

UJI KETELITIAN HASIL KOREKSI GEOMETRIK CITRA SATELIT ALOS  
PRISM DENGAN HITUNG PERATAAN KUADRAT TERKECIL METODE PARAMETER

Bambang Sudarsono <sup>\*)</sup>, Atriyon Julzarika <sup>\*\*)</sup>

*Abstract*

*Remote sensing is a branch science of Geodesy Engineering that using satellite applications for survey and mapping. One of the natural resources satellite that be used for mapping is Alos Satellite. It is own of Japan, it also could be used in 3D Application, especially Prism and Palsar. There are some methods for making 3D application that are stereo mode, interferometry, and DSM2DEM. Geometric correction of this satellite is very important so it needs a study for its statistical test. Alos satellite have 3D shape as Digital Terrain Model (DSM), not Digital Terrain Model (DTM), Digitalen HöheModellen (DHM), Digital Geoid Model (DGM) or Digital Elevation Model (DEM). Alos satellite that be used are Alos Prism where it has spatial resolution in 2.5 meter. The reference system of 3D model that are produced by Alos satellite image still as surface for z axis, for x axis and y axis has been closed to 2D reference system in some certain datum and system of map projection. So, this research will give result of its accuracy and precision and it could uses for the reference system.*

*For its statistical test, it needs a method for checking its accuracy. It is least square adjustment in parameter methods. In case, it needs a research for observate the accuracy and precision of Alos satellite data using a least square adjustment of parameter methods. Data from Alos satellite will be compared with data from Global positioning System (GPS) of geodetic. The results of this research will be used as reference for next research to invent a way for changing DSM from satellite, radar, air video and interferometry-automatically.*

*Key word: Geometrical correction, 3D Mode of Alos Prism, Adjustment*

**Pendahuluan**

Saat ini teknologi penginderaan jauh sudah mengalami kemajuan yang pesat. Perkembangan tersebut ditandai dengan banyaknya satelit yang berada di angkasa. Pada beberapa aplikasi yang bersifat kebumiharian, kebanyakan menggunakan satelit sumberdaya alam, seperti ALOS, Landsat, Ikonos, SPOT, Beijing-1, CBERS, Quick Bird, Aster, dan lain-lain. Dari sejumlah satelit tersebut, yang dapat dibuat model 3 dimensi (3D) adalah ALOS dan Aster. Pada penelitian ini lebih mengkaji pada satelit ALOS.

ALOS adalah satelit milik Jepang yang diluncurkan pada tanggal 24 Januari 2006 yang membawa 3 instrumen sensor yaitu PRISM, AVNIR dan PALSAR. PRISM (*The panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping*) adalah sensor untuk merekam citra optis pankromatik pada panjang gelombang 0.52 – 0.77 mm dan mempunyai resolusi spasial 2.5 m. Sensor ini mempunyai 3 teleskop untuk merekam citra stereo dari arah depan (*Forward*), arah tegak lurus (*Nadir*) dan arah belakang (*Backward*) searah dengan orbit satelit (*along track*). Kombinasi citra stereo tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan DEM dengan akurasi yang cukup untuk memetakan permukaan bumi dalam skala 1:25.000 atau lebih besar. Teleskop pada arah tegak lurus dapat merekam citra dengan lebar 70 Km, sedangkan arah depan dan arah belakang merekam dengan lebar sebesar 35 Km. Sudut yang dibentuk teleskop arah depan dan arah belakang terhadap arah tegak lurus adalah 24<sup>0</sup>.

Hal ini bertujuan untuk menghasilkan data stereo dengan rasio lebar/tinggi (*base to height ratio*) yang mendekati nilai 1 (JAXA, 2006).

DSM merupakan model permukaan digital dengan referensi permukaan objek terhadap *Mean Sea Level* (MSL) 18,61 tahun. DEM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap ellipsoid. DTM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap koordinat toposentrik dan telah dilakukan koreksi unsur-unsur geodetis terhadap model tersebut. DGM merupakan model permukaan digital yang mempunyai referensi terhadap geoid/rata-rata equipotensial yang berimpit dengan MSL.

**Hipotesa**

Bagaimana hasil akurasi dan presisi data satelit Alos Prism yang digunakan untuk pembentukan model 3D? Serta bagaimana dengan pembentukan algoritma yang digunakan?

**Metodologi penelitian**

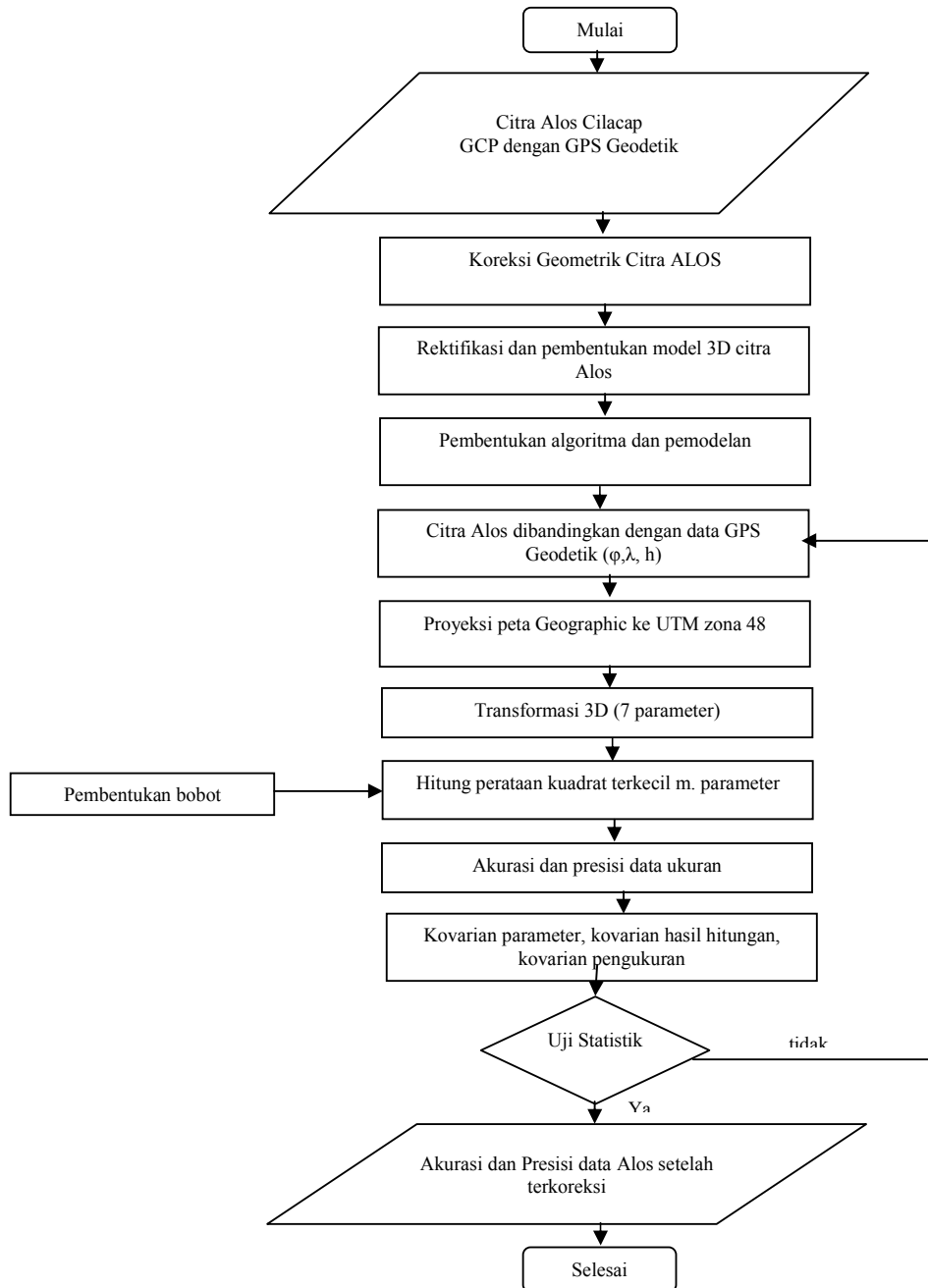
Pada penelitian ini titik berat penelitian adalah melakukan analisa akurasi dan presisi data satelit Alos dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Penelitian dilakukan dengan studi kasus di **Cilacap - Jawa Tengah**. Hasil koreksi geometrik yang berupa akurasi dan presisi tersebut kemudian dapat digunakan untuk penelitian penurunan DSM menjadi DEM.

Diagram penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

\*) Staf Pengajar Jurusan T.Geodesi FT UNDIP

\*\*\*) Peneliti Pusbangja LAPAN

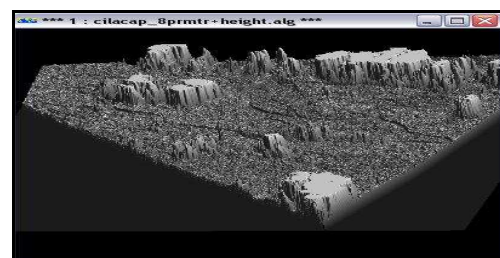
## Diagram alir penelitian



Gambar 1. Diagram penelitian

### Pelaksanaan

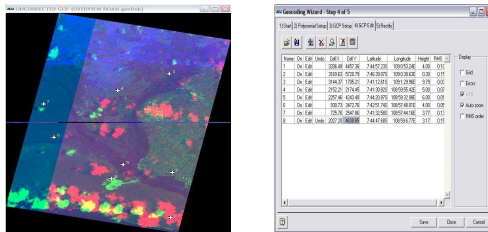
Data satelit Alos yang digunakan merupakan data mentah dengan format RAW. Pengolahan citra yang pertama kali dilakukan adalah melakukan penggabungan citra Alos backward, nadir, dan forward.



Gambar 2. Citra satelit Alos 3 D - Cilacap

Pada penelitian ini menggunakan tujuh titik ikat yang akan dijadikan sebagai *Ground Control Points* (GCPs), karena bentuk wilayah yang memanjang dari utara ke selatan, sehingga akan menyebabkan presisi data mengumpul pada wilayah tengah dan akan menyebar pada arah utara-barat, utara timur serta pada arah selatan-barat, selatan timur (Julzarika, 2007). Keadaan ini akan menimbulkan akurasi tinggi pada wilayah tengah dan akan merata pada wilayah utara dan selatannya (Julzarika, 2007).

Proses selanjutnya adalah melakukan koreksi geometrik citra tersebut. Tipe geocoding yang digunakan adalah polinomial linear. Pada penelitian ini format RAW akan direferensikan menjadi format geographic, dengan datum WGS'84 dan proyeksi Geographic serta sistem koordinat ( $\phi$ ,  $\lambda$ ). *Ground Control point* (GCP) untuk koreksi geometrik adalah koordinat geografis dari citra resolusi lebih tinggi dari citra Alos. Pada penelitian ini menggunakan citra Quick Bird untuk membantu mengidentifikasi tujuh titik GCP yang ada di citra ALOS. Penggunaan data citra quick bird dimaksudkan agar penyebaran titik merata dan terlihat jelas pada citra Alos sehingga perambatan kesalahan tidak acak akan lebih kecil (Arsana dan Julzarika, 2007). Setiap pengukuran mempunyai kesalahan ukuran, baik kesalahan acak maupun kesalahan tidak acak (Arsana dan Julzarika, 2007).



Gambar 3. Koreksi geometrik citra satelit Alos wilayah Cilacap

Selanjutnya dilakukan pembentukan algoritma dan pemodelan citra Alos terhadap GPS Geodetik (h). Selain itu juga dilakukan pembentukan algoritma dan pemodelan citra Alos terhadap data GPS Geodetik ( $\phi$ ,  $\lambda$ , h).

#### Citra Alos terhadap GPS Geodetik

Citra Alos digunakan sebagai koordinat asal, yang selanjutnya disebut sebagai koordinat (a) ( $x_a$ ,  $y_a$ ,  $z_a$ ) sedangkan GPS Geodetik sebagai koordinat tujuan yang selanjutnya disebut sebagai koordinat (c) ( $x_c$ ,  $y_c$ ,  $z_c$ ).

Koordinat (a) maupun koordinat (c) masih dalam bentuk koordinat geographic, sehingga perlu dilakukan proyeksi peta dari Geographic ke UTM zona 48.

Datum yang digunakan adalah WGS'84 dengan parameter ellipsoid sebagai berikut ini (Anam, 2005).

$$a=6378137 ; b=6356752$$

$$1/f=298,260$$

Transformasi geodetis yang dilakukan menggunakan rumus-rumus berikut ini.

$$X_i=(N_i+h_i) \cos \phi_i \cos \lambda_i$$

$$Y_i=(N_i+h_i) \cos \phi_i \sin \lambda_i$$

$$Z_i=[N_i(1-e^2)+h_i] \sin \phi_i$$

dengan keterangan sebagai berikut.

$$N_i=a/(1-e^2 \sin^2 \phi_i)^{1/2} ; e^2=((a^2-b^2)/a^2)^{1/2} ; e'^2=((a^2-b^2)/b^2)^{1/2}$$

Berikut ini data koordinat tujuh titik ikat sebelum dilakukan proyeksi peta.

Tabel Koordinat (a)

No	$\phi_a$	$\lambda_a$	ha (m)
1.	-07° 43' 32,"30	109° 00' 31,"73	7,198
2.	-07° 41' 12,"10	109° 00' 43,"70	7,544
3.	-07° 44' 28,"21	109° 00' 36,"38	9,611
4.	-07° 44' 28,"02	108° 59' 51,"70	5,043
5.	-07° 45' 07,"42	109° 01' 17,"83	4,726
6.	-07° 43' 14,"75	108° 59' 57,"92	6,196
7.	-07° 41' 38,"66	109° 02' 04,"60	7,860

Tabel Koordinat (c)

No	$\phi_c$	$\lambda_c$	hc (m)
1.	-07° 43' 32,"33	109° 00' 31,"68	4,684
2.	-07° 41' 12,"08	109° 00' 43,"70	5,036
3.	-07° 44' 28,"21	109° 00' 36,"43	7,079
4.	-07° 44' 28,"00	108° 59' 51,"70	2,519
5.	-07° 45' 07,"42	109° 01' 17,"83	2,184
6.	-07° 43' 14,"77	108° 59' 58,"00	3,674
7.	-07° 41' 38,"69	109° 02' 04,"56	5,330

Berikut ini daftar koordinat tujuh titik ikat setelah dilakukan proyeksi peta

Tabel Koordinat (a)

No	$X_a$ (m)	$Y_a$ (m)	$Z_a$ (m)
1.	280385,809882132	9145519,84325516	7,198
2.	280732,628011882	9149829,38113943	7,544
3.	280536,362998284	9143802,59885127	9,611
4.	279166,976421041	9143802,00819245	5,043
5.	281812,310354590	9142603,75401236	4,726
6.	279347,030610281	9146054,23934852	6,196
7.	283216,079896298	9149024,74931116	7,860

Tabel Koordinat (c)

No	$X_c$ (m)	$Y_c$ (m)	$Z_c$ (m)
1.	280384,280516250	9145518,91433307	4,684
2.	280732,625159218	9149829,99560311	5,036
3.	280537,885581607	9143802,60597696	7,079
4.	279166,973526858	9143802,62277335	2,519
5.	281812,310354590	9142603,75401236	2,184
6.	279349,483000391	9146053,63637445	3,674
7.	283214,859326753	9149023,82183431	5,330

Proses selanjutnya dilakukan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Ada beberapa hal yang perlu dilakukan yaitu membentuk matrik desain / transformasi (A) dan matrik pengukuran (F) (Julza-rika, 2007).

Hitung perataan kuadrat terkecil dimaksudkan untuk mendapatkan harga estimasi dari suatu parameter yang paling mendekati harga sebenarnya dengan cara menentukan besaran yang tidak diketahui (parameter) dari sekumpulan data ukuran yang mempunyai pengamatan lebih (Widjajanti, 1997). Prinsip penyelesaian hitung kuadrat terkecil adalah jumlah kuadrat dari residu adalah minimal (Hadiman, 1999).

$$\Sigma V_i^2 = \text{minimal}$$

Pada hitung perataan berpengaruh faktor akurasi dan presisi (wolf, 1981). Akurasi adalah tingkat kedekatan atau konsistensi pengukuran terhadap nilai yang benar (*true value*) sedangkan presisi adalah tingkat kedekatan atau kedekatan pengukuran terhadap nilai rerata. (Soetaa't, 1996). Ada berbagai metode hitung perataan kuadrat terkecil, diantaranya adalah metode parameter, *minimal constraint* dan *more than constraint* yang menganggap titik penelitian *fixed* (Spiegel, 1975). Metode yang lain adalah metode parameter berbobot dan jaring bebas serta *inner constraint* yang memperhitungkan kesalahan dari titik penelitian (Widjajanti, 1997). Pada penelitian ini menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Salah satu perangkat lunak yang bisa digunakan sebagai bahasa komputasi teknis berupa komputasi, visualisasi, dan pemrograman adalah Matlab. Komputasi tersebut dapat berupa hitung perataan (Hanselman dan Littlefield, 1997).

Metode hitung perataan kuadrat terkecil yang sering dipakai adalah metode parameter dimana besaran pengamatan dinyatakan sebagai fungsi parameter (Widjajanti, 1997).

$$L_a = F(X_a) \dots\dots\dots(1)$$

$$L_b + v = F(X_0 + X_b) \dots\dots\dots(2)$$

Linearisasi dengan deret Taylor dapat dibentuk model linear:  
 $v = AX + F \dots\dots\dots(3)$

$$X_{ib} = s.xia.ds + s.zia.d\Phi + s.yia.dk + dX_0 - v_{xi}$$

$$Y_{ib} = s.yia.ds + s.zia.d\Omega - s.xia.dk + dY_0 - v_{yi}$$

$$Z_{ib} = s.zia.ds - s.yia.d\Omega - s.xia.d\Phi + dZ_0 - v_{zi}$$

Jika  $s.ds = a$  ;  $s.d\Omega = b$  ;  $s.d\Phi = c$  ;  $s.dk = d$

Maka:

$$X_{ib} = a.xia + c.zia + d.yia + dX_0 - v_{xi}$$

$$Y_{ib} = a.yia + b.zia - d.xia + dY_0 - v_{yi}$$

$$Z_{ib} = a.zia - b.yia - c.xia + dZ_0 - v_{zi}$$

Sehingga diperoleh Matrik F sebagai berikut :

**Matriks F (koordinat (c)) (Uotila, 1985)**

$$F_1 = \begin{bmatrix} -x_{1c} \\ -y_{1c} \\ -z_{1c} \\ \dots \\ \dots \\ -x_{7c} \\ -y_{7c} \\ -z_{7c} \end{bmatrix}$$

**Matriks A (koordinat (a)) (Konecny dan Lehmann, 1984)**

$$A_7 = \begin{bmatrix} \frac{\partial X_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial X_{1a}}{\partial dZ_0} \\ \frac{\partial Y_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Y_{1a}}{\partial dZ_0} \\ \frac{\partial Z_{1a}}{\partial a} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial b} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial c} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial d} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Z_{1a}}{\partial dZ_0} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{\partial X_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial X_{7a}}{\partial dZ_0} \\ \frac{\partial Y_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Y_{7a}}{\partial dZ_0} \\ \frac{\partial Z_{7a}}{\partial a} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial b} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial c} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial d} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dX_0} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dY_0} & \frac{\partial Z_{7a}}{\partial dZ_0} \end{bmatrix}$$

**Matriks Bobot (P)**

Jika  $\sigma_0^2 = 2,5^2$ , sehingga matrik P = matrik identitas

(I)

besarnya parameter dapat dicari dengan persamaan:

$$X = -(A^T P A)^{-1} A^T P F$$

Nilai matriks parameter transformasi terdapat pada bagian pembahasan.

Dalam hal ini,

$L_a$  : nilai estimasi pengamatan ;  $X_a$  : nilai estimasi parameter

$L_b$  : nilai pengamatan ;  $v$  : matriks residu/koreksi pengamatan

$X_0$  : nilai pendekatan parameter ;  $X_b$  : koreksi parameter

$X$  = matriks parameter transformasi koordinat (a) terhadap koordinat (c)

$A$  = matriks desain/model transformasi koordinat (a)

$F$  = matriks pengukuran koordinat (c) ;  $P$  = matriks bobot

Penghitungan nilai matriks residu  $V$

$$V = A * X + F$$

Nilai matriks residu  $V_1$  terdapat pada bagian pembahasan. Matrik varian kovarian parameter dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$\Sigma X = (\hat{\sigma}_0^2) * (A^T P A)^{-1}, \text{ untuk koordinat (a) dan koordinat (c)}$$

Nilai matriks varian kovarian parameter terdapat pada bagian pembahasan a posteriori varian:

$$(\hat{\sigma}_o^2)_2 = \frac{V^T * P * V}{n - u}, \text{ untuk koordinat (a) dan}$$

koordinat (c)

Nilai a posteriori varian terdapat pada bagian pembahasan dalam hal ini,

V = matriks residu ; ΣX = matriks varian kovarian parameter

n = jumlah pengamatan ; u = jumlah parameter

$\hat{\sigma}_o^2$  = a posteriori varian

Penghitungan matriks kovarian hasil hitungan (Σv).

$$\Sigma v = \hat{\sigma}_o^2 * (I - A * (A^T * P * A)^{-1} * A^T) \dots \dots \dots (5)$$

Nilai matriks kovarian hasil hitungan terdapat pada bagian pembahasan.

Penghitungan matriks kovarian pengukuran (ΣL).

$$\Sigma L = \hat{\sigma}_o^2 * (A * (A^T * P * A)^{-1} * A^T) \dots \dots \dots (6)$$

Iterasi kedua dilakukan jika  $\frac{\hat{\sigma}_{oi} - \hat{\sigma}_{oi+1}}{\hat{\sigma}_{oi}} >$

toleransi atau a posteriori varian  $\hat{\sigma}_o^2 >$  toleransi.

Nilai matriks kovarian pengukuran terdapat pada bagian pembahasan.

### Hasil dan pembahasan

Penelitian yang mengkaji tentang akurasi dan presisi citra Alos ini menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Citra Alos dibandingkan dengan GPS Geodetik. Proses hitungan menggunakan tujuh parameter yaitu a, b, c, d, dX0, dY0, dan dZ0. Setiap proses perubahan format tampilan peta akan mempunyai kriteria khas dalam menentukan jenis transformasinya (Arsana dan Julzarika, 2007). Setelah penjelasan pada bagian pelaksanaan, maka diperoleh hasil sebagai berikut.

Nilai tujuh parameter titik ikat (X)

#### 1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c) (X2)

No	Parameter	Nilai
1.	a	0.999861907506775
2.	b	-3.6358347495955e-006
3.	c	5.81031754456549e-006
4.	d	-6.75630970967862e-005
5.	dX0	0.671857454108123
6.	dY0	0.233028981951454
7.	dZ0	-2.52733193815344

Nilai residu pengukuran (V) dan kovarian hasil hitungan (ΣV)

#### 1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c)

No	Koordinat	V <sub>2i</sub> (m)	(σV <sub>2i</sub> ) <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )
1.	x <sub>1a</sub>	1.772083705386	0.8067707077777
2.	y <sub>1a</sub>	0.7694905786484	0.8067707162089
3.	z <sub>1a</sub>	-0.0095803549710	0.8000449433824
4.	x <sub>2a</sub>	-0.093486208942	0.5409168504057
5.	y <sub>2a</sub>	-1.345579175499	0.5409169253840
6.	z <sub>2a</sub>	-0.0019744908434	0.4245449625387
7.	x <sub>3a</sub>	-1.1846193840842	0.7428339225268
8.	y <sub>3a</sub>	0.0807444201361	0.7428339225268
9.	z <sub>3a</sub>	0.0009680495534	0.7241284500989
10.	x <sub>4a</sub>	0.5299734937528	0.7022208420927
11.	y <sub>4a</sub>	-0.6191326130006	0.7022209734177
12.	z <sub>4a</sub>	0.0015532793796	0.5903714281355
13.	x <sub>5a</sub>	0.2427344741204	0.6207450050016
14.	y <sub>5a</sub>	0.3396462996881	0.6207451266108
15.	z <sub>5a</sub>	-0.0001298296521	0.3566537400701
16.	x <sub>6a</sub>	-2.1023359441250	0.7768249043407
17.	y <sub>6a</sub>	0.2995669676033	0.7768249335340
18.	z <sub>6a</sub>	0.0065366270216	0.6226220049550
19.	x <sub>7a</sub>	0.8356498638913	0.5360902096198
20.	y <sub>7a</sub>	0.4752635224358	0.5360902186436
21.	z <sub>7a</sub>	0.0026267195117	0.2627589468233

### VI.3.A posteriori varian ( $\hat{\sigma}_o^2$ )

#### 1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c)

$$(\hat{\sigma}_o^2)_2 = \frac{V_2^T * P * V_2}{n - u}, n=21 ; u=7$$

$$(\hat{\sigma}_o^2)_2 = 0.945280746547929$$

Nilai kovarian parameter (ΣX)

#### 1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c) (ΣX2)

No	Parameter	(σ <sub>parameter</sub> ) <sup>2</sup> (m <sup>2</sup> )	Keterangan
1.	a	1.663115128193e-008	(σ <sub>a</sub> ) <sup>2</sup>
2.	b	2.374043133352e-008	(σ <sub>b</sub> ) <sup>2</sup>
3.	c	9.000913266970e-008	(σ <sub>c</sub> ) <sup>2</sup>
4.	d	1.663115997871e-008	(σ <sub>d</sub> ) <sup>2</sup>
5.	dX0	0.426353018596514	(σ <sub>dX0</sub> ) <sup>2</sup>
6.	dY0	0.426350609212002	(σ <sub>dY0</sub> ) <sup>2</sup>
7.	dZ0	0.544482613215484	(σ <sub>dZ0</sub> ) <sup>2</sup>

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa nilai koordinat pada arah sumbu x memiliki akurasi tinggi sebesar  $X0 \pm \sigma_x$ , atau  $0.672 \pm 0.653$  m sehingga akan mengurangi bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian (Julzarika, 2007).

Nilai koordinat pada arah sumbu y memiliki akurasi sangat tinggi sebesar  $Y0 \pm \sigma_y$ , atau  $0.233 \pm 0.653$  m sehingga akan mengurangi bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian (Julzarika, 2007).

Nilai koordinat pada arah sumbu z memiliki akurasi lebih rendah sebesar  $Z_0 \pm \sigma_z$  atau  $2.527 \pm 0.738$  m sehingga bias yang ditimbulkan terhadap pola dan model akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian akan lebih besar. Hal ini akan berpengaruh terhadap besar bias yang terjadi pada arah sumbu x dan sumbu y (Julzarika, 2007).

Bias tersebut dapat terjadi akibat proses perubahan format tampilan peta, misal dari \*.shp ke \*.html pada koordinat UTM akan memiliki bias 3,8 - 3,9 m (*converter software*) dan 3,8 m (*non-converter software*) (Julzarika, 2007).

Nilai kovarian pengukuran ( $\Sigma_L$ )

### 1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c) ( $\Sigma_{L2}$ )

No	Koordinat	$F_{2_i}$ (m)	$(\sigma_{L2})^2$ (m <sup>2</sup> )
1.	$x_{1c}$	-1384.28051625	0.138510038770
2.	$y_{1c}$	-3518.9143330697	0.138510030339
3.	$z_{1c}$	-4.684	0.145235803165
4.	$x_{2c}$	-1732.6251592179	0.404363896142
5.	$y_{2c}$	-7829.9956031106	0.404363821163
6.	$z_{2c}$	-5.036	0.520735784009
7.	$x_{3c}$	-1537.885581607	0.202446824021
8.	$y_{3c}$	-1802.6059769596	0.202446106445
9.	$z_{3c}$	-7.079	0.221152296448
10.	$x_{4c}$	-166.97352685802	0.243059904455
11.	$y_{4c}$	-1802.6227733492	0.243059773130
12.	$z_{4c}$	-2.519	0.354909318412
13.	$x_{5c}$	-2812.3103545900	0.324535741546
14.	$y_{5c}$	-603.75401235930	0.324535619937
15.	$z_{5c}$	-2.184	0.588627006477
16.	$x_{6c}$	-349.48300039098	0.168455842207
17.	$y_{6c}$	-4053.6363744493	0.168455813013
18.	$z_{6c}$	-3.674	0.322658741592
19.	$x_{7c}$	-4214.8593267530	0.409190536928
20.	$y_{7c}$	-7023.8218343109	0.409190527904
21.	$z_{7c}$	-5.33	0.682521799724

Keterangan:

$$F_{2_i} (m) = [(x_{ic}-X_0), (y_{ic}-Y_0), z_{ic}]$$

$$X_0 = 279000 \text{ m}; Y_0 = 9142000 \text{ m}; Z_0 = 90 \text{ m}$$

Uji statistik

Uji statistik yang dilakukan meliputi:

a. Uji global.

Uji global digunakan untuk mengetahui ada tidaknya kesalahan tak acak yang terjadi pada pengukuran proses perubahan format tampilan peta. Uji global dilakukan dengan melihat nilai a posteriori varian dan apriori varian. Proses uji global terdapat pada bagian pembahasan.

b. *Data snooping*

*Data snooping* digunakan jika uji global ditolak. Pada penelitian ini, *Data snooping* bertujuan untuk melihat kesalahan pada masing-masing pengukuran. Proses *data snooping* terdapat pada bagian pembahasan.

c. Uji signifikan parameter

Uji signifikan parameter digunakan pada pengecekan signifikan parameter apakah parameter tersebut eksis atau tidak. Proses uji signifikan parameter terdapat pada bagian

pembahasan. Uji signifikan koordinat (a) terhadap koordinat (c) sebagai berikut :

▪ Uji global dan *data snooping*

Uji global pada bagian ini digunakan untuk mengecek pengukuran perubahan koordinat (a) terhadap koordinat (c) mengalami *blunder* atau tidak. Uji global yang dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha=0.05$ ) dan dengan derajat kebebasan 14. Pada tabel *Fischer* diketahui nilai statistik  $F_{1-0,05, 14, \infty}$  sebesar 1,697 dan diperoleh perbandingan a posteriori dengan apriori varian sebesar  $0.945/(2,5^2)=0,151$  sehingga proses perubahan koordinat (a) terhadap koordinat (c) tidak mengalami kesalahan tak acak atau tidak mengalami *blunder*.

*Data snooping* dilakukan jika uji global ditolak. Untuk lebih meyakinkan tidak ada kesalahan pada masing-masing data maka dilakukan *data snoo-ping*. *Data snooping* dilakukan dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha=0.05$ ) dan dengan derajat kebebasan 14. Pada tabel *Fischer* diketahui nilai statistik  $F^{1/2}_{1-0,05, 14, \infty}$  sebesar 1.303. *Data snooping* pada tujuh titik penelitian dapat dilihat pada tabel berikut ini.

Titik	$ w_i  = \frac{v_i}{\sigma v_i}$			$F^{1/2}_{1-0,05, 14, \infty}$	Ket
	x	y	z		
1	1.972919	0.856699	0.01071	1.303	y, z diterima
2	0.12711	1.82955	0.00303	1.303	x, z diterima
3	1.37446	0.093684	0.001138	1.303	x, y, z diterima
4	0.632437	0.73883	0.002022	1.303	x, y, z diterima
5	0.308088	0.431092	0.00022	1.303	x, y, z diterima
6	2.38529	0.339885	0.008284	1.303	y, z diterima
7	1.141315	0.649106	0.005124	1.303	x, y, z diterima

Pada *data snooping* seluruh data ukuran diterima secara statistik sehingga tidak ada kesalahan tak acak pada perubahan koordinat (a) terhadap koordinat (c).

Dari hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa nilai koordinat pada arah sumbu x mempunyai presisi kurang seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai lebih besar sehingga akan mempengaruhi pola dan model tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

Nilai koordinat pada arah sumbu y mempunyai presisi seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai kecil sehingga akan mempengaruhi pola dan model

tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

Nilai koordinat pada arah sumbu z mempunyai presisi lebih seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai lebih kecil sehingga akan mempengaruhi pola dan model tujuh titik penelitian terhadap tujuh titik penelitian.

▪ **Uji signifikan parameter**

Uji signifikan parameter pada proses perubahan koordinat (a) terhadap koordinat (c). Uji signifikan parameter menggunakan tingkat kepercayaan 95% dan dengan derajat kebebasan 14. Pada tabel *t-student* diketahui nilai statistik  $t_{0,05, 14}$  sebesar 1.761. Tabel berikut berisi tentang uji signifikan koordinat (a) terhadap koordinat (c).

Pada uji signifikan parameter tersebut, parameter transformasi dalam kondisi eksis. Hal ini berarti bahwa seluruh parameter berpengaruh terhadap model transformasi yang digunakan sehingga transformasi 3D memang sesuai untuk perubahan koordinat (a) terhadap koordinat (c).

Parameter	$\frac{x_i}{\sigma x_i}$	$t_{0,05,14}$	Keterangan
a	6.01E+07	1.761	Eksis
b	1.53E+02	1.761	Eksis
c	6.46E+01	1.761	Eksis
d	4.06E+03	1.761	Eksis
dX0	1.58E+00	1.761	Eksis
dY0	5.47E+00	1.761	Eksis
dZ0	4.64E+00	1.761	Eksis

**Analisa perubahan koordinat**

1. Koordinat (a) terhadap koordinat (c)

Titik	Ketelitian= $(\sigma v_x^2 + \sigma v_y^2 + \sigma v_z^2)^{1/2}$ (meter)
1	1.553572
2	1.227346
3	1.486539
4	1.412379
5	1.264177
6	1.475219
7	1.155396

Dari hasil penelitian, diperoleh bahwa ke tujuh titik penelitian memiliki presisi yang kurang seksama. Hal ini dibuktikan dengan nilai ketelitian yang hampir sama serta penyebaran titik, pola, dan model tingkat akurasi dan presisi terhadap tujuh titik penelitian. Akurasi tinggi dan presisi seksama terjadi pada titik 7, 2, dan 5. sedangkan akurasi sedang dan presisi seksama terjadi pada titik 4.

Akurasi sedang dan presisi kurang seksama terjadi pada titik 1, 3, dan 6.

Ketelitian total yang terdapat pada koordinat (a) terhadap koordinat (c) memiliki *range* 1,15 m – 1,56 m untuk setiap piksel yang terdapat pada koordinat (a).

**Kesimpulan**

Dari hasil penelitian tentang akurasi dan presisi citra satelit Alos dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter ini mempunyai beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Akurasi citra Alos yang diperoleh dengan membandingkan dengan GPS Geodetik adalah
  - a. Arah sumbu x  
Nilai koordinat pada arah sumbu x memiliki akurasi tinggi sebesar  $X0 \pm \sigma_x$  atau **0.672 ± 0.653 m**.
  - b. Arah sumbu y  
Nilai koordinat pada arah sumbu y memiliki akurasi sangat tinggi sebesar  $Y0 \pm \sigma_y$  atau **0.233 ± 0.653 m**.
  - c. Arah sumbu z  
Nilai koordinat pada arah sumbu z memiliki akurasi lebih rendah sebesar  $Z0 \pm \sigma_z$  atau **2.527 ± 0.738 m**.
2. Presisi citra Alos yang diperoleh dengan membandingkan dengan GPS Geodetik adalah
  - a. Arah sumbu x  
Nilai koordinat pada arah sumbu x mempunyai presisi kurang seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai lebih besar.
  - b. Arah sumbu y  
Nilai koordinat pada arah sumbu y mempunyai presisi seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai kecil.
  - c. Arah sumbu z  
Nilai koordinat pada arah sumbu z mempunyai presisi lebih seksama. Hal ini ditandai dengan beberapa nilai  $|w_i|$  memiliki nilai lebih kecil.
3. Parameter transformasi 3D yang diperoleh berpengaruh terhadap model transformasi yang digunakan, bebas dari kesalahan tak acak, dan semua parameter bersifat eksis.
4. Ketelitian total yang terdapat pada koordinat (a) terhadap koordinat (c) memiliki *range* **1,15 m – 1,56 m** untuk setiap piksel yang terdapat pada koordinat (a).

**Daftar pustaka**

1. Anam, S., 2005, *Menggunakan ArcInfo untuk Proyeksi Peta*, Cetakan ke-1, Informatika, Bandung.
2. Hadiman., 1999, *Hitung Perataan*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
3. Hadiman., 2005, *Sistem dan Transformasi Koordinat*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

4. Hanselman, D., dan Littlefield, B., 1997, *Matlab*, cetakan ke-9, Andi, Yogyakarta.
5. Julzarika, A., 2008, 3D Modelling Technical of Lapan Tubsat Satellite Imagery Using Videogrammetry and Its Statistical Test (Study of Case: Merapi Volcano, Yogyakarta, Indonesia), ASAIHL SCOPUS Young Scientist Award 2008 (Nominee), Thailand.
6. Julzarika, A., 2008, 3D Modelling Technical of Lapan Tubsat Satellite Imagery Using Videogrammetry and Its Statistical Test (Study of Case: Merapi Volcano, Yogyakarta, Indonesia), Khwarizmi International Award 2008, Iran.
7. Julzarika, A., 2007, *Analisa Perubahan Koordinat Akibat Proses Perubahan Format Tampilan Peta pada Pembuatan Sistem Informasi Geografis Berbasis Internet*, Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.
8. Julzarika, A., 2008, Differential of Digital Surface Model (DSM) to be Digital Elevation Model (DEM) from ALOS Satellite Imagery Using Least Square Adjustment Computation (Study of Case: Cilacap, Indonesia), ASAIHL SCOPUS Young Scientist Award 2008 (Nominee), Thailand.
9. Konecny dan Lehmann, 1984, *Photogrammetrie*, Walter de Gruyter & Co., Berlin, Jerman.
10. Soeta'at., 1996, *Hitung kuadrat terkecil lanjut*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
11. Spiegel, M.R., 1975, *Theory and Problems of Probability and Statistics*, Mc Grow-Hill book company, USA.
12. Uotila, U.A., 1985, *Adjustment Computations Notes*, Department of Geodetic Science and Surveying The Ohio State University, Ohio.
13. Widjajanti, N., 1997, *Diktat Hitung Perataan*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
15. Widjajanti, N., dan Sutanta, H. 2006: *Model Permukaan Digital*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universtas Gadjah Mada, Yogyakarta.
16. Wolf, P.R., 1981, *Adjustment Computations: (practical least square for surveyors)*, edisi ke-2, Institut Teknologi Bandung, Bandung.



