

PERBANDINGAN TEKNIK ORTHOREKTIFIKASI CITRA SATELIT SPOT5 WILAYAH SEMARANG DENGAN METODE *DIGITAL MONO PLOTTING* (DMP) DAN METODE *RATIONAL POLYNOMIAL COEFFICIENTS* (RPCs)

Atriyon Julzarika

Peneliti Bidang Bangfatja, Pusbangja, LAPAN

e-mail: verbhakov@yahoo.com

ABSTRACT

Quality of accuracy and precision is the main problem in survey and mapping. One of the problems in remote sensing is the geometrical correction using the orthorectification of the satellite imagery. Conceptually, it is the same with the orthorectification of oblique air photos. This research study is about how to orthorectify the SPOT5 imagery of Semarang using DMP and RPCs methods. SPOT5 satellite can acquire data with a sensor angle up to 20° , so it produces oblique images. This DMP method use the Colinear equation with the condition of Polynomial order 2 (horizontal) and the height value was obtained from Digital Terrain Model (DTM). RPCs methods use parameters of interior orientation of its metadata and are also assisted by eight ground control points from DTM. Adjustment computation is used to compute the differential orthoimage model to produce new parameter values that will be used for orthorectification. This result of orthorectification is tested by overlaying toward the Indonesian Topography Map (RBI) scale 1:25.000 and the ground survey.

Keywords: *SPOT5, Orthorectification, DMP, RPCs*

ABSTRAK

Kualitas akurasi dan presisi merupakan masalah utama dalam survei dan pemetaan. Salah satu permasalahan tersebut ada pada penginderaan jauh, yaitu dalam koreksi geometrik secara orthorektifikasi pada citra satelit. Secara konsep, hal ini sama dengan proses orthorektifikasi foto udara miring (*oblique*). Penelitian ini mengkaji cara orthorektifikasi pada citra SPOT5 wilayah Semarang dengan metode DMP dan RPCs. Satelit SPOT5 bisa melakukan pemotretan dengan kemiringan sampai 20° sehingga citra yang dihasilkan dalam bentuk *oblique image*. Metode DMP ini menggunakan persamaan Kolinear dengan kondisi Polynomial Orde 2 (horizontal) dan nilai tinggi diperoleh dari *Digital Terrain Model* (DTM). Metode RPCs menggunakan informasi parameter orientasi dalam yang terdapat di metadata serta dibantu dengan delapan titik kontrol tanah dari DTM. Hitung perataan digunakan untuk menghitung penurunan model ortho citra sehingga akan diperoleh nilai parameter baru yang digunakan untuk rektifikasi. Hasil orthorektifikasi ini diuji dengan cara tumpang tindih (*overlay*) terhadap peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000 dan survei lapangan.

Kata kunci: *SPOT5, Orthorektifikasi, DMP, RPCs*

1 PENDAHULUAN

Perkembangan Teknik Geodesi dan Geomatika sudah mencapai kemajuan signifikan pada bidang penginderaan jauh. Hal ini ditandai dengan bermunculannya berbagai jenis

satelit, baik yang bersifat militer, sumber daya alam maupun yang bersifat lingkungan dan cuaca. Satelit sumber daya alam memiliki resolusi spasial dari 0,5 meter sampai puluhan meter (sekitar 60 meter). Satelit tersebut ada yang memiliki resolusi temporal

tinggi dan ada juga yang rendah. Sensor bawaan yang digunakan dalam perekaman citra terdiri dari sensor aktif dan sensor pasif. Sensor aktif atau yang lebih dikenal dengan radar memiliki kelebihan bebas dari efek awan. Misal, satelit Alos (Palsar), TerraSAR, EnviSat. Sedangkan untuk sensor pasif memiliki kelebihan dalam multispektral, akan tetapi tidak bebas dari efek awan. Misal, Ikonos, Worldview-1, QuickBird, SPOT, CartoSat, LAPAN Tubsat, Landsat, dan lain-lain. Pada penelitian ini lebih membahas satelit SPOT-5.

Satelit SPOT (*Systeme Probatoire l'Observation de la Terre*) merupakan satelit sumber daya alam kepunyaan Perancis. Satelit ini diluncurkan pertama kali pada tanggal 21 Februari 1986 dari stasiun Peluncuran Kouro di Guiana, dan merupakan satelit sumber daya alam pertama diluncurkan di Eropa. SPOT dikelola oleh *Centre National de'Etudes Spatiales* (CNES) atau Pusat Nasional Studi Antariksa Perancis yang bekerjasama dengan Belgia dan Swedia. SPOT-1 diluncurkan pada tanggal 27 Februari 1986. SPOT-1 mengorbit hampir polar, sinkron matahari, dengan ketinggian orbit 832 km, dengan frekuensi perekaman ulang atau resolusi temporal 26 hari. Satelit SPOT terdiri atas dua bagian utama, yaitu *platform* dan *payload*. Pada *platform* terdiri dari beberapa peralatan yang mempunyai fungsi sebagai pengontrol orbit satelit, stabilisator gerakan satelit, penjaga transmisi telemetri, penerima perintah dari stasiun Bumi dan pemantau serta pemrogram *payload* melalui komputer dengan memori yang dikirim dari stasiun Bumi. *Payload* terdiri dari alat pengindera Bumi yang terdiri dari 2 buah HRV dan dua pita magnetis pencatat rekaman. Sensor HRV menggunakan 2 model spektral gelombang elektromagnetik, yaitu spektrum tampak dan spektrum infra-merah dekat, yang dipakai pada model pankromatik dan multispektral.

Selain SPOT-1 dan 2, juga ada generasi satelit SPOT-4 dan SPOT-5. SPOT-5 memiliki kelebihan pada resolusi spasial tinggi dan dapat dibuat DEM secara model stereo. SPOT5 memiliki resolusi spasial 5 meter untuk pankromatik dan 10 meter untuk multispektral serta akurasi vertikal DEM sebesar 0,5 - 2,0 meter. Satelit SPOT-5 memiliki tinggi terbang 822 km dan panjang fokus 580 mm. Pengambilan gambar arah depan dan belakang membentuk sudut $\pm 20^\circ$ sehingga dapat menghasilkan *base to height ratio* mendekati satu. Sekali pengambilan gambar dapat meliputi area sekitar 120x60 km². Piksel yang dihasilkan sebesar 12.000 (*detector per line*) untuk setiap garis CCD 6.5 μm (*detector pitch*). SPOT5 memiliki sudut pandang sebesar 8° .

SPOT-5 merupakan salah satu citra satelit yang memiliki perekaman miring/*oblique* sehingga memerlukan koreksi geometrik secara orthorektifikasi. Perekaman miring *oblique* SPOT berkisar sekitar 0 sampai maksimal $\pm 20^\circ$. Pada SPOT5 juga dilengkapi dengan nilai sudut tumbukan atau lebih dikenal dengan *incidence angle*. Setiap pengukuran memiliki kesalahan secara geostatistik, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan non sistematis. Pada citra satelit, kesalahan sistematis meliputi monitor *errors*, deformasi CCD, distorsi lensa, efek refraksi atmosfer, dan pengaruh kelengkungan Bumi. Kesalahan non sistematis meliputi perbedaan tinggi objek di permukaan Bumi, perekaman miring citra, proyeksi citra, transformasi citra.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji koreksi geometrik SPOT-5 secara proyeksi orthogonal dengan persamaan kolinier (*single bundle block adjustment*). Hasil orthorektifikasi ini bisa digunakan untuk pemetaan terestrial dan menjadi alternatif pengganti peta rupa Bumi Indonesia. Berikut tampilan SPOT-5 yang digunakan dalam penelitian ini.

2 LANDASAN TEORI

2.1 Pergeseran Bayangan

Pergeseran bayangan merupakan ketidak-tepatan posisi objek pada citra yang disebabkan oleh perbedaan tinggi terhadap bidang referensi (Harintaka, 2003). Efek pergeseran bayangan objek pada citra selalu menjauhi pusat proyeksi. Pada Gambar 2-2, titik A di permukaan Bumi seharusnya mempunyai bayangan a' pada bidang citra, tetapi karena titik A yang mempunyai elevasi h terhadap bidang datum maka bayangannya berada pada titik a . Pergeseran a' ke a merupakan pergeseran bayangan yang selalu mempunyai sifat menjauhi pusat proyeksi o .

Jika citra mempunyai kemiringan maka pergeseran ideal bayangan adalah sebesar $d=(r-r')$ yang dihitung dengan melibatkan besar kemiringan tilt. Menurut (Moffit and Mikhail, 1980), besar pergeseran bayangan d pada citra tegak dihitung dengan persamaan berikut ini.

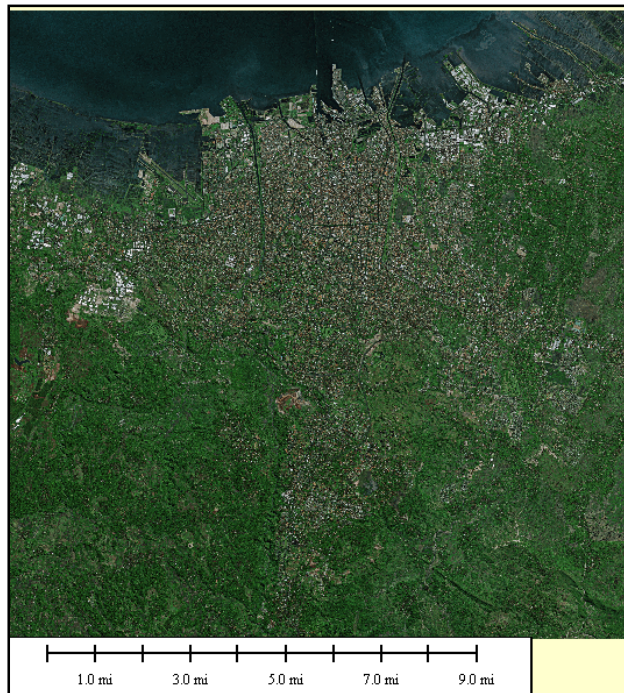
$$d = \frac{r'h}{H-h}$$

dimana:

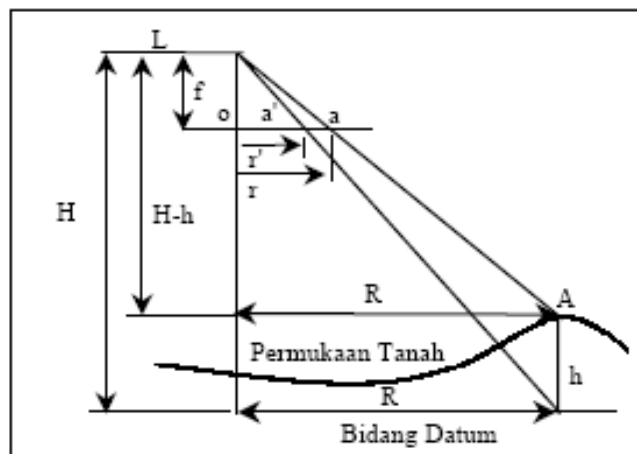
d = pergeseran bayangan

r' = tinggi objek di permukaan Bumi di atas datum

H = tinggi pusat proyeksi di atas bidang datum.



Gambar 2-1: Citra SPOT-5 wilayah Semarang yang belum diorthorektifikasi



Gambar 2-2: Pergeseran bayangan

2.2 Orthoimage

Ortofoto adalah foto yang menyajikan gambaran objek pada posisi ortografik yang benar (Wolf, 1993). Beda utama antara ortofoto dan peta adalah bahwa ortofoto terbentuk oleh objek sebenarnya, sedangkan peta menggunakan garis dan simbol yang digambarkan sesuai dengan skala untuk mencerminkan kenampakan. Ortofoto dapat digunakan sebagai peta untuk melakukan pengukuran langsung atas jarak, sudut, posisi, dan daerah tanpa melakukan koreksi bagi pergeseran letak gambar.

Ortofoto dibuat dari foto perspektif melalui proses *rektifikasi differensial*, yang meniadakan pergeseran letak gambar yang disebabkan oleh posisi miring sensor pada saat perekaman dan variasi topografi. Pada foto miring, pergeseran letak gambar oleh relief tergantung pada tinggi terbang, jarak titik dari nadir, kelengkungan Bumi, dan ketinggian (Frianzah, 2009). Dalam prosesnya, pergeseran letak oleh relief pada sembarang foto dan variasi skala dapat dieliminasi sehingga skala menjadi seragam pada seluruh foto. *Orthoimage* merupakan ortofoto yang dibuat dari beberapa sumber citra satelit seperti ALOS, ASTER, IKONOS, SPOT, Quickbird, dan lain-lain. *Orthoimage* diperoleh dengan melakukan proses ortorektifikasi pada citra.

Ortorektifikasi adalah proses pembuatan foto sendeng/miring ke foto/*image* yang ekuivalen dengan foto tegak. Foto tegak ekuivalen yang dihasilkan disebut foto terektifikasi. Ortorektifikasi pada dasarnya merupakan proses manipulasi citra untuk mengurangi/menghilangkan berbagai distorsi yang disebabkan oleh

kemiringan kamera/sensor dan pergeseran relief. Secara teoritik foto terektifikasi merupakan foto yang benar-benar tegak dan oleh karenanya bebas dari pergeseran letak oleh kemiringan, tetapi masih mengandung pergeseran karena relief topografi (*relief displacement*). Pada foto udara pergeseran relief ini dihilangkan dengan rektifikasi *differensial*. (Frianzah, 2009).

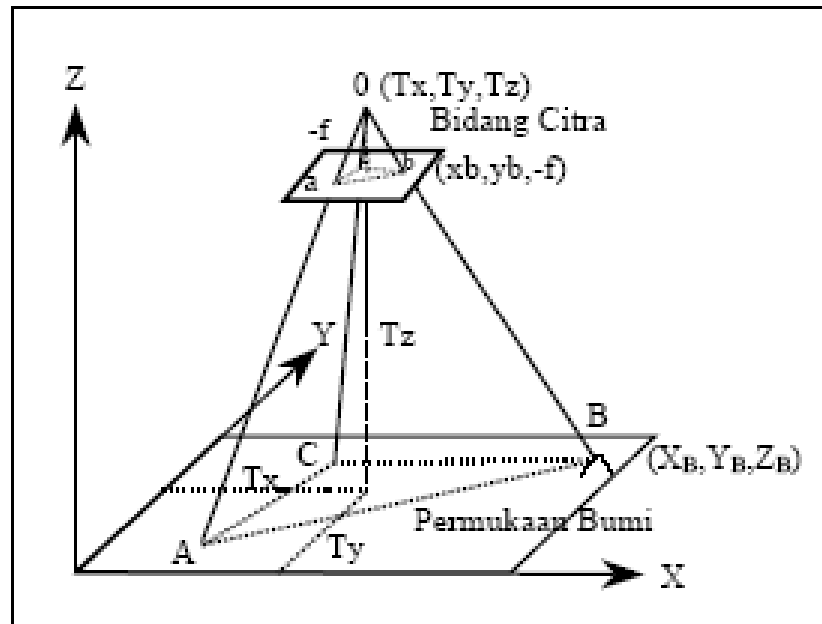
Model matematis yang digunakan pada ortorektifikasi adalah model matematis persamaan kolinear (*rigorous*), dan dalam prosesnya menggunakan input data DEM untuk mengkoreksi pergeseran relief akibat posisi miring sensor pada saat perekaman. Penyelesaian model matematis *rigorous* adalah dengan menghitung posisi dan orientasi sensor pada waktu perekaman *image*. Posisi dan orientasi sensor yang telah teridentifikasi, digunakan untuk menghitung distorsi yang terdapat pada *image*. Model matematis yang digunakan pada ortorektifikasi adalah persamaan Kolinear.

2.3 Persamaan Kolinear

Persamaan kolinear menunjukkan bahwa titik objek di permukaan tanah, bayangan di citra, dan pusat proyeksi terletak pada satu garis lurus atau kesejarisan (Wolf, 1983). Gambar (3) menunjukkan titik B (di permukaan tanah), titik b (pada bidang citra), dan O (pusat proyeksi) terletak pada satu garis lurus.

$$X_i = -f \frac{(r_{11}(X_i - T_x) + r_{12}(Y_i - T_y) + r_{13}(Z_i - T_z))}{(r_{31}(X_i - T_x) + r_{32}(Y_i - T_y) + r_{33}(Z_i - T_z))}$$

$$Y_i = -f \frac{(r_{21}(X_i - T_x) + r_{22}(Y_i - T_y) + r_{23}(Z_i - T_z))}{(r_{31}(X_i - T_x) + r_{32}(Y_i - T_y) + r_{33}(Z_i - T_z))}$$



Gambar 2-3: Konsep persamaan Kolinear

Persamaan Kolinear menurut (Mofitt and Mikhail, 1980).

$$X_i = \frac{(r_{11}X_i + r_{21}Y_i - r_{31}f)}{(r_{13}X_i + r_{23}Y_i - r_{33}f)}(Z_i - T_z) + T_x$$

$$Y_i = \frac{(r_{11}X_i + r_{22}Y_i + r_{32}f)}{(r_{13}X_i + r_{23}Y_i + r_{33}f)}(Z_i - T_x) + T_y$$

dimana:

X_i, Y_i, Z_i = koordinat titik (i) pada sistem koordinat peta

X_i, y_i, z_i = koordinat titik (i) pada sistem koordinat citra

f = panjang fokus sensor/kamera

T_x, T_y, T_z = koordinat titik pusat proyeksi sensor/kamera

r_{11}, \dots, r_{33} = elemen matriks rotasi atau $(\omega, \varphi, \kappa)$

2.4 Perpotongan ke Belakang

Perpotongan ke belakang (*space resection*) merupakan suatu metode penentuan posisi ke arah belakang dari titik yang diketahui koordinatnya (Harintaka, 2003). Pada citra satelit, metode ini digunakan untuk menentukan parameter orientasi (ω, φ, κ) dan posisi pusat proyeksi (T_x, T_y, T_z). Perpotongan ke belakang memerlukan

minimal tiga titik yang diketahui dari koordinat peta atau lapangan (titik A, B, C) dan koordinat citranya (titik a, b, c). Jika telah diketahui enam parameter dengan kondisi skala=1 serta posisi pusat proyeksi sensor/kamera pada saat perekaman maka setiap objek pada citra dapat dihitung koordinat petanya. Dengan syarat harus diketahui tinggi objek di permukaan tanah terhadap referensi.

Penyajian data permukaan Bumi dalam bentuk fungsi permukaan pendekatan, misal dengan fungsi interpolasi polinomial, memberikan keuntungan dari segi efisiensi media penyimpanan. Persamaan polinomial yang dapat digunakan untuk memodelkan permukaan Bumi berbentuk polinomial orde satu atau dua (Li et al, 2005). Interpolasi polinomial orde satu baik untuk daerah datar sedangkan untuk permukaan bergelombang sebaiknya menggunakan polinomial orde dua atau tiga. Berikut ini persamaan polinomial orde satu dan dua.

$$Z(X, Y) = b_0 + b_1X + b_2Y$$

$$Z(X,$$

$$Y) = b_0 + b_1X + b_2Y + b_3XY + b_4X^2 + b_5Y^2$$

dimana:

$Z(X, Y)$ = nilai titik tinggi (1D)
 b_0, \dots, b_5 = koefisien polinomial
 X, Y = koordinat horizontal (2D)

2.5 Tahapan Proses DMP

Data masukan berupa sejumlah titik kontrol tanah (TKT) sudah diketahui koordinatnya (X_2, Y_2, Z_2). Nilai titik tinggi dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan linear orde dua. Selanjutnya melakukan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter yang digunakan untuk menghitung nilai parameter (b_0, b_1, b_2, b_3, b_4). Jumlah parameter tergantung pada jenis model matematika yang digunakan. Selanjutnya dilakukan hitung perataan dengan metode single model bundle yang digunakan untuk menghitung parameter luar (*exterior orientation*). Setelah parameter luar diketahui, maka dibentuk matrik R dengan persamaan berikut ini (Soetaat, 1996).

$$R = \frac{1}{\Delta} \begin{bmatrix} (\nabla + 1/2c^2) & (-a + 1/2bc) & (b + 1/2ac) \\ (a + 1/2bc) & (\nabla + 1/2b^2) & (-c + 1/2ab) \\ (-b + 1/2ac) & (c + 1/2ab) & (\nabla + 1/2a^2) \end{bmatrix}$$

$$\Delta = 1 + 1/4(a^2 + b^2 + c^2)$$

$$\nabla = 1 - 1/4(a^2 + b^2 + c^2)$$

Proses selanjutnya adalah memilih pada salah satu titik di sistem koordinat tanah yang sudah diketahui koordinat 3D nya. Misal I (X_2^i, Y_2^i, Z_2^i), titik I dilakukan pendekatan dengan Z_2^0 dimana Z_2^0 bisa diambil dari titik kontrol terdekat. Proses selanjutnya adalah menghitung nilai X_2^i dan Y_2^i dengan persamaan berikut ini.

$$X_2^i = \frac{(r_{11}X_1 + r_{21}Y_1 - r_{31}f)}{(r_{13}X_1 + r_{23}Y_1 - r_{33}f)}(Z_2^0 - Z_0) + X_0$$

$$Y_2^i = \frac{(r_{11}X_1 + r_{22}Y_1 + r_{32}f)}{(r_{13}X_1 + r_{23}Y_1 + r_{33}f)}(Z_2^0 - Z_0) + Y_0$$

Setelah diperoleh nilai X_2^i dan Y_2^i maka proses selanjutnya adalah menghitung nilai Z_2^1 . persamaan yang digunakan adalah $Z_2^1 = b_0 + b_1X_2^i + b_2Y_2^i + b_3X_2^{i2} + b_4Y_2^{i2}$

Hasil hitungan Z_2^1 digunakan sebagai Z_2^0 . Proses selanjutnya dilakukan iterasi sesuai dengan proses yang dilakukan sebelumnya. Iterasi baru berhenti jika perbedaan X_2^i, Y_2^i , dan Z_2^i dengan hitungan sebelumnya kecil atau mendekati nol.

2.6 Konsep RPCs

Model fungsional RPCs merupakan perbandingan dua polinomial kubik koordinat tanah, dan menyediakan fungsional antara koordinat tanah (Φ, λ, h) dan koordinat cita (L, S) (Frianzah, 2009). Pemisahan fungsi rasional 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)

$$U = \frac{\Phi - \Phi_0}{\Phi_s}, V = \frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda_s}, W = \frac{h - h_0}{h_s}, X = \frac{S - S_0}{S_s}, Y = \frac{L - L_0}{L_s}$$

Keterangan:

Φ : lintang
 λ : bujur
 h : tinggi di atas ellipsoid
 L, S : koordinat baris kolom
 $\Phi_0, \lambda_0, h_0, L_0, S_0, \Phi_s, \lambda_s, h_s, L_s, S_s$: offsets dan faktor skala pada lintang, bujur, tinggi, kolom, dan baris.
 Fungsi rasional baris dan kolom adalah sebagai berikut. (Grodecki dan Dial, 2003)

$$Y = \frac{N_L(U, V, W)}{D_L(U, V, W)} = \frac{c^T u}{d^T u}$$

$$X = \frac{N_S(U, V, W)}{D_S(U, V, W)} = \frac{e^T u}{f^T u}$$

dimana

$$N_L(U, V, W) = c_1 + c_2V + c_3U + c_4W + c_5VU + c_6VW + c_7UW + c_8V^2 + c_9U^2 \\ + c_{10}W^2 + c_{11}UVW + c_{12}V^3 + c_{13}VU^2 + c_{14}VW^2 + c_{15}V^2U \\ + c_{16}U^3 + c_{17}UW^2 + c_{18}V^2W + c_{19}U^2W + c_{20}W^3 = c^T u$$

$$D_L(U, V, W) = 1 + d_2V + d_3U + d_4W + d_5VU + d_6VW + d_7UW + d_8V^2 + d_9U^2 \\ + d_{10}W^2 + d_{11}UVW + d_{12}V^3 + d_{13}VU^2 + d_{14}VW^2 + d_{15}V^2U \\ + d_{16}U^3 + d_{17}UW^2 + d_{18}V^2W + d_{19}U^2W + d_{20}W^3 = d^T u$$

$$N_S(U, V, W) = e_1 + e_2V + e_3U + e_4W + e_5VU + e_6VW + e_7UW + e_8V^2 + e_9U^2 \\ + e_{10}W^2 + e_{11}UVW + e_{12}V^3 + e_{13}VU^2 + e_{14}VW^2 + e_{15}V^2U \\ + e_{16}U^3 + e_{17}UW^2 + e_{18}V^2W + e_{19}U^2W + e_{20}W^3 = e^T u$$

$$D_S(U, V, W) = 1 + f_2V + f_3U + f_4W + f_5VU + f_6VW + f_7UW + f_8V^2 + f_9U^2 \\ + f_{10}W^2 + f_{11}UVW + f_{12}V^3 + f_{13}VU^2 + f_{14}VW^2 + f_{15}V^2U \\ + f_{16}U^3 + f_{17}UW^2 + f_{18}V^2W + f_{19}U^2W + f_{20}W^3 = f^T u$$

dengan

$$u = [1 \ V \ U \ W \ VU \ VW \ UW \ V^2 \ U^2 \ W^2 \ UVW \ V^3 \ VU^2 \ VW^2 \ V^2U \ U^3 \\ UW^2 \ V^2W \ U^2W \ W^3]^T \\ c = [c_1 \ c_2 \ \dots \ c_{20}]^T, d = [d_1 \ d_2 \ \dots \ d_{20}]^T, e = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_{20}]^T, f = [f_1 \ f_2 \ \dots \ f_{20}]^T$$

Denormalisasi RPC menurut Grodecki, Dial, dan Lutes, 2004 adalah sebagai berikut.

$$L = p(\Phi, \lambda, h) \text{ dan } S = r(\Phi, \lambda, h)$$

p, r adalah denormalisasi model RPC, dimana

$$p(\Phi, \lambda, h) = \frac{N_L(U, V, W)}{D_L(U, V, W)} L_s + L_o \\ r(\Phi, \lambda, h) = \frac{N_S(U, V, W)}{D_S(U, V, W)} S_s + S_o$$

Deret Taylor digunakan untuk melinearisasi persamaan RPC tersebut, sehingga:

$$L = p(\Phi_o, \lambda_o, h_o) + \left[\frac{\partial p}{\partial z^T} \Big|_{z = z_o} \right] dz$$

$$S = r(\Phi_o, \lambda_o, h_o) + \left[\frac{\partial r}{\partial z^T} \Big|_{z = z_o} \right] dz$$

dimana

$$\frac{\partial p}{\partial z^T} = \frac{\partial p}{\partial u^T} \frac{\partial u}{\partial y^T} \frac{\partial y}{\partial z^T}$$

$$\frac{\partial r}{\partial z^T} = \frac{\partial r}{\partial u^T} \frac{\partial u}{\partial y^T} \frac{\partial y}{\partial z^T}$$

dengan

$$u = [1 \ V \ U \ W \ VU \ VW \ UW \ V^2 \ U^2 \ W^2 \ UVW \ V^3 \ VU^2 \ VW^2 \ V^2U \ U^3 \\ UW^2 \ V^2W \ U^2W \ W^3]^T$$

$$y = [U \ V \ W]^T$$

$$z = [\varphi \ \lambda \ h]^T$$

Turunan parsial dihitung dengan (Grodecki, Dial, and Luts, 2004)

$$\frac{\partial u}{\partial u^T} = \frac{(d^T u)c^T - (c^T u)d^T}{(d^T u)^2} L_s, \frac{\partial r}{\partial u^T} = \frac{(f^T u)e^T - (e^T u)f^T}{(f^T u)^2} S_s, \frac{\partial u}{\partial y^T} = \frac{\partial u}{\partial U} \frac{\partial u}{\partial V} \frac{\partial u}{\partial W}$$

dengan

$$\frac{\partial u}{\partial U} = [0 \ 0 \ 1 \ 0 \ V \ 0 \ W \ 0 \ 2U \ 0 \ VW \ 0 \ 2VU \ 0 \ V^2 \ 3U^2 \ W^2 \ 0 \ 2UW \ 0]^T$$

$$\frac{\partial u}{\partial K} = [0 \ 1 \ 0 \ 0 \ U \ W \ 0 \ 2V \ 0 \ 0 \ UW \ 3V^2 \ U^2 \ W^2 \ 2VU \ 0 \ 0 \ 2VW \ 0 \ 0]^T$$

dan

$$\frac{\partial y}{\partial z^T} = \begin{bmatrix} \frac{\partial y}{\partial \varphi} & \frac{\partial y}{\partial \lambda} & \frac{\partial y}{\partial h} \end{bmatrix}$$

dengan

$$\frac{\partial y}{\partial \varphi} = \begin{bmatrix} 1 \\ \varphi_s \\ 0 \end{bmatrix}^T, \frac{\partial y}{\partial \lambda} = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ \lambda_s \\ 0 \end{bmatrix}^T, \frac{\partial y}{\partial h} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \\ h_s \end{bmatrix}^T$$

Kemudian dibentuk persamaan observasi sebagai berikut. (Grodecki, Dial, and Lutes, 2004)

$$A \ dz + e = w$$

Keterangan:

A = matrik desain

dz = vektor koreksi untuk nilai pendekatan koordinat tanah

w = matrik pengukuran

dengan

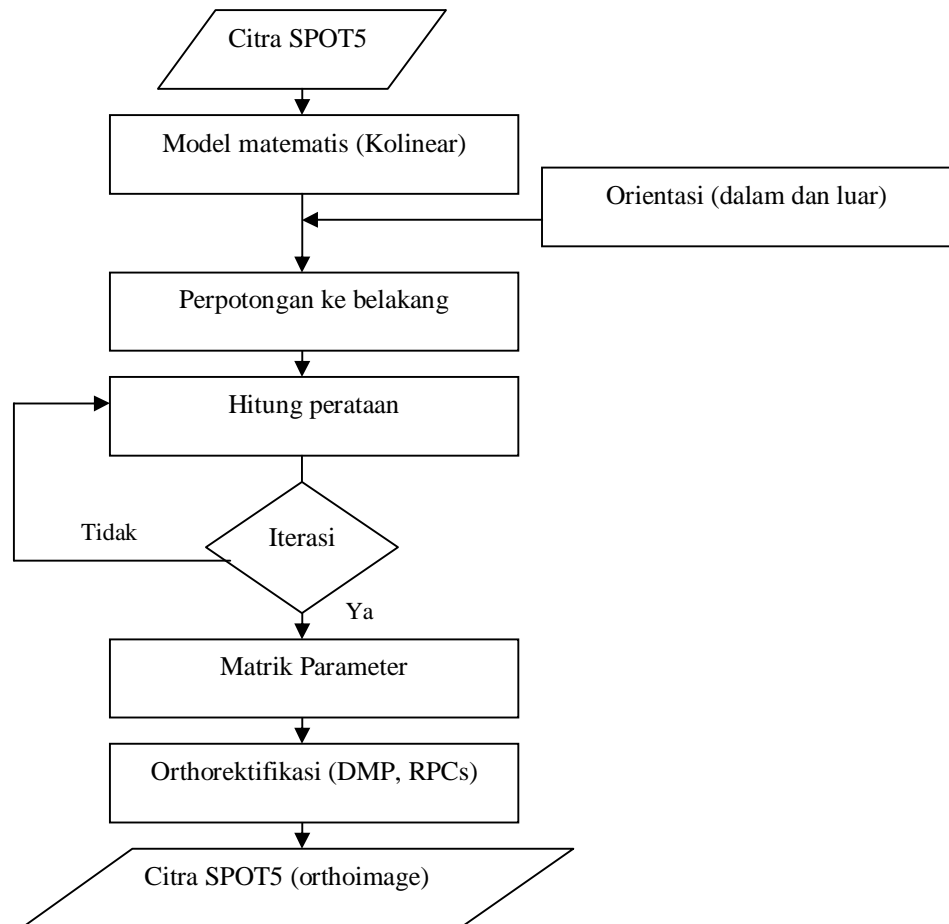
$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial p_1}{\partial z^T} \\ \frac{\partial r_1}{\partial z^T} \\ \frac{\partial p_2}{\partial z^T} \\ \frac{\partial r_2}{\partial z^T} \end{bmatrix} z = z_0, dz = [d\varphi \ d\lambda \ dh]^T, w = \begin{bmatrix} L_1 \\ S_1 \\ L_2 \\ S_2 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} p_1(\Phi_o, \lambda_o, h_o) \\ r_1(\Phi_o, \lambda_o, h_o) \\ p_2(\Phi_o, \lambda_o, h_o) \\ r_2(\Phi_o, \lambda_o, h_o) \end{bmatrix}$$

Koordinat tanah diselesaikan secara iterasi. Pada setiap langkah iterasi, aplikasi dasar hitung perataan kuadrat terkecil menghasilkan perkiraan untuk koordinat tanah pendekatan yaitu (Grodecki, Dial, dan Lutes, 2004).

$$d\hat{z} = (A^T C_w^{-1} A)^{-1} A^T C_w^{-1} w$$

3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini mengkaji bagaimana koreksi geometrik terhadap citra SPOT-5 *oblique*. Serta bagaimana metode DMP terhadap SPOT-5 *oblique*. Bagaimana akurasi dan presisi hasil orthorektifikasi terhadap SPOT-5 *oblique*. Penelitian ini berguna untuk pemetaan terestrial dan menjadi alternatif pengganti Peta Rupa Bumi Indonesia. Berikut diagram alir penelitian orthorektifikasi SPOT-5 dengan metode DMP.



Gambar 3-1: Diagram alir penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

SPOT-5 merupakan salah satu citra satelit yang memiliki perekaman *oblique* maksimal $\pm 20^\circ$. Salah satu alternatif penyelesaian masalah pada perekaman *oblique* adalah dengan Digital Mono Plotting. Metode DMP ini memperhitungkan kondisi pergeseran bayangan dan persamaan Kolinear, serta perpotongan ke belakang.

Koreksi geometri SPOT-5 dengan DMP terlebih dahulu membentuk model matematis. Model yang dibentuk adalah matrik desain (A), matrik pengukuran (L). Setelah itu dilakukan linearisasi dengan deret Taylor. Parameter (ω , ϕ , κ , ΔX_0 , ΔY_0 , ΔZ_0 , s) dapat dihitung dengan hitung perataan kuadrat terkecil metode parameter. Matrik parameter (x) dapat dihiung dengan rumus sebagai berikut. (Julzarika, 2007)

$$x = -(ATPA)^{-1}ATPF$$

Keterangan:

x = matriks parameter transformasi koordinat (1) terhadap koordinat (2)

A = matriks desain/model transformasi koordinat (1)

F = matriks pengukuran koordinat (c);

P = matriks bobot

Kemudian diperoleh nilai pendekatan awal orientasi luar sebagai berikut.

Elemen Pendekatan (X₀) Awal Orientasi Luar:

Omega : 0 radian atau 0 detik

Phi : 0 radian atau 0 detik

Kappa : 0 radian atau 0 detik

T_x : 436684.939 m

T_y : 9224578.965285715 m

T_z : 1605.099714285714 m

Nilai awal orientasi luar ini digunakan sebagai nilai pendekatan untuk menghitung lagi matrik parameter secara iterasi. Iterasi baru

berhenti jika nilai simpangan baku akhir sudah nol. Pada penelitian ini, proses hitungan sudah berhenti pada iterasi ke lima, sehingga diperoleh nilai matrik parameter sebagai berikut.

ω = Omega: 5.997662200939892 radian
atau 1236608.912405672 detik

ϕ = Phi : -2.76587732166584 radian
atau -570273.6219550195 detik

κ = Kappa : 4.667577441386912 radian
atau 962369.6150240328 detik

$\Delta X_0 = T_x$: 437457.4410012797 m

$\Delta Y_0 = T_y$: 9228533.889581349 m

$\Delta Z_0 = T_z$: -32158.38760127155 m

s = skala : 1

Setelah nilai parameter diperoleh maka dilakukan proses orthorektifikasi pada citra SPOT-5. Setiap koordinat baris kolom citra SPOT-5 dapat dihitung nilai koordinat kartesian dan koordinat polar dengan menggunakan persamaan kolinear. Hasil orthorektifikasi ini sudah dapat mengoverlaykan citra dengan berbagai data vektor (jalan) dari peta

Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000. Gambar 4-1 berikut tampilan SPOT-5 sesudah dilakukan orthorektifikasi. Pada metode RPCs dilakukan pendefinisian model kamera sebagai Pushbroom sensor. Panjang fokus SPOT-5 sebesar 580 mm dengan *principal point* x dan y pada 0,0. Ukuran ccd SPOT-5 sebesar 6.5 μm dengan *incidence angle along track* sebesar -6.3526 derajat dan *incidence angle cross track* -5.5776 derajat. RPCs ini menggunakan delapan titik kontrol tanah sehingga diperoleh parameter luar sebagai berikut:

ω = Omega: 6.411296 derajat

ϕ = Phi : -5.508126 derajat

κ = Kappa : 90.617726 derajat

$\Delta X_0 = T_x$: 415556.9703 m

$\Delta Y_0 = T_y$: 9200564.9478 m

$\Delta Z_0 = T_z$: 219350.8460 m

s = skala : 1

Total RMSX yang diperoleh adalah 0.03942728 m dan total RMSY sebesar 0.00814626 m. Gambar 4-2 merupakan citra SPOT-5 (*orthoimage*) metode RPCs yang dioverlaykan pada data vektor jalan.



Gambar 4-1: Citra SPOT5 (*orthoimage*) metode DMP yang dioverlaykan dengan data vektor jalan



Gambar 4-2: Citra SPOT5 (*orthoimage*) metode RPCs yang dioverlaykan dengan data vektor jalan

Hasil orthorektifikasi ini sudah dapat mengoverlaykan citra dengan berbagai data vektor (jalan) dari peta Rupa Bumi Indonesia (RBI) skala 1:25.000. Resolusi spasial SPOT-5 *orthoimage* sebesar 2,5 m bisa digunakan untuk pemetaan skala 1:5000 sehingga bisa menggantikan peta RBI skala 1:25.000.

5 KESIMPULAN

Ada tiga kesimpulan pada penelitian ini, diantaranya:

- Citra SPOT-5 dapat dilakukan proses orthorektifikasi dengan DMP dan RPCs
- DMP dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan kolinear yang meliputi proses orientasi dalam, orientasi luar, perpotongan ke belakang, serta menggunakan hitung perataan kuadrat terkecil. Sedangkan RPCs menggunakan informasi parameter orientasi dalam dibantu dengan titik kontrol tanah.
- Hasil orthorektifikasi citra SPOT-5 dapat digunakan untuk pemetaan 1:5000 sehingga dapat menjadi alternatif untuk peta RBI skala 1:25.000.

DAFTAR RUJUKAN

Frianzah, A., 2009. *Pembuatan Orthoimage dari Citra ALOS Prism*,

Skripsi, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika FT UGM, Yogyakarta.

Harintaka, 2003. *Penggunaan Persamaan Kolinier untuk Rektifikasi Citra Satelit SPOT secara Parsial*. Teknik Geodesi UGM, Yogyakarta.

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.

Li, Z., Zhu, Q., and Gold, C., 2005. *Digital Terrain Modeling Principles and Methodology*. CRC Press. Florida. USA.

Moffitt, F. H. And Mikhail, E. M., 1980. *Photogrammetry*. Edisi Kedua, Harper and Row Publisher, Newyork, USA.

Soeta'at, 1996. *Hitung Kuadrat Terkecil Lanjut*, Jurusan Teknik Geodesi dan Geomatika, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

Wolf, P. R., 1993. *Elemen Fotogrametri*, Penerj. Gunadi, Gunawan, T., dan Zuharnen, Edisi Kedua, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.