

**ANALISIS PENGEMBANGAN PENGOLAHAN ORTOREKTIFIKASI
CITRA LANDSAT OTOMATIS SELURUH INDONESIA UNTUK
MENDUKUNG PROGRAM INDONESIA-AUSTRALIA
FOREST CARBON PARTNERSHIP
(ANALYSIS OF THE DEVELOPMENT OF AUTOMATIC
ORTHORECTIFIED LANDSAT IMAGE PROCESSING OVER
INDONESIA TO SUPPORT THE INDONESIA-AUSTRALIA FOREST
CARBON PARTNERSHIP PROGRAM)**

M. Natsir, Kustiyo

Peneliti Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, Lapan
e-mail: mohnatsir@yahoo.com

ABSTRACT

It had been developed an open source software to substitute the NCAS software from Australia. The software consisted of geometric correction to build an ortho Landsat imagery automatically. In the conventional geometric correction processing type, there were steps interactively done by operator to input the auxiliary data/parameter. In order to have optimal results, therefore, it should be determined the best auxiliary data. The speed and the results of developed software was comparable to the INCAS former software, once it was faster and better than INCAS but at other times not.

Keywords: *Landsat, Ortho rectification, Automatic processing, Accuracy*

ABSTRAK

Telah dikembangkan suatu perangkat lunak sumber terbuka (*open source*) untuk menggantikan peran perangkat lunak NCAS dari Australia. Perangkat lunak tersebut memuat koreksi geometri yang digunakan untuk membuat citra Landsat ortho secara otomatis. Dalam koreksi geometrik konvensional, terdapat langkah-langkah yang harus dilakukan interaktif/manual oleh operator untuk memasukkan data parameter bantu. Kecepatan dan hasil perangkat lunak yang dikembangkan tersebut dapat disejajarkan dengan perangkat lunak INCAS, bahkan kadang-kadang lebih cepat.

Kata kunci: *Landsat, Rektifikasi ortho, Pengolahan otomatis, Ketelitian*

1 PENDAHULUAN

Pemanasan global (*global warming*), yang ditandai dengan naiknya suhu bumi diikuti dengan perubahan cuaca menyebabkan banyak bencana. *Indonesian National "Carbon" Accounting System* (INCAS) adalah suatu program yang dibangun untuk mendukung program pengurangan emisi gas rumah kaca yang murah (*cost effective*). Usaha pengurangan efek gas rumah kaca di Indonesia-terutama di bidang

kehutanan-telah dimulai sejak tahun 2008 ketika Pemerintah Indonesia dan Australia membangun kemitraan dalam masalah "carbon" yang terkandung dalam hutan yang disebut *Indonesia-Australia Forest Carbon Patnership* (IAFCP).

Tujuan dari IAFCP adalah mendukung pencapaian pengurangan emisi gas rumah kaca di Indonesia secara berarti dan berhasil guna melalui pengurangan deforestasi, mendorong penghutanan kembali/reforestasi, dan

meningkatkan manajemen hutan yang berkelanjutan (*sustainable*). Salah satu program IAFCP adalah mengimplementasikan *National Carbon Accounting System*, Australia (NCAS) untuk mengevaluasi dan memonitor hutan Indonesia dan “carbon” hutan (Furby, 2009^{a,b}). INCAS dibentuk oleh pemerintah Indonesia dilaksanakan bersama oleh Lapan, Kementerian Kehutanan, BAPPENAS, Kementerian Pertanian, Kementerian Lingkungan Hidup dan Dewan Nasional Perubahan Iklim Indonesia (DNPI). Lapan berperan sebagai penyedia teknologi dan data penginderaan jauh untuk memonitor perubahan luas hutan sejak tahun 1999 sampai 2009. Dalam aktivitas ini, Lapan harus menerima, merekam dan mengolah data penginderaan jauh (*Landsat*) untuk menentukan luas hutan seluruh Indonesia. Untuk menyelesaikan tugas dalam program itu, Lapan memerlukan data Landsat sebanyak 840 *scene* per tahun, atau secara keseluruhan berjumlah 9240 *scene* (*scene* atau *frame*). Setiap *scene* data tersebut harus sesuai dengan kondisi dipermukaan bumi yang sebenarnya. Karena itu data Landsat harus dibuat *geocoded*, *geocorrected* atau *geometric ortho-corrected*. Lapan harus mengolah data yang begitu banyak secepat mungkin untuk mengejar waktu yang ditentukan.

Proses koreksi geometrik (*geometric processing*) untuk membuat citra-citra *ortho* terdiri atas dua metode yaitu Model Sensor Teliti (*Rigorous Sensor Model*) yang tidak memerlukan titik-titik acuan tanah (*ground control points*, GCP), dan Model Fungsi Rasional (*Rational Function Model*) yang memerlukan titik acuan tanah. Dengan menggunakan kedua metode tersebut pengolahan satu *scene* memerlukan waktu paling sedikit satu hari (9240 *scene* perlu 9240 hari alias 27 tahun). Oleh karena itu, ini memerlukan pengolah yang cepat untuk menyelesaikan tugas INCAS.

Untungnya, Lapan didukung oleh *Australia Commonwealth Scientific and*

Research Organization (CSIRO) yang ikut berperan membantu bersama-sama Indonesia mengolah citra *ortho* and *terrain level* Landsat sebanyak 1022 *scene*. Sebelumnya, perangkat lunak yang digunakan dalam kerja sama ini berasal dari CSIRO. Teknik koreksi geometrik-terutama dalam proses pengambilan GCP dari perangkat itu-masih dirasa membingungkan, terutama oleh pelaksana pengolahan data yang kurang terlatih dan kurang pengetahuan. Oleh karena itu, kebutuhan dalam membangun suatu metode pengolahan data dan ketentuan operasional baku merupakan suatu hal yang sangat penting untuk melaksanakan pengolahan data, bahkan setelah program INCAS selesai. Kemudian pada tahun 2010 Lapan mengembangkan perangkat lunak tersebut melalui kegiatan penelitian yang dibiayai oleh Kementerian Pendidikan melalui program RIK (Riset Insentif Kemandirian).

Tujuan dari riset ini adalah mengembangkan atau menyempurnakan metode pengolahan citra *ortho* berdasarkan pada sistem NCAS, perangkat lunak *ERDAS Imagine* dan perangkat lunak *ER Mapper* untuk kelanjutan program INCAS di tahun-tahun mendatang. Sedangkan sasaran dari penelitian ini antara lain adalah: 1) tersedianya metode pengolahan tingkat *ortho*, 2) tersedianya perangkat lunak pengolahan data tingkat *ortho*, 3) tersedianya prosedur operasional baku pengolahan data tingkat *ortho*, 4) tersedianya data Landsat terkoreksi *ortho*, 5) tersedianya keluaran yang valid dibandingkan dengan produk *ortho* *United State Geographical Survey* (USGS), produk *ortho* Australia dan GCP geodetik.

2 LATAR BELAKANG TEORI

Koreksi *ortho* adalah koreksi geometri untuk memperbaiki distorsi yang biasanya disebabkan oleh sifat sensor, arah pengamatan dan pergeseran *relief* permukaan sehingga arah pandang mengalami suatu

proyeksi perspektif. Kondisi ini dapat terjadi pada citra yang obyeknya mempunyai banyak variasi permukaan, seperti adanya lembah, puncak gunung atau daerah berbukit. Pada dasarnya, koreksi *ortho* dilakukan untuk mengubah atau mentransformasikan citra panoramik (proyeksi perspektif) menjadi proyeksi orthogonal (Okeke, 2008 dalam Kartasmita, 2008). Dari papan citra ditransformasikan ke datum dan proyeksi peta (Gambar 2-1).

Terdapat dua kelompok besar metode ortho rektifikasi (Kartasmita, 2008). Pertama, Model Sensor Teliti (*Rigorous Sensor Model*) yang merupakan model fisika yang menggambarkan geometri penginderaan, sifat sensor dan transformasi dari ruang obyek ke ruang citra. Parameter dari model terdiri atas orientasi external (X_o, Y_o, Z_o) dengan koordinat pusat perspektif O, dalam ruang obyek yang disebut juga ruang tanah (*ground space*). Juga elemen rotasi atau orientasi antara ruang obyek dan ruang citra, yaitu antara ruang X, Y, Z dan ruang x, y, z yang biasanya didefinisikan dalam tiga sudut orientasi. Ketiga sudut tersebut adalah ω pada sumbu x, ϕ pada sumbu y, dan κ tegak lurus garis sumbu pada bidang x, y. Orientasi Internal: f jarak *focus* utama, koordinat titik utama (x_o, y_o) dalam titik-titik acuan sistem koordinat. Koreksi

kesalahan sistematis (*Systematic Error Corrections*) yang biasanya diabaikan karena pengaruhnya kecil: distorsi lensa dan refraksi atmosfer.

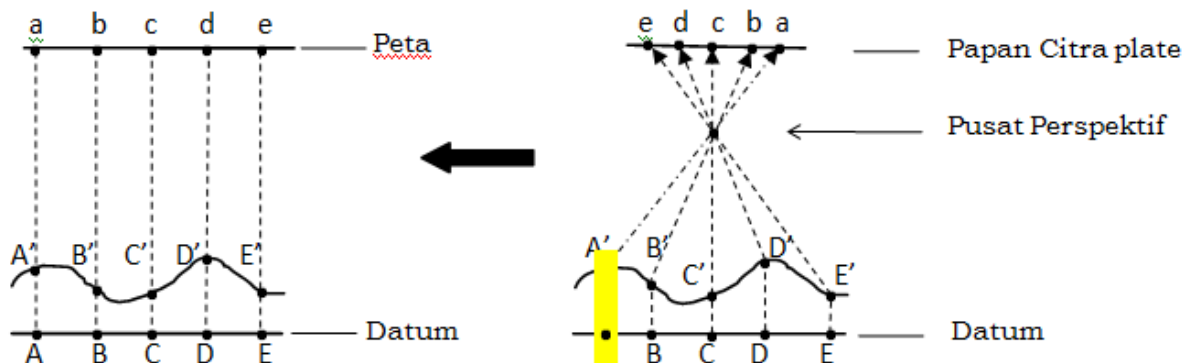
Perumusan Model *Colinear*:

$$x - x_0 = -f \frac{m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (2-1)$$

$$y - y_0 = -f \frac{m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (2-2)$$

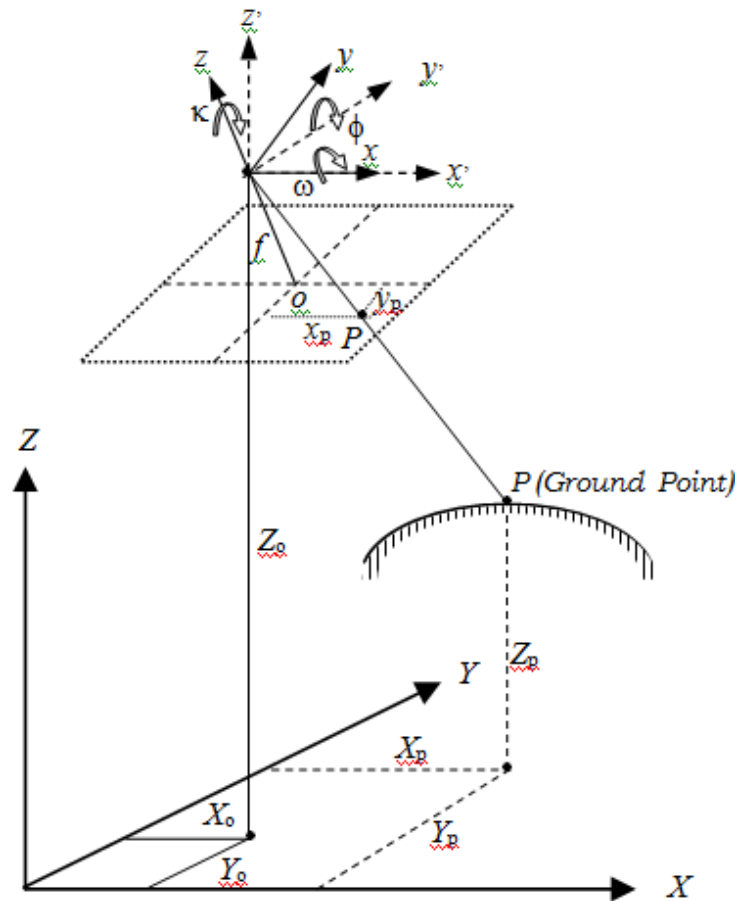
Di sini X, Y, Z merupakan koordinat obyek di atas permukaan bumi (*lintang, bujur, ketinggian*) dan m_{ij} merupakan elemen-elemen matriks (3x3) rotasi orde ketiga, yang menggambarkan rotasi dari sudut-sudut ω, ϕ dan κ terhadap koordinat obyek pada permukaan bumi yang tepat sesuai dengan persamaan di atas. Hubungan di atas digambarkan dalam Gambar 2-2.

Secara teoritis, model ini sangat bagus untuk ortho-rektifikasi tanpa GCP dengan syarat bahwa semua parameter sensor ada. Model parameter sensor di atas itu diimplementasikan dalam produk *Commercial of The Self* (COTS) dari perangkat lunak PCI *Orthoengine* (Toutine, 2003 dan Di et., al., 2002) yang memerlukan informasi dari metadata, (misalnya *ephemeris, attitude* dan *sensor view angle*) dan sejumlah kecil GCP (kurang dari sepuluh).



- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Proyeksi Orthogonal • Skala Uniform • Tidak ada pergeseran relief | <ul style="list-style-type: none"> • Proyeksi Perspektif • Skala Non-uniform • Pergeseran Relief |
|---|---|

Gambar 2-1: Transformasi proyeksi perspektif ke proyeksi orthogonal



Gambar 2-2: Hubungan antara sistem koordinat bumi X(Lintang),Y(Bujur), Z(Ketinggian) dan sistem koordinat citra x, y (Kartasasmita, 2008)

Metode yang kedua disebut dengan *Rational Function* (RF), yaitu teknik ortho-rectifikasi yang menggunakan definisi hubungan parameter antara ruang citra, kolom (x), baris (y) dan ruang obyek/tanah, lintang (X), bujur (Y), dan ketinggian (Z). Parameter-parameter atau koefisien-koefisien dari fungsi *parametric* tersebut dapat dicari dengan menggunakan banyak (sampai cukup) titik-titik acuan tanah atau GCP.

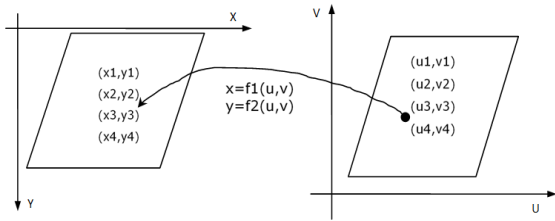
Rumus umum fungsi parameter dari RF adalah:

$$x = \frac{P_1(X, Y, Z)}{P_2(X, Y, Z)} \quad (2-3)$$

$$y = \frac{P_3(X, Y, Z)}{P_4(X, Y, Z)} \quad (2-4)$$

P adalah polinomial orde satu sampai orde tiga, dengan indeks $i = 1, 2, 3, 4$. Polinomial tersebut digunakan

untuk mencari sejumlah koefisien yang diperlukan (contoh, nilai koefisien orde-3 adalah 19) dan diperoleh jumlah minimum GCP yang diperlukan. Biasanya jumlah GCP yang digunakan mencapai satu setengah sampai dua kali jumlah minimum yang diperlukan. Teknik varian RF yang sering digunakan adalah *RF Coefficient* (RFC). Penjual data biasanya memberikan koefisien yang diperlukan bersama data yang dibeli pengguna yang harus dikoreksi menggunakan metode RFC yang dilakukan sendiri oleh pengguna. Penyempurnaan RFC oleh pengguna dapat dilakukan dengan menggunakan sedikit GCP saja. Akhir-akhir ini, ortho-rectifikasi beralih ke teknik RFC (Kartasasmita, 2008), karena ketelitiannya cukup menjanjikan dibanding dengan model sensor teliti/*Rigorous Sensor Model* tanpa menggunakan karakteristik sensor yang sukar diperoleh/dirahasiakan.

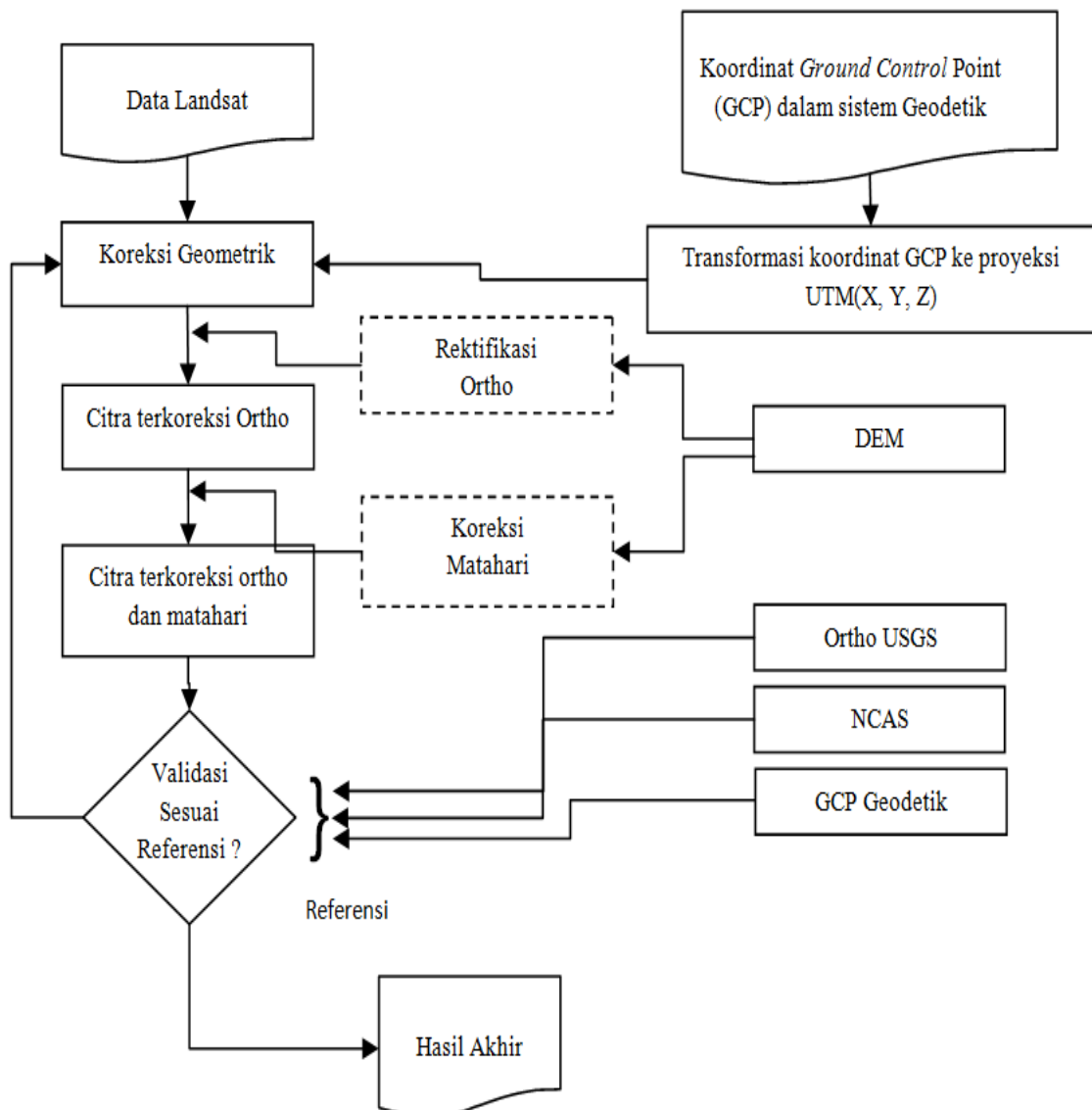


Gambar 2-3: Rektifikasi citra

Rektifikasi dapat juga diperoleh dengan transformasi koordinat dari citra yang direktifikasi ke koordinat citra referensi. Hubungan antara kedua ruang koordinat dapat ditulis sebagai persamaan berikut.

$$\begin{aligned} x &= f_1(u, v) \\ y &= f_2(u, v) \end{aligned} \quad (2-5)$$

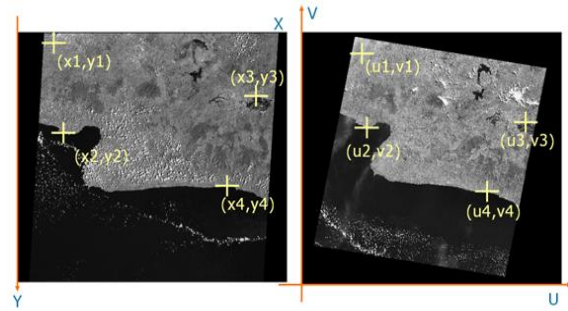
Seluruh langkah pengolahan data satelit dalam program INCAS terdiri atas pemilihan scene, koreksi geometrik berdasarkan penyesuaian titik (*point matching*) dan prediksi titik (*point prediction*), koreksi radiometrik (*radiometric correction*), penutupan awan (*cloud masking*) dan mosaik untuk seluruh kawasan Indonesia, klasifikasi hutan, perhitungan luas hutan dan perhitungan "carbon". Keseluruhan langkah tanpa mosaik, klasifikasi hutan dan perhitungan luas hutan sampai ke perhitungan "carbon" digambarkan dalam diagram alir dalam Gambar 2-4.



Gambar 2-4: Diagram Alir Pengolahan Data Satelit

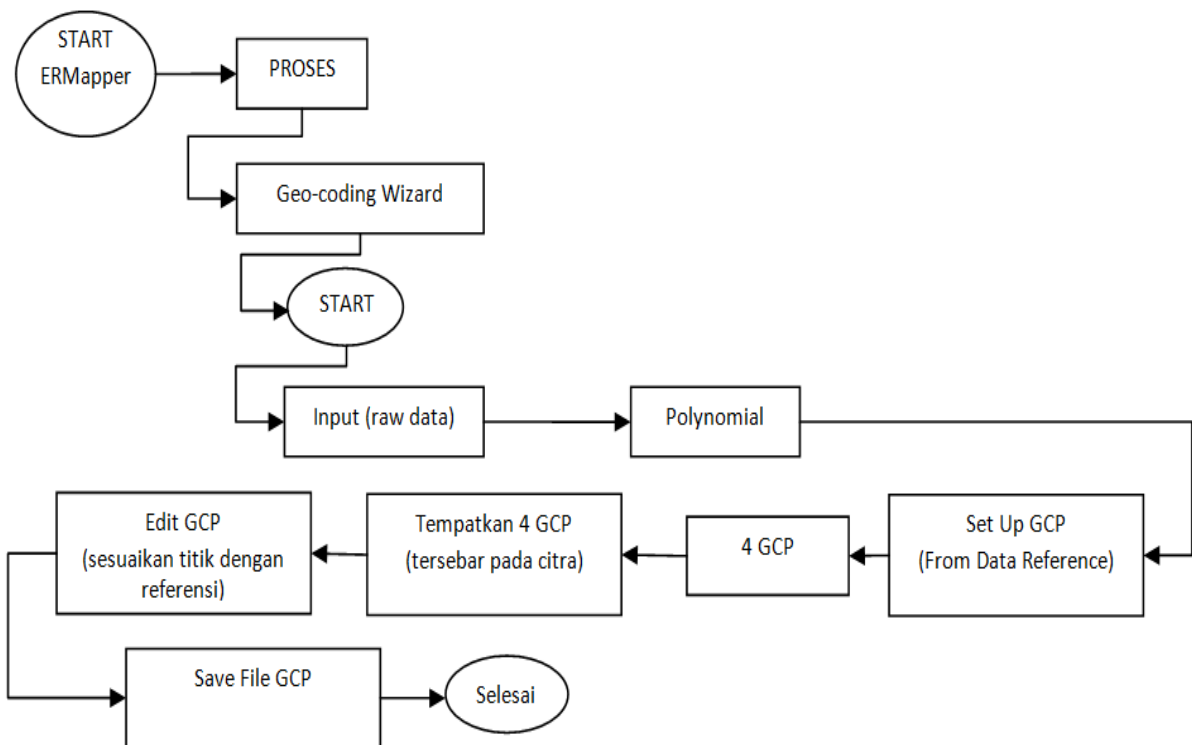
3 DATA DAN METODOLOGI

Data yang digunakan dalam penelitian adalah *Landsat* data baik data TM dari *Landsat 5* maupun data ETM+ dari *Landsat 7*, dan data model elevasi digital (*Digital Elevation Model = DEM*) dari *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*. Dalam penelitian terdapat empat jenis masukan; yaitu masukan pertama, data mentah *Landsat* sebagai masukan sesungguhnya, masukan kedua adalah data *Landsat* yang sudah diproses dengan ortho-rectifikasi (*ortho-rectified*) sebagai data referensi, masukan ketiga adalah data DEM dari SRTM sebagai referensi ketinggian atau relief, dan masukan terakhir adalah titik-titik acuan tanah atau *Ground Control Points (GCPs)*. Data yang digunakan untuk riset awal ini adalah *Landsat 7 ETM+ path 120 row 66*, daerah Jawa Barat. Pekerjaan yang paling penting dalam penelitian ini adalah registrasi data masukan (*raw data*) dengan data referensi. Kelihatannya mudah, namun jadi tidak mudah kalau harus dilakukan ribuan kali, memerlukan tenaga dan waktu.



Gambar 3-1: Proses Penyesuaian Titik (*Point Matching*)

Pemeran utama dari perangkat lunak ini adalah berdasarkan *ER Mapper* dan mungkin juga dapat menggunakan perangkat lunak khusus penginderaan jauh digital seperti *ERDAS Imagine* atau *ENVI*. Bagian penting dari *ER Mapper* yang digunakan dalam proses ini adalah *geocoding wizard* yang memfasilitasi koreksi geometrik data penginderaan jauh. Pengembangan pengolahan otomatis dimulai dari sini. Sebelum pengolahan otomatis dimulai, harus dijalankan secara manual pemilihan 4 (empat) GCP yang cocok dengan citra (seperti dalam Gambar 3-1), kemudian mengikuti prosedur berikut.



Gambar 3-2: Proses manual pemilihan GCP

Tabel 3-1: PERBANDINGAN LANGKAH PERANGKAT LUNAK SCIRO DAN LAPAN

CSIRO		Buatan Lapan	
Langkah		Langkah	
1	Pemilihan 4 GCP awal	1	Pemilihan GCP awal
2	Penyesuaian Citra (<i>Image Matching</i>)	2	<i>Image Matching</i>
3	GCP Editing	3	GCP Checking
4	Attaching The Elevation	4	GCP Editing
5	Setup the Geocorrection		
6	Performing Geocorrection	5	Performing Geocorrection
7	Second Image Matching		
8	Sun Correction	6	Sun Correction

Bagian proses pengolahan yang otomatis adalah penyesuaian titik (*point matching*), bagian *image matching* ditulis dalam bahasa C. Proses terdiri atas beberapa langkah yaitu pemilihan GCP, koreksi GCP, *re-sampling* dan pengujian ketelitian koreksi geometrik. Daftar langkah-langkah otomatis ada dalam Tabel 3-1.

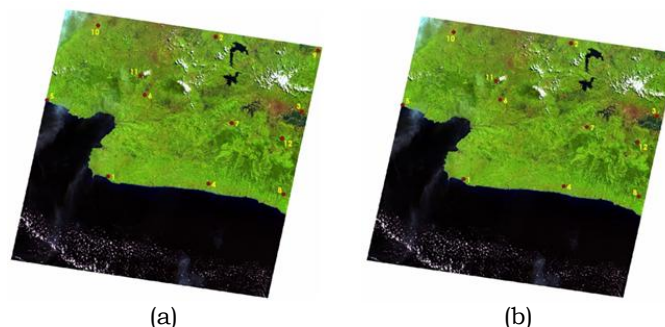
Dengan demikian ada dua perangkat lunak serupa yang digunakan di INCAS, yakni perangkat lunak CSIRO (Wallace et. al., 2009 dan Wu et. al, 2009) dan perangkat lunak buatan Lapan sendiri (Tabel 3-1). Berdasarkan Tabel 3-1 tersebut, perangkat buatan Lapan lebih pendek dari bikinan CSIRO.

Kualitas hasil pengolahan tergantung kepada parameter-parameter: *bands/channels*, ukuran jendela (*window size*), radius pencarian (*seeking radius*), ambang/*threshold* dan metode *point matching*. Agar memperoleh hasil yang optimum, maka dipilih parameter-parameter yang cocok.

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengolahan disajikan dalam Gambar 4-1. Ini sebanding dengan citra *ortho* produksi CSIRO maupun USGS.

Urutan pengolahan perangkat lunak CSIRO adalah; pemilihan 4 GCP pertama, pencocokan citra (*image matching*), pengeditan GCP, penambahan elevasi, persiapan koreksi geometrik (*setup the geocorrection*), eksekusi koreksi geometrik (*performing geocorrection*), pencocokan citra ulang (*second image matching*) dan koreksi sudut matahari (*sun correction*). Pemilihan dilakukan untuk empat GCP pertama dalam penyesuaian citra (*image registration*), dan secara otomatis titik-titik lainnya dalam citra mengikuti fungsi transformasinya, sehingga mereka berpindah tempat menyesuaikan posisinya masing-masing. Proses pencocokan citra (*image matching*) memfasilitasi pemasukan GCP lain di luar keempat titik awal. Bila terdapat kesalahan titik, perangkat lunak akan menghapus mereka dengan mengubah GCP (*GCP editing*).



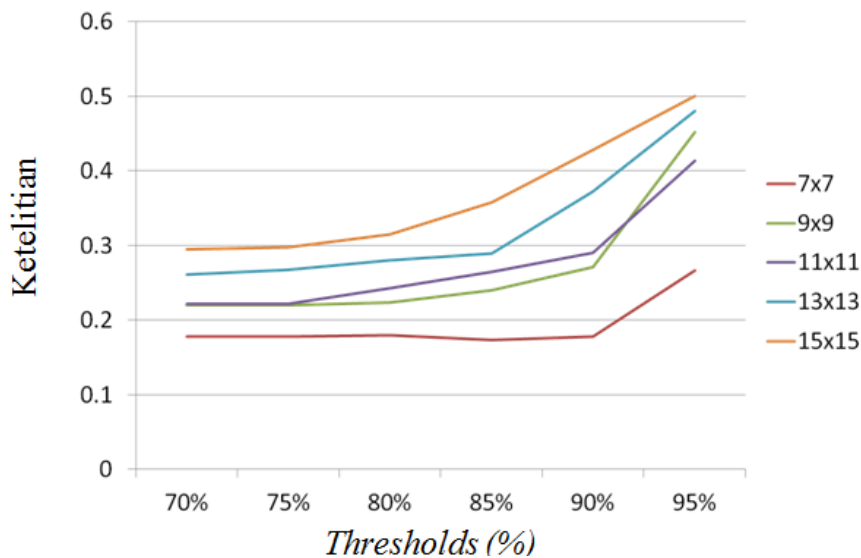
Gambar 4-1: Hasil Ortho-Rektifikasi (a) perangkat lunak Lapan, (b) CSIRO

Pelekatan ketinggian (*attaching the elevation*) akan mengoreksi ketinggian titik, yaitu dengan menyisipkan data *Digital Elevation Model* (DEM) dalam proses untuk mengoreksi GCP terkait dengan penyiapan koreksi geometrik (*setup geocorrection*). Koreksi geometrik dijalankan dengan proses *performing geocorrection*. Proses *second image matching* digunakan untuk memeriksa kesalahan (*error*) posisi pada GCP. Bila terdapat kesalahan pada GCP, maka proses diulangi dari *GCP editing*. Hal ini menyebabkan proses menjadi sedikit lebih lama.

Perangkat lunak buatan Lapan menggunakan perangkat lunak CSIRO sebagai referensi, namun kesalahan pada GCP telah dieliminir dari awal. Karena itu urutan pengolahan menjadi: pemilihan GCP awal, pencocokan citra (*image matching*), pemeriksaan GCP (*GCP checking*), pengubahan GCP (*GCP editing*) kemudian pelaksanaan koreksi geometrik (*geocorrection*). GCP secara otomatis dicari dengan algoritma *image matching*, dengan menggunakan

parameter-parameter; *band 5*, *window size* 15 x 15, radius pencarian (*seeking radius*) 7 piksel, *threshold* > 85%. Keempat parameter itu dipilih yang paling optimal memberikan angka ketelitian tertinggi. *Band 5* dipilih dari 8 (delapan) *band* TM yang dimiliki oleh *Landsat* mewakili *band-band* lain karena berdasarkan penelitian awal memberikan hasil lebih teliti dari yang lain. Untuk menentukan nilai parameter terbaik dilakukan pemilihan menggunakan percobaan, dengan membuat satu parameter atau parameter yang lain tetap. Sebagai contoh untuk memilih ukuran jendela (*window size*) dilakukan dengan memilih pelaksanaan menggunakan *band 5* dan radius pencarian 7 piksel. Gambar 4-2 memperlihatkan ketelitian *band 5* sebagai fungsi *window size* dan *threshold*. Dari grafik tersebut dipilihlah *threshold* > 85% dan ukuran jendela 15 x 15 sebagai parameter yang paling baik.

Perbandingan kecepatan pengolahan kedua perangkat lunak dapat dilihat dalam Tabel 4-1.



Gambar 4-2: Grafik ketelitian versus *thresholds* untuk berbagai ukuran jendela

Tabel 4-1: WAKTU PENGOLAHAN BEBERAPA CONTOH

Path/Row	Waktu Pengolahan (detik)	
	Lapan	CSIRO
112/65	23.21	22.85
122/65	22.6	22.7
110/57	22.6	22.6

Kecepatan pengolahan diambil dari beratus proses secara acak, nilai kecepatan kedua perangkat itu berimbang, memberikan angka catatan waktu yang hampir sama. Walaupun dalam catatan ini kadangkala perangkat CSIRO lebih unggul, atau pada suatu saat perangkat lunak Lapan memberikan catatan waktu yang lebih tajam.

Perbandingan hasil pengolahan ortho-rektifikasi dengan perangkat lunak Lapan terhadap hasil ortho-rektifikasi dengan CSIRO (NCAS) diperlihatkan dalam Tabel 4-2. Selisih nilai menunjukkan perbedaan penunjukan

suatu lokasi, *Easting* memberikan posisi ke arah timur dari titik acuan, sedangkan *Northing* memberikan posisi ke arah utara dari titik acuan. Penunjukkan Δd (m) merupakan jarak dari titik-titik *footprint* yang diperbandingkan. Misalkan untuk titik 1 perbedaan *Easting* (665940.521 E - 665921.739 E) dan *Northing* (9184878.533 N - 9184872.234 N), maka Δd (m) adalah 9,359026. Kedua perangkat lunak menghasilkan citra terkoreksi yang mempunyai perbedaan terkecil 0,084611 m dan terbesar 40,05925 m.

TABEL 4-2: PERBANDINGAN LOKASI *FOOTPRINT* CITRA ORTHO LAPAN DAN CSIRO

NO	Lapan ORTHO		Δd (m)	CSIRO ORTHO	
	Easting	Northing		Easting	Northing
1	665940.521 E	9184878.533 N	9.359026	665921.739 E	9184872.234 N
2	743040.874 E	9285280.183 N	17.8684	743021.388 E	9285273.066 N
3	804788.099 E	9231328.065 N	0.084611	804773.699 E	9231323.265 N
4	738015.666 E	9179578.872 N	6.376583	737998.018 E	9179573.829 N
5	622064.485 E	9239681.205 N	32.52877	622023.613 E	9239675.632 N
6	692214.622 E	9243377.584 N	28.35042	692174.472 E	9243371.41 N
7	754563.165 E	9223254.933 N	10.17421	754548.075 E	9223249.903 N
8	791738.996 E	9171976.007 N	1.38915	791723.679 E	9171972.178 N
9	816640.426 E	9275255.958 N	3.00924	816624.292 E	9275250.58 N
10	658791.183 E	9293429.329 N	35.37973	658750.144 E	9293424.999 N
11	689289.097 E	9257303.981 N	24.93651	689248.607 E	9257296.836 N
12	791018.621 E	9212326.323 N	40.05925	790973.356 E	9212348.117 N

5 KESIMPULAN

Dari uraian bab-bab terdahulu, maka dapat disimpulkan bahwa personel Lapan telah berhasil membuat pengolahan data *Landsat* secara otomatis, sehingga dapat digunakan untuk mengolah data yang demikian banyaknya sesuai pada waktu yang ditentukan. Perangkat lunak tersebut tidak kalah dengan buatan CSIRO. Dengan berhasilnya dibuat perangkat lunak pengolahan data *Landsat* ortho oleh personel Lapan membuka peluang dibuatnya perangkat lunak untuk data yang lain.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih kami sampaikan kepada anggota tim RIK DIKTI 2010 yang telah menyediakan data yang telah digunakan dalam tulisan ini.

DAFTAR RUJUKAN

- Di, K., R. Ma, R. Li, 2001. *Deriving 3-D Shorelines from High Resolution IKONOS Satellite Images with Rational Functions*, ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing) Annual Conference, St. Louis, MO.
- Furby, Suzanne. August 2009^a. *Quality Assurance Documentation, Prepared for the Indonesian – NCAS Project*, CSIRO Mathematical and Information Sciences.
- Furby, Suzanne. September 2009^b. *Quality Assurance Documentation, Prepared for the Indonesian–NCAS Project, General Guidelines for Cecking the Terrain Illumination Correction of Landsat Images*, CSIRO Mathematical and Information Sciences.
- Kartasasmita, M., 2008. *Komentar Terhadap Makalah Metoda Baru Koreksi Geometrik Data Satelit SPOT-4 Level-2A Oblque; Studi Kasus: Kab. Sukabumi (M.Arief dkk, 2008)*, BERITA INDERAJA Volume VI, No. 13.
- Toutine, Thierry, 2003. *Geometric Processing of Remote Sensing Images: Models, Algorithms and Methods* (Review paper), Canada Center for Remote Sensing.
- Wallace, Jeremy, dan Suzanne Furby, 2009. *Report on The Training Course Image Rectification and Correction*, CSIRO Mathematical and Information Sciences.
- Wu, Xiaoliang, Suzanne Furby, dan Jeremy Wallace, 2009. *An Approach for Terrain Illumination Correction*, CSIRO Mathematical and Information Sciences.