informasi orbit satelit (IOP dan EOP) yang digunakan untuk meningkatkan ketelitian citra dibandingkan dengan metode lainnya.
3. Data GCP/ICP sebaiknya diperbanyak jika ingin menggunakan metode orthorektifikasi RPC model karena pada dasarnya model ini diperoleh dengan membandingkan informasi yang ada dalam citra (pixel) terhadap koordinat lapangan (GPS).
4. Semakin banyak data GCP/ICP yang digunakan maka orde polynomial dapat ditingkatkan ke orde yang lebih tinggi sehingga dapat meningkatkan kualitas citra tegak yang diperoleh dari hasil RMSEr.

DAFTAR PUSTAKA

- Abiyoto, K. (1998). Penerapan Transformasi wavelet untuk reduksi spekel, Ekstraksi ciri dan Segmentasi citra berdasarkan Tekstur. Disertasi Doktor. Institut Teknologi Bandung, Indonesia
- Airbus Defense and Space. TerraSAR-X application guide .<http://www.geo-airbusds.com/terrasar-x/>. Diakses pada Tanggal 26 Juli 2015
- Akhyar .(2005).Teori Radar. www.lasonearth.files.wordpress.com/2008/05/pdf_radar1.pdf. Diakses pada Tanggal 4 oktober 2015
- Badan Informasi Geospasial. (2014). Peraturan Kepala Badan Informasi Geospasial No.15 Tahun 2014 Tentang Pedoman Teknis Ketelitian Peta Dasar. Cibinong-Bogor
- Bookstein, F. (1989). "Principal Warps: Thin Plate Splines and the Decomposition of Deformations." IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 11, 567-585,.
- Danoedoro, P. (1996). Pengolahan Citra Digital : Teori dan Aplikasi dalam Bidang Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada
- Danoedoro, P. (2012). Pengantar Penginderaan Jauh Digital. Penerbit Andi. Yogyakarta
- Digital Globe. (2007). WorldView 2 Specification
- DLR (German Aerospace Centre). (2008). TerraSAR-X Basic Product Specification Document
- Frianzah, A. (2009). "PembuatanOrthoimage dari Citra ALOS Prism",Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.
- Fritz, T dan Eineder., M. (2006). TerraSAR-X Ground Segment: Basic Product Specification Document. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR). Jerman
- F. Thomas et al. (2008). "TerraSAR-X products Tips and Trick", TerraSAR-X Science Meeting, DLR Remote Sensing Technology Institute (IMF).
- Gunawan, Putu. (2013). Radar Gun sebagai Salah Satu Penerapan Radar dalam Kehidupan Sehari – hari. Fakultas Teknik Elektro Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Grodecki., J. and G. Dial (2003). Block adjustment of high-resolution satellite images described by rational polynomials, Photogrametric Engineering & Remote Sensing, 69(1):59-68.
- Grodecki, J., G. Dial, and J. Lutes. (2004). Mathematical model for 3D feature extraction from multiple satellite images described by RPCs, ASPRS Annual Conference Proceedings, Denver, Colorado.
- Harintaka. (2003). Penggunaan Persamaan Kolinier untuk Rektifikasi Citra Satelit SPOT secara Parsial. Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta
- Hadiman. (2005). System and coordinate transformation/Sistem dan Transformasi Koordinat, Geodesy and Geomatics Engineering, University of Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Infoterra. (2011). Instrument of TerraSAR-X. <http://www.infoterra.de/about-us>.