

SKRIPSI

UJI KETELITIAN KOREKSI GEOMETRIK PADA CITRA ALOS AVNIR-2 METODE GROUND IDENTIFIED POINT DENGAN GPS NAVIGASI

(Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Bondowoso)



Di susun oleh :

TYAZ PURWOKO

10.25.908

**PROGRAM STUDI TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2013**

2018

ANNALS

MEMORIAL ASSOCIATION OF AMERICANS
HONORING AMERICAN MEN AND WOMEN
WHO SERVED IN THE U.S. ARMY

ANNALS

OF THE ASSOCIATION

OF AMERICAN MEN AND WOMEN

(This is a preliminary report of the Association)

ANNALS

OF THE ASSOCIATION OF AMERICAN MEN AND WOMEN
WHO SERVED IN THE U.S. ARMY

ANNALS

LEMBAR PERSETUJUAN

**UJI KETELITIAN KOREKSI GEOMETRIK
PADA CITRA ALOS AVNIR-2 METODE GROUND IDENTIFIED POINT
DENGAN GPS NAVIGASI
(Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Bondowoso)**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1
Institut Teknologi Nasional Malang**

Oleh :

TYAZ PURWOKO

10.25.908

Menyetujui:

Dosen Pembimbing I



(Ir. M. Nurhadi, MT)

Dosen Pembimbing II



(Ir. Leo Pantimena, MSc.)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(Ir. Agus Darpono, MT)





LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

UJI KETELITIAN KOREKSI GEOMETRIK

PADA CITRA ALOS AVNIR-2 METODE GROUND IDENTIFIED POINT

DENGAN GPS NAVIGASI

(Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Bondowoso)

Telah Dipertahankan di Hadapan Panitia Penguji Skripsi Jenjang Strata-1 (S-1)

Pada Hari : Jum'at

Tanggal : 23 Agustus 2013

Dan diterima untuk memenuhi persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Teknik (ST)

Oleh :

TYAZ PURWOKO

10.25.908

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. M. Nurhadi, MT)

Penguji II

(M. Edwin Tjahjadi, ST., MGeomSc., PhD.)

Penguji III

(Silvester Sari Sai, ST., MT)

**UJI KETELITIAN KOREKSI GEOMETRIK PADA CITRA ALOS
AVNIR-2 METODE GROUND IDENTIFIED POINT DENGAN GPS
NAVIGASI**

(Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Bondowoso)

Tyaz Purwoko 1025908

Dosen Pembimbing I : Ir. M. Nurhadi, MT.
Dosen Pembimbing II : Ir. Leo Pantimena, MSc.

Abstraksi

Koreksi Geometrik bertujuan untuk membetulkan posisi titik atau pixel pada citra sehingga sesuai dengan posisi permukaan bumi. Teknik koreksi geometrik yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan titik kontrol lapangan (ground control point) sebanyak 13 titik yang didapat dari pengambilan titik lapangan menggunakan GPS handheld. Titik kontrol lapangan merupakan kenampakan yang lokasinya diketahui dan secara cepat dapat ditentukan posisinya pada citra satelit. Kenampakan yang baik untuk titik kontrol antara lain perpotongan jalan, jembatan, perpotongan jalan raya dan tubuh air dan sebagainya.

Pada penelitian ini diperlukan data citra ALOS AVNIR-2 tahun 2009, Peta RBI Kabupaten Bondowoso skala 1:25000 dan data GPS navigasi.

Koreksi geometrik dilakukan dengan mengambil sejumlah titik ikat lapangan yang disesuaikan dengan koordinat citra (lajur dan baris) dan koordinat peta. Nilai koordinat tersebut kemudian digunakan untuk analisis kuadrat terkecil yang biasanya pada fungsi polynomial orde 1, 2, dan 3 yang cocok dengan sebaran titik control lapangan.

Merektifikasi citra menggunakan data hasil titik kontrol lapangan sebagai acuan sangat penting untuk mendapatkan citra dengan koordinat yang benar. RMS hasil ground control point yang di dapat yaitu < 5 pixel. Sistem koordinat yang dipilih untuk rektifikasi ini adalah Universal Transverse Mercator (UTM) dengan proyeksi peta yang digunakan adalah UTM 49 zona Selatan dimana Jawa Timur termasuk wilayah pada zona South UTM row 49, sedangkan datum yang digunakan adalah World Geographic System 84 (WGS 84).

Kata Kunci : koreksi geometrik, ground control point, rektifikasi

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Tyaz Purwoko
NIM : 10.25.908
Program Studi : Teknik Geodesi S-1
Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi saya yang berjudul

**“UJI KETELITIAN KOREKSI GEOMETRIK PADA CITRA ALOS
AVNIR-2 METODE GROUND IDENTIFIED POINT DENGAN GPS
NAVIGASI”**

(Studi Kasus : Wilayah Kabupaten Bondowoso)

Adalah hasil karya saya sendiri dan bukan menjiplak atau menduplikat serta tidak mengutip atau menyadur dari hasil karya orang lain kecuali disebutkan sumbernya.

Malang, Agustus 2013

Yang membuat pernyataan



NIM : 10.25.908

LEMBAR PERSEMBAHAN

Yang utama Dari Segalanya...

Sembah sujud serta syukur kepada Allah SWT. Taburan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memperkenalkanku dengan cinta. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Sholawat dan salam selalu terlimpahkan keharibaan Rasulullah Muhammad SAW.

Kupersembahkan karya sederhana ini kepada orang yang sangat kukasih dan kusayangi.

Ibunda dan Ayahanda Tercinta

Sebagai tanda bakti, hormat, dan rasa terima kasih yang tiada terhingga kupersembahkan karya kecil ini kepada Ibu dan Ayah yang telah memberikan kasih sayang, segala dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga yang tiada mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang bertuliskan kata cinta dan persembahan. Semoga ini menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia karna kusadar, selama ini belum bisa berbuat yang lebih. Untuk Ibu dan Ayah yang selalu membuatku termotivasi dan selalu menyiramiku kasih sayang, selalu mendoakanku, selalu menasehatiku menjadi lebih baik,

Terima Kasih Ibu.... Terima Kasih Ayah...

Tyaz Purwoko, ST

KATA PENGANTAR



Alhamdulillahirabbilalamin, banyak nikmat yang Allah berikan, tetapi sedikit sekali yang kita ingat. Segala puji hanya layak untuk Allah Tuhan seru sekalian alam atas segala berkat, rahmat, taufik, serta hidayah-Nya yang tiada terkira besarnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Uji Ketelitian Koreksi Geometrik Pada Citra ALOS AVNIR-2 Metode Ground Identified Point Dengan GPS Navigasi”**.

Skripsi ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai Gelar Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi S-1 Institut Teknologi Nasional Malang. Dalam penyusunannya, penulis memperoleh banyak bantuan dari berbagai pihak, karena itu penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ir. Agus Darpono, MT, sebagai ketua Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
2. Ir. M. Nurhadi, MT. dan Ir. Leo Pantimena, MSc. selaku dosen pembimbing skripsi di Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.
3. M.Edwin Tjahjadi ST., M. Geom.Sc. Ph.D, dan Silvester Sari Sai, ST., MT sebagai dosen Penguji Seminar Hasil Skripsi di Jurusan Teknik

Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

4. Bapak dan Ibu serta adik-adikku tercinta yang selalu memberikan semangat, do'a dan dukungannya kepada penulis sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Buat teman-temanku seperjuangan Roni, Putri, Babe, Salimin, Ndamok, Papito, Piston terima kasih atas dukungan dan kerja samanya sehingga kita dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Dee's yang sudah banyak mensupport

Penyusun menyadari bahwa penyusunan laporan ini tentu saja masih ada kekurangan baik dari segi sistematika penyajian, ilustrasi atau hal-hal lainnya. Untuk itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan dan semoga tulisan ini memberikan manfaat bagi pihak yang membutuhkan.

Malang, Agustus 2013

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul.....	
Lembar Persetujuan.....	i
Lembar Pengesahan.....	ii
Abstraksi.....	iii
Surat Pernyataan Keaslian Skripsi.....	iv
Lembar Persembahan.....	x
Kata Pengantar.....	vi
Daftar Isi.....	viii
Daftar Tabel.....	xi
Daftar Gambar.....	xii

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Identifikasi Permasalahan.....	3
1.3. Rumusan Masalah.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
1.6. Tujuan Penelitian.....	4
1.7. Tinjauan Pustaka.....	4

BAB II DASAR TEORI

2.1. Penginderaan Jauh.....	6
2.2. Sistem Penginderaan Jauh.....	7
2.2.1. Sumber Tenaga.....	8
2.2.2. Atmosfer.....	8
2.2.3. Interaksi antara Tenaga dan Obyek.....	8
2.2.4. Sensor.....	9
2.2.5. Sistem Perolehan Data.....	10
2.2.6. Sistem Pengguna Data.....	11

2.3. Koreksi Geometrik Citra	11
2.3.1. Restorasi Citra	13
2.3.2. Skala Citra	16
2.3.3. Translasi Citra	16
2.4. Tahapan Koreksi Geometrik	18
2.4.1. Memilih metode.....	18
2.4.1.1. Koreksi Sistematis	19
2.4.1.2. Koreksi Non-Sistematis	19
2.4.1.3. Metode Kombinasi.....	20
2.4.2. Peentuan Parameter.....	21
2.4.3. Cek Akurasi	23
2.4.4. Interpolasi dan Resampling	23
2.5. Ground Control Point (GCP).....	24
2.6. Rektifikasi Citra dengan Sistem Koordinat Peta	25
2.7. Karakteristik Satelit ALOS	27
2.7.1. <i>Advance Visible and Near-Infrared Radiometer type-2 (AVNIR-2)</i> ...	28

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian.....	31
3.2. Alat dan Data Penelitian.....	31
3.3. Tahapan Penelitian.....	32
3.4. Pra Pengolahan Citra.....	34
3.4.1. Koreksi Geometrik.....	34
3.4.2. Mozaik / Penggabungan Citra	36
3.4.3. Cropping Citra	37
3.4.4. Penajaman Citra.....	38

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Koreksi Geometrik.....	40
4.2. Uji Ketelitian Posisi	42
4.2.1. Identifikasi Titik di Lapangan	43

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan.....68

5.2. Saran.....69

DAFTAR PUSTAKA.....70

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Rumus Transformasi Koordinat.....	22
Tabel 2.2. Karakteristik citra ALOS AVNIR-2.....	30
Tabel 3.1. Hasil RMS Koreksi Geometrik.....	35
Tabel 4.1. Kedudukan Titik GCP dalam Koordinat Proyeksi UTM, Zone 49 S.....	41
Tabel 4.2. Data Hasil Koreksi Geometrik dalam Koordinat Proyeksi UTM, Zone 49S.....	41
Tabel.4.3. Tabel koordinat dari GPS Navigasi.....	43
Tabel 5.1. Kesalahan tiap GCP.....	68

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen Penginderaan Jauh	7
Gambar 2.2. Transformasi Antara Ruang Citra ke Ruang Koordinat georeferensi....	12
Gambar 2.3. Tahapan Koreksi Geometrik	18
Gambar 2.4 Diagram Alur Koreksi Sistemik	19
Gambar 2.5. Diagram Alur Koreksi Non-Sistemik.....	20
Gambar 2.6. Diagram Alur Metode Kombinasi	21
Gambar 2.7 Satelit ALOS	28
Gambar 2.8 Pencitraan dan satelit sensor AVNIR	29
Gambar 3.1 Lokasi Penelitian	31
Gambar 3.2 Koreksi geometrik citra satelit Alos wilayah Bondowoso	34
Gambar 3.3 Citra sebelum di <i>Mozaik</i>	36
Gambar 3.4 Citra setelah di <i>Mozaik</i>	37
Gambar 3.5 Citra hasil <i>Cropping</i>	38
Gambar 3.6 Proses Penajaman Citra.....	39
Gambar.4.1. Tampilan Citra Hasil Koreksi Geometrik	40
Gambar 4.2. Foto lapangan GCP01	43
Gambar.4.3. Tampilan GCP01 dengan Google Earth.....	44
Gambar.4.4. Tampilan GCP01 pada Citra ALOS	44
Gambar.4.5. Foto lapangan GCP02	45
Gambar.4.6. Tampilan GCP02 dengan Google Earth.....	45
Gambar.4.7. Tampilan GCP02 pada Citra ALOS	46

Gambar.4.8. Foto lapangan GCP04	47
Gambar.4.9. Tampilan GCP04 dengan Google Earth.....	47
Gambar.4.10. Tampilan GCP04 pada Citra ALOS	48
Gambar.4.11. Foto lapangan GCP05	49
Gambar.4.12. Tampilan GCP05 dengan Google Earth.....	49
Gambar.4.13. Tampilan GCP05 pada Citra ALOS	50
Gambar.4.14. Foto lapangan GCP06	51
Gambar.4.15. Tampilan GCP06 dengan Google Earth.....	51
Gambar.4.16. Tampilan GCP06 pada Citra ALOS	52
Gambar.4.17. Tampilan GCP07 dengan Google Earth.....	53
Gambar.4.18. Tampilan GCP07 pada Citra ALOS	53
Gambar.4.19. Foto lapangan GCP11	54
Gambar.4.20. Tampilan GCP11 dengan Google Earth.....	55
Gambar.4.21. Tampilan GCP11 pada Citra ALOS	55
Gambar.4.22. Foto lapangan GCP12	56
Gambar.4.23. Tampilan GCP12 dengan Google Earth.....	57
Gambar.4.24. Tampilan GCP12 pada Citra ALOS	57
Gambar.4.25. Foto lapangan GCP13	58
Gambar.4.26. Tampilan GCP13 dengan Google Earth.....	59
Gambar.4.27. Tampilan GCP13 pada Citra ALOS	59
Gambar.4.28. Foto lapangan GCP14	60
Gambar.4.29. Tampilan GCP14 dengan Google Earth.....	61
Gambar.4.30. Tampilan GCP14 pada Citra ALOS	61

Gambar.4.31. Foto lapangan GCP15	62
Gambar.4.32. Tampilan GCP15 dengan Google Earth.....	63
Gambar.4.33. Tampilan GCP15 pada Citra ALOS	63
Gambar.4.34. Foto lapangan GCP16	64
Gambar.4.35. Tampilan GCP16 dengan Google Earth.....	64
Gambar.4.36. Tampilan GCP16 pada Citra ALOS	65
Gambar.4.37. Tampilan GCP17 dengan Google Earth.....	66
Gambar.4.38. Tampilan GCP17 pada Citra ALOS	66

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (*spatial distribution*). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung di dalamnya.

Menurut Mather (1987), koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi *pixel* sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran objek dipermukaan bumi yang terekam sensor. Perubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil transformasi ini. Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan koreksi kesalahan geometrik sistematis.

Koreksi geometrik dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan random, dengan sifat distorsi geometrik pada citra. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu:

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.

2. Meregistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra *multispectral* dan *multi temporal*.
3. Meregistrasi citra ke peta atau transformasi system koordinat citra ke koordinat peta (*image to map rectification*), sehingga menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. Masing-masing sebagai berikut.

1. Koreksi geometrik sistematis melakukan koreksi geometri dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yaitu orientasi internal (*internal orientation*) berisi informasi panjang fokus sistem optiknya dan koordinat titik utama (*primary point*) dalam bidang citra (*image space*) sedangkan distorsi lensa dan difraksi atmosfer dianggap kecil pada sensor indera satelit, serta orientasi eksternal (*external orientation*) berisi koordinat titik utama pada bidang bumi (*ground space*) serta tiga sudut relative antara bidang citra dan bidang bumi.
2. Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali / control tanah (*Ground Control Point*) biasa disingkat (GCP). GCP dimaksud adalah titik yang diketahui koordinatnya secara tepat dan dapat terlihat pada citra indera satelit seperti perempatan jalan dan lain-lain.

1.2. Identifikasi Permasalahan

Adanya kesalahan yang disebabkan oleh sensor, wahana dan obyek yang di rekam, maka citra perlu untuk dilakukan koreksi geometrik, agar semua informasi data citra telah sesuai keberadaanya di bumi.

1.3. Rumusan Masalah

Pengidentifikasian obyek yang dijadikan sebagai patokan dalam pembuatan titik sekutu dan menentukan titik sekutu yang kurang tepat sehingga menghasilkan nilai RMS (*Root Mean Square*) yang besar.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Studi kasus pada wilayah Kabupaten Bondowoso
2. Metode yang di gunakan dalam penelitian ini adalah identifikasi titik menggunakan GPS navigasi.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Menempatkan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran obyek dipermukaan bumi yang terekam sensor.
2. Menghilangkan distorsi geometrik dari suatu geometrik citra.

1.6. Tujuan Penelitian

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis, sehingga citra mempunyai kenampakan yang lebih sesuai dengan keadaan sebenarnya di permukaan bumi sehingga dapat digunakan sebagai peta.
2. Melakukan uji ketelitian posisi hasil rektifikasi dengan GPS navigasi.

1.7. Tinjauan Pustaka

Beberapa tinjauan pustaka telah dilakukan dalam menyusun penelitian, guna mengumpulkan informasi tentang koreksi geometrik antara lain:

Koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi pixel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang ditransformasi dapat dilihat gambaran objek dipermukaan bumi yang terekam sensor. (Mather, 1987).

Maksud dari koreksi geometrik adalah untuk mereduksi distorsi geometrik pada citra. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mencari hubungan antara sistem koordinat citra dengan sistem koordinat geografis (koordinat tanah) dengan menggunakan GCP. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan nilai *pixel* yang benar pada posisi yang tepat. Dua jenis koreksi geometrik yang sering digunakan adalah rektifikasi geometrik (*geometric rectification*) dan registrasi

geometrik (*registration geometric*). Rektifikasi adalah proses membuat geometrik citra menjadi planimetrik (haralick, 1973).



BAB II

DASAR TEORI

2.1. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer 1990).

Penginderaan jauh dibedakan menjadi dua berdasarkan energy elektromagnetik yang digunakan yaitu penginderaan jauh pasif (*Passive Remote Sensing*) dan penginderaan jauh aktif (*Active Remote Sensing*). Penginderaan jauh pasif merupakan suatu sistem yang menggunakan sumber energy yang telah ada (reflektansi energy matahari dan/atau radiasi dari objek secara langsung). Beberapa sensor yang menggunakan sistem ini adalah RADAR, seperti RADARSAT, ERS-1, JERS-1, ALOS PALSAR. Sensor merupakan alat perekam objek bumi yang dipasang pada wahana (*platform*) dan letaknya jauh dari objek yang di indera (Jaya 2009).

Sensor memiliki keterbatasan dalam mengindera objek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi merupakan indikator kemampuan sensor dalam merekam objek. Terdapat empat resolusi yang bisa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor, yaitu resolusi spasial,

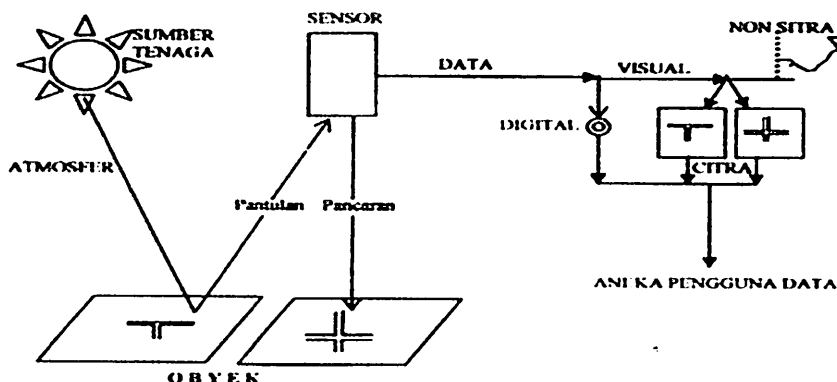


resolusi spectral, resolusi radiometric, dan resolusi temporal. Resolusi spasial adalah ukuran objek terkecil yang masih bias disajikan, dibedakan, dan dikenali pada citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat direkam maka semakin baik pula kualitas sensornya (Purwadhi 2001).

Resolusi spektral merupakan daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekaman data. Resolusi radiometric adalah kemampuan sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil, atau kepekaan sensor terhadap perbedaan terkecil kekuatan sinyal. Sedangkan resolusi temporal yaitu perbedaan kenampakan yang masih dapat dibedakan dalam waktu perekaman ulang (Purwadhi 2001).

2.2. Sistem Penginderaan Jauh

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek dipermukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data.



Gambar 2.1 Komponen Penginderaan Jauh

2.2.1. Sumber Tenaga

Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga elektromagnetik, yang meliputi spektra kosmis, Gamma X, Ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spectrum elektromagnetik. Pembagian spectrum telah berkembang dari berbagai metode penginderaan atas setiap jenis radiasi dan perbedaan berdasarkan sifat tenaga pada berbagai panjang gelombang.

2.2.2. Atmosfer

Semua sistem penginderaan jauh tentu melalui atmosfer dengan jarak atau panjang jalur tertentu. Pengaruh total atmosfer berbeda beda sesuai dengan jarak yang dilalui, besarnya sinyal tenaga yang diindera, kondisi atmosfer, dan panjang gelombang yang digunakan. Oleh karena itu pengaruh atmosfer sangat bervariasi menurut panjang gelombang, waktu, dan tempat. Atmosfer biasanya merumitkan masalah yang ditimbulkan oleh variasi sumber tenaga, dan atmosfer juga membatasi bagian spectrum elektromagnetik yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh.

2.2.3. Interaksi antara Tenaga dan Obyek

Tiap obyek mempunyai karakteristik tertentu dalam memantulkan atau memancarkan tenaga ke sensor. Pengenalan obyek pada dasarnya dilakukan dengan menyidik (*tracing*) karakteristik spectral obyek yang tergambar pada citra. Obyek yang banyak memantulkan atau memancarkan tenaga akan tampak cerah



pada citra, sedang obyek yang pantulannya atau pancarannya sedikit tampak gelap. Meskipun demikian, pada kenyataannya tidak sesederhana ini, ada obyek yang berlainan tetapi mempunyai karakteristik spectral sama atau serupa sehingga menyulitkan untuk menarik kesimpulan.

2.2.4. Sensor

Tenaga yang datang dari permukaan bumi diterima dan direkam oleh sensor. Tiap sensor mempunyai kepekaan tersendiri terhadap spektrum elektromagnetik. Disamping itu juga kepekaannya berbeda dalam merekam obyek terkecil yang masih dapat dikenali dan dapat dibedakan terhadap obyek lain atau terhadap lingkungan sekitarnya. Kemampuan sensor untuk menyajikan gambaran obyek terkecil ini disebut resolusi spasial. Resolusi spasial ini merupakan petunjuk bagi kualitas sensor. Semakin kecil obyek yang direkam olehnya, semakin baik kualitas sensornya.

Berdasarkan atas proses perekaman, sensor dibedakan atas sensor fotografik dan sensor elektronik. Pada sensor fotografik, proses perekamannya berlangsung dengan cara kimiawi. Tenaga elektromagnetik diterima dan direkam pada lapisan emulsi film yang bias diproses akan menghasilkan foto. Kalau pemotretannya di lakukan dari pesawat udara atau wahana lainnya, fotonya disebut foto udara. Bila pemotretannya dilakukan dari antariksa, fotonya disebut foto satelit atau foto orbital. Jadi, dalam proses ini film berfungsi sebagai penerima tenaga dan sekaligus sebagai alat perekamannya.

Berbeda dengan sensor fotografik, sensor elektronik menggunakan tenaga elektrik dalam bentuk sinyal elektrik. Alat penerimaan dan perekamannya berupa pita magnetic atau detector lainnya, bukan film. Sinyal elektrik yang direkam pada pita magnetik ini kemudian dapat diproses menjadi data visual maupun menjadi data digital yang siap dikomputerkan. Pemrosesannya menjadi citra dapat direkam oleh pita magnetic yang telah diwujudkan secara visual pada sejenis layar televisive, atau dengan menggunakan film perekam khusus. Hasil akhirnya memang berupa foto dengan film sebagai alat perekam. Oleh karena itu hasil akhirnya tidak disebut foto udara, melainkan disebut citra penginderaan jauh yang untuk mudahnya disingkat dengan citra. Citra meliputi semua gambaran visual planimetrik yang diperoleh dengan jalan penginderaan jauh.

Kepekaan sensor tidak sama. Sensor fotografik hanya peka terhadap spectrum tampak ($0,4 \mu\text{m} - 0,7 \mu\text{m}$) dan perluasannya, yaitu spectrum ultraviolet dekat ($0,7 \mu\text{m} - 0,9 \mu\text{m}$). Sensor elektronik lebih besar kepekaannya, yakni meliputi spectrum tampak dan perluasannya, spectrum inframerah termal, dan hanya spectrum gelombang mikro.

2.2.5. Sistem Perolehan Data

Sejumlah data yang di dapat dari rekaman sensor pada umumnya masih berupa data mentah, dimana untuk memperbaiki atau meningkatkan kualitas data tersebut dapat dilalui dengan proses koreksi radiometrik, koreksi geometrik, ataupun enhancement.

Untuk perolehan data dapat dilakukan dengan manual, yaitu dengan interpretasi secara visual, ataupun dilakukan secara numeric ataupun digital dengan bantuan computer.

2.2.6. Sistem Pengguna Data

Kunci keberhasilan dari aplikasi penginderaan jauh terletak pada pengguna data dalam hal ini adalah manusia. Data tersebut akan menjadi suatu informasi yang lebih berguna bila pengguna dapat memahami asal usulnya, cara bagaimana menginterpretasikannya, dan cara menggunakannya yang paling tepat. Pemahaman menyeluruh terhadap masalah yang dihadapi penting sekali untuk terapan penginderaan jauh.

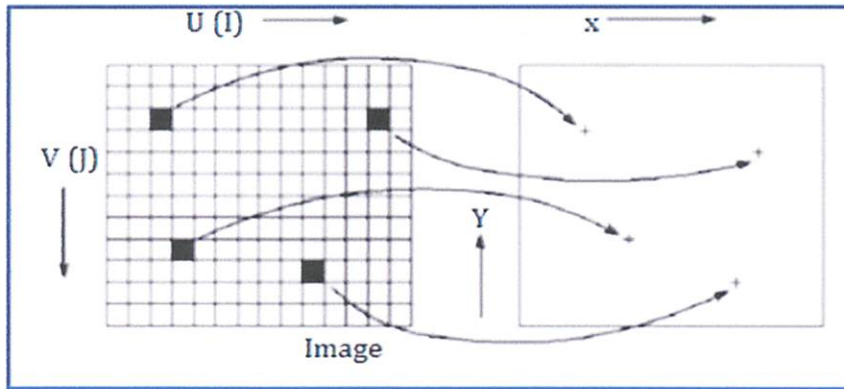
2.3. Koreksi Geometrik Citra

Transformasi geometric yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran obyek di permukaan bumi yang terekam sensor.

Koreksi geometric atau georeferensi adalah menghilangkan distorsi geometric dari suatu geometric citra. Distorsi ini dilakukan dengan melakukan analisa titik control tanah (*Ground Control Point*). *Ground Control Point* dapat di peroleh dari peta topografi, dengan memilih obyek-obyek yang koordinat posisi lokasinya tidak berubah karena perbedaan waktu. Hal ini dapat ditetapkan melalui hubungan



antara sistem koordinat citra (u,v) dan sistem koordinat yang bergeoreferensi (x,y), lihat gambar berikut:



Gambar 2.2. Transformasi Antara Ruang Citra ke Ruang Koordinat georeferensi

Koreksi geometri dilakukan karena proses perekaman data citra terdistorsi atau memiliki cacat yang diakibatkan gerak sapuan penjelajah dari satelit, gerak putaran bumi, dan bentuk permukaan bumi yang bulat. Distorsi geometris tersebut dapat terjadi dalam bentuk pergeseran pusat citra, perubahan ukuran citra, perubahan orientasi koordinat citra (*Skewed*) dan juga dapat berbentuk distorsi lain yang sifatnya tidak linier. Koreksi geometri sederhana yang sering digunakan untuk mengatasi masalah-masalah tersebut diatas adalah proses rotasi citra, skala citra dan translasi citra, yang semuanya termasuk dua dimensi dengan asumsi bahwa gangguan bersifat linier.

Prosedur yang diterapkan pada koreksi geometrik biasanya memperlakukan distorsi ke dalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang sistematis atau dapat diperkirakan sebelumnya dan distorsi yang pada dasarnya dipandang acak atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya (Lillesand dan Kiefer,

1994). Distorsi acak dan sistematis yang rumit dikoreksi dengan menggunakan analisis titik ikat (*Control Point*). Ada 3 cara yaitu:

1. *Ground Control Point*

Adalah pembetulan koordinat citra dengan membuat titik kontrol lapangan sebagai acuan koordinat geografi yang sebenarnya.

2. Citra dengan Peta

Adalah suatu proses pembetulan atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi yang terdapat pada peta.

3. Citra ke Citra

Adalah Mencocokkan posisi citra dengan citra lain atau mentransformasikan sistem koordinat citra ke citra yang sudah terkoreksi

2.3.1. Rotasi Citra

Bila gangguan terhadap citra tampak *skewed*, maka koreksi citra dapat dilakukan dengan rotasi. Rotasi akan mengubah orientasi koordinat dari citra. Rotasi citra tidak selalu digunakan untuk mengatasi suatu gangguan, kadang-kadang juga diperlukan perubahan orientasi koordinat citra seperti misalnya pada pengaturan tata letak gambar pada suatu dokumen.

Rotasi citra dapat dilakukan dengan cara transformasi koordinat sebagai berikut:

$$X_{\text{baru}} = X \cos(\alpha) + Y \sin(\alpha) \dots\dots\dots(1)$$

$$Y_{\text{baru}} = -X \sin(\alpha) + Y \cos(\alpha) \dots\dots\dots(2)$$

Dimana : α = sudut rotasi arah lawan jarum jam

X_{citra} = koordinat piksel citra asli

Y_{citra} = koordinat baris citra asli

X_{baru} = koordinat piksel citra baru

Y_{baru} = koordinat baris citra baru

Untuk informasi orthogonal, yaitu transformasi koordinat pada rotasi citra dengan sudut-sudut rotasi khusus 90° , 180° atau 270° dapat dilakukan dengan cara yang lebih sederhana dan lebih cepat. Proses transformasinya dapat dilakukan dengan memindahkan setiap piksel citra ke koordinat baru piksel tersebut pada elemen suatu matriks di memori komputer. Pada akhir proses transformasi, seluruh elemen matriks tersebut dapat dipindahkan secara langsung pada memori penyimpanan citra. Sedangkan rumus transformasi koordinat yang digunakan secara sederhana dapat digambarkan sebagai berikut :

Rotasi 90° :

$$X_{\text{baru}} = Y \dots \dots \dots (3)$$

$$Y_{\text{baru}} = (W+1) - X \dots \dots \dots (4)$$

Rotasi 180° :

$$X_{\text{baru}} = (W+1) - X \dots \dots \dots (5)$$

$$Y_{\text{baru}} = (H+1) - Y \dots \dots \dots (6)$$

Rotasi 270° :

$$X_{\text{baru}} = (H+1) - Y \dots\dots\dots(7)$$

$$Y_{\text{baru}} = X$$

Dimana : W = banyaknya piksel pada suatu baris

H = banyaknya baris pada citra

Yang termasuk juga pada transformasi orthogonal adalah memutar atau membalik citra sepanjang sumbu X dengan :

$$X_{\text{baru}} = X$$

$$Y_{\text{baru}} = (H+1) - Y \dots\dots\dots(8)$$

Dan membalik sepanjang sumbu Y dengan :

$$X_{\text{baru}} = (W+1) - X \dots\dots\dots(9)$$

$$Y_{\text{baru}} = Y$$

Juga transpose citra sepanjang diagonal utama dengan :

$$X_{\text{baru}} = (H+1) - Y \dots\dots\dots(10)$$

$$Y_{\text{baru}} = (W+1) - X$$

Dan transpose sepanjang diagonal kedua dengan :

$$X_{\text{baru}} = Y_{\text{citra}}$$

$$Y_{\text{baru}} = X_{\text{citra}}$$

2.3.2. Skala Citra

Bila gangguan citra menyebabkan perubahan ukuran dari citra, maka gangguan tersebut dapat diatasi dengan melakukan skala citra. Proses perubahan suatu ukuran skala citra, yaitu diperbesar atau diperkecil, sering dibutuhkan untuk keperluan detail, untuk peragaan pada layar peraga, maupun untuk keperluan penyusunan tata letak suatu dokumen. Transformasi koordinat citra asal ke citra lebih besar maupun lebih kecil dapat dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

$$X_{\text{baru}} = S_X * X \dots\dots\dots(11)$$

$$Y_{\text{baru}} = S_Y * Y \dots\dots\dots(12)$$

Dimana S_X dan S_Y adalah factor skala. Pada kondisi dimana factor skala S_X untuk transformasi koordinat X dan S_Y untuk transformasi koordinat Y besarnya tidak sama, maka gambar yang misalnya semula berbentuk bujur sangkar akan berubah menjadi empat persegi panjang.

2.3.3. Translasi Citra

Translasi citra dilakukan terhadap citra yang mengalami gangguan dalam bentuk pergeseran pusat citra. Bentuk transformasi koordinat untuk proses translasi adalah sebagai berikut :

$$X_{\text{baru}} = X + T_X \dots\dots\dots(13)$$

$$Y_{\text{baru}} = X + T_Y \dots\dots\dots(14)$$

Dimana : T_X = besarnya translasi pada arah sumbu X, dan

T_Y = besarnya translasi pada arah sumbu Y.

Pada proses translasi tidak terjadi perubahan ukuran maupun orientasi citra yang terjadi hanyalah posisi dari citra.

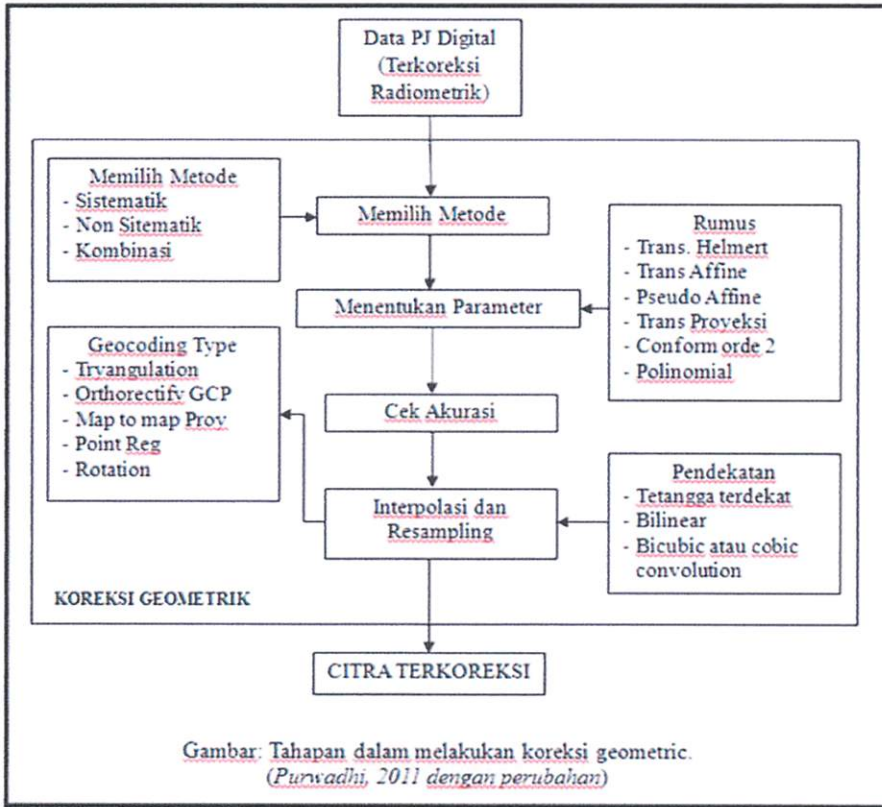
Terminologi koreksi geometric berupa rektifikasi geometric atau rektifikasi citra, rektifikasi citra ke citra lain, registrasi citra ke peta, artinya sebagai berikut :

1. Rektifikasi geometric atau rektifikasi citra meliputi geometri pencitraan.
2. Registrasi citra ke citra lain adalah mentransformasikan sistem koordinat citra masuk ke sistem koordinat lain.
3. Registrasi citra ke peta adalah transformasi dari sistem koordinat ke koordinat peta, hasilnya berupa citra dengan sistem proyeksi tertentu.



2.4. Tahapan Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik citra dapat dilakukan dengan tahapan yang mencakup sebagai berikut:



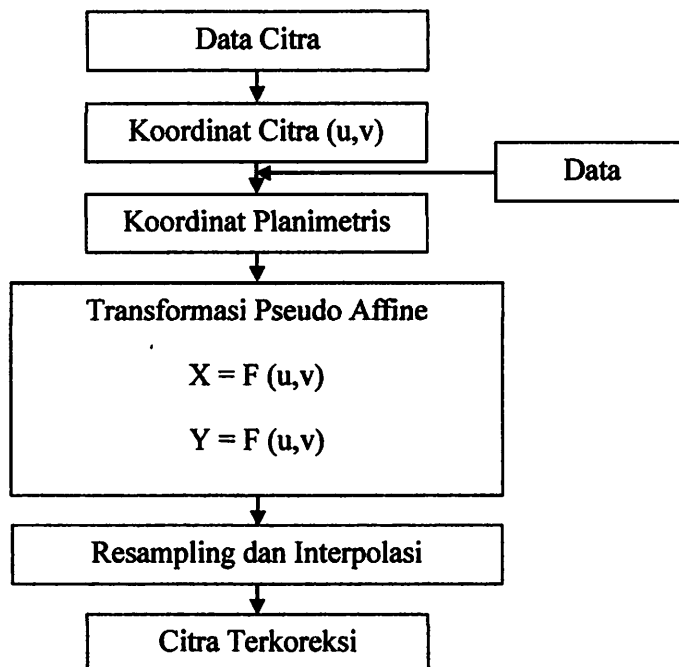
Gambar 2.3. Tahapan Koreksi Geometrik

2.4.1. Memilih Metode

Memilih metode setelah mengetahui karakteristik kesalahan geometrik dan tersedianya data referensi. Pemilihan metode tergantung pada jenis data (resolusi spasial), dan jenis kesalahan geometrik (*skew, yaw, roll, pitch*) data. Dalam hal ini koreksi geometrik dapat dibagi menjadi 2 yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan non-sistematis.

2.4.1.1. Koreksi Sistematis

Ketika data referensi geometric atau geometrik sensor diberikan atau diukur distorsi geometrik dapat dikoreksi secara sistematis. Sebagai contoh, geometri lensa kamera diberikan dengan mengkalibrasi panjang focus, parameter distorsi lensa. Koordinat *fiducial mark* dapat dilakukan persamaan kolinieritas. Koreksi tangan untuk *scanner* mekanis optis adalah jenis sistem koreksi. Secara umum koreksi sistematis cukup untuk memindahkan semua kesalahan.

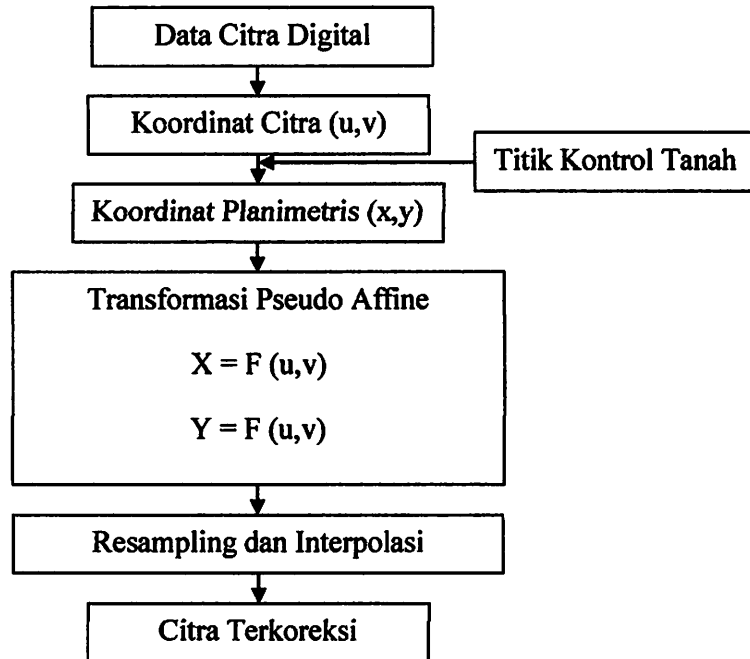


Gambar 2.4 Diagram Alur Koreksi Sistematis

2.4.1.2. Koreksi Non-Sistematis

Polinomial untuk mentransformasikan sistem koordinat geografi ke sistem koordinat citra, akan ditentukan dengan diberikan koordinat titik control tanah

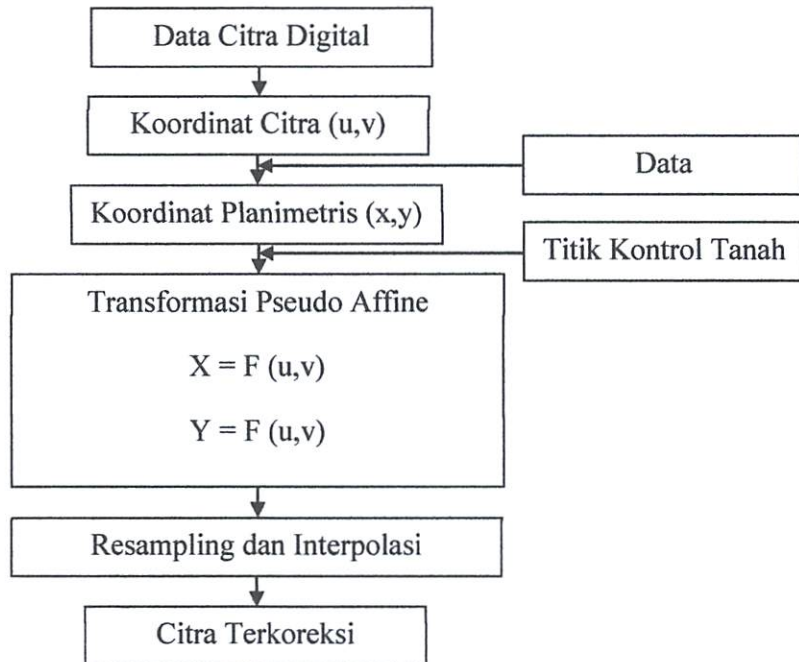
dengan menggunakan metode kuadrat terkecil. Akurasi tergantung pada orde polynomial, jumlah dan distribusi titik kontrol tanah.



Gambar 2.5. Diagram Alur Koreksi Non-Sistematik

2.4.1.3. Metode Kombinasi

Pertama koreksi sistematik di aplikasikan, kemudian kesalahan residu akan direduksi menggunakan orde polynomial lebih rendah. Dalam hal ini dapat ditunjukkan dalam gambar diagram berikut.



Gambar 2.6. Diagram Alur Metode Kombinasi

2.4.2. Penentuan Parameter

Penentuan parameter yang tidak diketahui didefinisikan dari persamaan matematika antara system koordinat citra dan system koordinat geografis, untuk menentukan menggunakan parameter kalibrasi dan atau titik control tanah.

Penentuan parameter didasarkan pada transformasi koordinat yang berguna untuk koreksi geometric menggunakan titik control tanah (GCP). Dalam hal ini tergantung pada pemilihan rumus transformasi sebagai berikut :



Tabel 2.1. Rumus Transformasi Koordinat

Nama	Rumus Transformasi	Jumlah Parameter yang Tidak Diketahui
1. Transformasi Helmert	$x = au + bv + c$ $y = -bu + av + d$	3
2. Transformasi Affine	$x = au + bv + c$ $y = -du + ev + f$	6
3. Pseudo Affine	$x = a_1uv + a_2u + a_3v + a_4$ $y = a_5uv + a_6u + a_7v + a_8$	8
4. Transformasi Projeksi	$x = (a_1u + a_2v + a_3)/(a_7u + a_8 + 1)$ $y = (a_4u + a_5v + a_6)/(a_7u + a_8 + 1)$	8
5. Conform Orde Kedua	$x = (a_1u + a_2v + a_3)/(a_7u + a_8 + 1)$ $y = (a_4u + a_5v + a_6)/(a_7u + a_8 + 1)$	6
6. Polinomial	$x = \sum \sum a_{ij} u^{i-1} - v^{j-1}$ $y = \sum \sum b_{ij} u^{i-1} - v^{j-1}$...

(x,y) = sistem koordinat peta

(u,v) = sistem koordinat citra

2.4.3. Cek Akurasi

Cek akurasi dengan verifikasi atau validasi sesuai dengan criteria, metode, dan data citra, maka perlu dicari solusinya agar diperoleh tingkat ketelitian yang lebih baik. Solusinya dapat dilakukan dengan menggunakan metode lain, atau bila data referensi yang digunakan tidak akurat atau perlu diganti.

2.4.4. Interpolasi dan Resampling

Interpolasi dan resampling untuk mendapatkan citra geocoded presisi (akurat). Beberapa pilihan Geocoding Type yang sudah tersedia pada perangkat lunak, seperti Tryangulation, Polynomial, Orthorectify using ground control point, Orthorectify using exterior orientation, Map to map Projection, Point registration, Rotation.

Kegunaan tipe Geocoding adalah:

1. Tryangulation untuk koreksi geometrik data yang mengalami banyak pergeseran skew dan yawa, atau yang tidak sama ukuran pixelnya pada satu set data.
2. Polynomial untuk koreksi geometrik data citra yang mengalami pergeseran linier, ukuran pixel sama dalam satu set data resolusi spasial tinggi dan rendah.
3. Orthorectify untuk mengoreksi citra secara geometris, berdasarkan ketinggian geografisnya. Koreksi geometrik jika tidak menggunakan Orthorectify, maka puncak gunung akan bergeser letaknya dari posisi sebenarnya, walaupun sudah dikoreksi secara geometrik.

4. Rotation untuk koreksi geometric citra karena terjadi pergeseran citra yang terputar, baik searah jarum jam maupun sebaliknya.

2.5. Ground Control Points (GCP)

Ground control point (GCP) adalah titik kontrol yang berada di bumi dimana koordinatnya merupakan koordinat citra (dalam bentuk baris dan kolom) dan sistem koordinat peta atau koordinat tanah dapat diidentifikasi. GCP dapat kita buat sendiri dengan menggunakan beton ataupun GCP diambil dengan proses digitasi peta dasar yang akan digabungkan dengan citra. Objek-objek yang dapat digunakan GCP adalah objek yang sama pada citra mentah maupun referensi. GCP idealnya diletakkan pada jalan, sungai, garis pantai, teluk, tanjung, atau kenampakan pada permukaan bumi lainnya yang dapat dikenali dengan kemungkinan perubahan relative lambat/tetap.

2.6. Rektifikasi Citra dengan Sistem Koordinat Peta.

Dua operasi dasar yang harus dilakukan untuk rektifikasi citra dengan menggunakan sistem koordinat peta adalah:

1. Interpolasi spasial

Interpolasi spasial adalah mengidentifikasi hubungan geometrik antara lokasi input pixel dengan koordinat peta yang sesuai terhadap lokasi yang sama. Sehingga didapatkan model transformasi koordinat yang kemudian digunakan untuk merektifikasi atau merelokasi setiap input pixel pada citra asli ke dalam posisi yang sesuai dengan citra output.

Untuk melakukan interpolasi spasial dibutuhkan sejumlah GCP yang koordinatnya diketahui dalam sistem koordinat citra dan sistem koordinat peta yang kemudian dibuat model matematika dari distorsi geometrik yang terjadi.

2. Interpolasi intensitas

Interpolasi intensitas adalah menentukan nilai pixel dari citra output. Proses interpolasi intensitas umumnya disebut dengan *resampling*. Ada beberapa metode yang dapat digunakan, yaitu:

a. *Nearest Neighbor (Orde Nol)*

Pada orde pertama (zero order) atau nearest neighbor brightness value (BV) dari pixel yang paling dekat dengan koordinat x',y' digunakan sebagai nilai BV output koordinat x,y .

b. *Bilinear Interpolation (First Order)*

Pada metode ini nilai pixel output ditentukan dengan menginterpolasi nilai BV pada dua arah ortogonal dari input citra. Atau mencari empat nilai BV yang terdekat dengan koordinat x',y' pada input citra kemudian menghitung BV yang baru dari keempat nilai BV input dengan menggunakan jarak sebagai bobot

$$BV_{\text{output}} = \frac{\sum_{k=1}^{+4} \frac{Z_k}{D_k^2}}{\sum_{k=1}^{+4} \frac{1}{D_k^2}}$$

Dimana :

Z_k : nilai keempat nilai BV dari input citra

D_k^2 : jarak dari nilai BV input terhadap koordinat x',y'

c. Cubic Convolution

Pada cubic convolution cara yang digunakan untuk mendapatkan nilai BV output pada dengan bilinear interpolation, hanya saja nilai BV yang digunakan adalah 16 pixel yang berada disekitar koordinat x',y' .



2.7. Karakteristik Satelit ALOS

Alos singkatan dari *Advanced Land Observing Satellite* adalah satelit milik Jepang yang merupakan satelit generasi lanjutan dari JERS-1 dan ADEOS yang dilengkapi dengan teknologi yang lebih maju. ALOS yang diluncurkan pada tahun 2006 adalah satelit pemantau lingkungan yang biasa dimanfaatkan untuk kepentingan kartografi, observasi wilayah, pemantauan bencana alam dan survey sumber daya alam. Selain Indonesia, Jepang juga mengajak Thailand sebagai mitra proyek ALOS di Asia. Satelit ALOS ini membawa 3 jenis sensor yaitu PALSAR, PRISM, dan AVNIR-2. Khususnya sensor *Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar* (PALSAR) mempunyai keistimewaan dapat menembus awan, sehingga informasi permukaan bumi dapat diperoleh setiap detik, baik malam maupun siang hari (Gambar 3). Resolusi untuk *high resolution mode* dan *ScanSAR* masing-masing 10 meter dan 100 meter. Data PALSAR ini dapat digunakan untuk pembuatan DEM (*Digital Elevation Model*), Interferometry untuk mendapatkan informasi pergeseran tanah, kandungan biomass, monitoring kehutanan, pertanian, tumpahan minyak (*oil spill*), *soil moisture*, mineral, pencarian pesawat dan kapal hilang, untuk dapat bekerja dengan instrument diatas ALOS dilengkapi dengan dua teknologi yang lebih maju : pertama teknologi yang mampu mengerjakan data dalam kapasitas yang sangat besar dengan kecepatan tinggi, dan selanjutnya kapasitas untuk menentukan posisi satelit dan ketinggian yang lebih tepat. ALOS diluncurkan dari Pusat Ruang Angkasa Tanagashima Jepang pada tahun 2006.

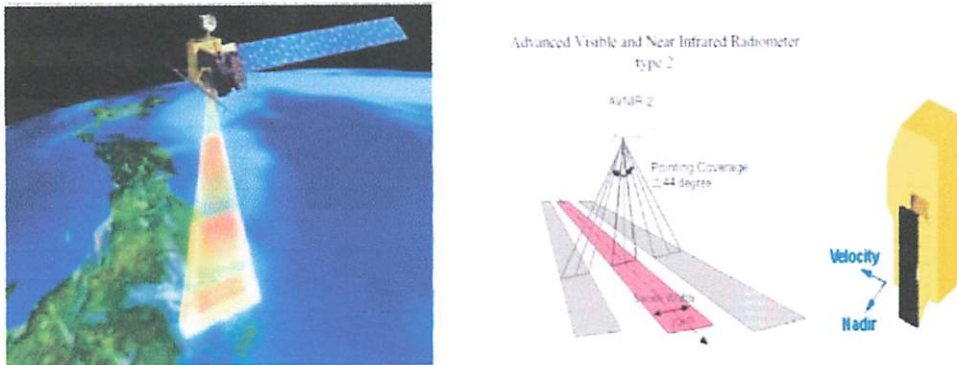


Gambar 2.7 Satelit ALOS

(sumber: JAXA. 2009)

2.7.1. Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type-2 (AVNIR-2)

Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type-2 (AVNIR-2) merupakan instrument pada satelit ALOS yang dilengkapi kanal multispektral untuk pengamatan permukaan daratan dan wilayah pesisir dengan resolusi spasial lebih baik dari AVNIR-ADEOS. Sensor ini digunakan untuk tujuan pemetaan dan klasifikasi penutup / pengguna lahan skala regional dengan memiliki kemampuan “cross track pointing” untuk pemantauan bencana alam yang gambarnya dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Pencitraan dan satelit sensor AVNIR

(Sumber: JAXA. 2009)

Citra ALOS AVNIR-2 terdiri dari 4 band, 3 band reflectance visible dan 1 band inframerah dekat. Keempat band tersebut memiliki panjang gelombang yang berbeda satu sama lain, band 1 memiliki panjang gelombang 0,42-0,5 μm , band 2 memiliki panjang gelombang 0,52-0,6 μm , band 3 memiliki panjang gelombang 0,61-0,69 μm , dan band 4 yang merupakan band inframerah dekat yang memiliki panjang gelombang 0,76-0,89 μm . Band inframerah dekat pada citra ALOS AVNIR-2 sangat baik untuk mendefinisi vegetasi dan mengetahui keadaan tanah sehingga citra ALOS AVNIR-2 dapat digunakan untuk membantu memecahkan masalah deforestasi dan desertifikasi pada hutan tropis. Citra ini tersusun dari dua unit scanning radiometer unit dimana di dalamnya terdiri dari komponen optik dan *electronic* unit. Citra AVNIR-2 berfungsi dalam pengolahan data citra dan memiliki luasan cakupan rekaman (*pointing angle*) dari -44° sampai $+44^{\circ}$ (Jaxa 2011). Karakteristik citra ALOS AVNIR-2 dijelaskan dalam Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2.2 Karakteristik citra ALOS AVNIR-2.

Parameter	Karakteristik
Jumlah band	4
Panjang gelombang	Band 1 : 0.42 to 0.50 mikrometers
	Band 2 : 0.52 to 0.60 mikrometers
	Band 3 : 0.61 to 0.69 mikrometers
	Band 4 : 0.76 to 0.89 mikrometers
Resolusi spasial	10 m
Lebar sapuan	70km
Jumlah detektor	7000/band
Luasan cakupan rekaman	-44 sampai +44 derajat
Panjang bit	8 bit

(Jaxa 2011)



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi yang akan di jadikan sebagai studi kasus didalam penelitian ini adalah kabupaten Bondowoso Jawa Timur.



Gambar 3.1 Lokasi Penelitian

3.2. Alat Dan Data Penelitian

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan dalam proses penelitian ini baik itu perangkat lunak (*software*) maupun perangkat keras (*hardware*) antara lain :



1. Perangkat Lunak

- Sistem operasi komputer *Windows 7*
- *ER Mapper 7.0*
- *Google Earth Pro 4.2.0180.1134 (beta)*
- *Microsoft Office 2010, Microsoft Excel* untuk pembuatan laporan.

2. Perangkat Keras

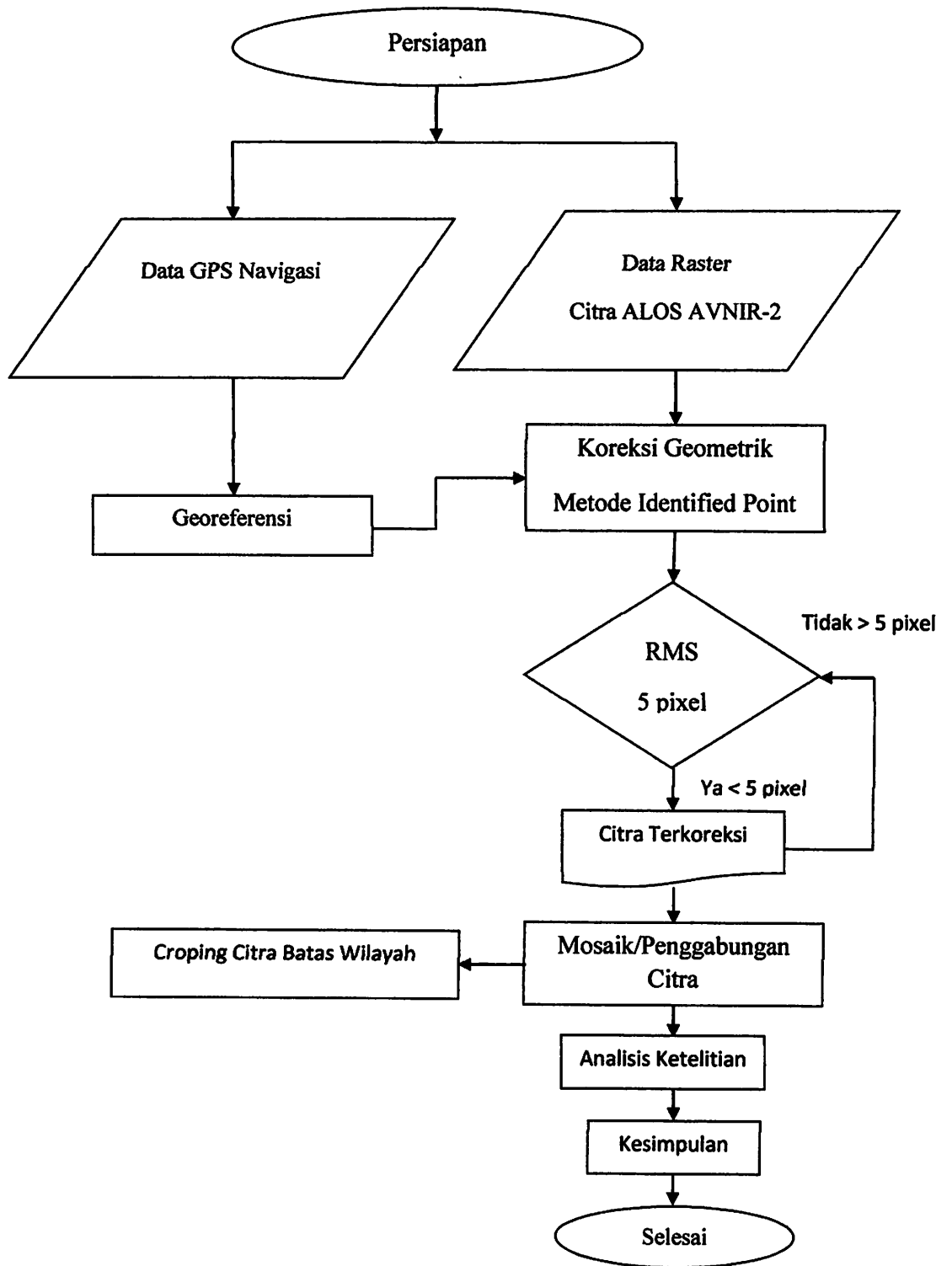
- Perangkat komputer Intel Core i5
- *GPS (Global Positioning System) tipe Garmin 76csx.*

3. Data yang digunakan adalah :

- Citra ALOS AVNIR-2 tahun 2009
- Peta RBI Kabupaten Bondowoso skala 1:25000
- Data dari GPS Navigasi

3.3. Tahapan Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian Uji Ketelitian Koreksi Geometrik di perlukan berbagai tahapan, adapun tahap-tahap yang di laksanakan dapat dilihat pada Diagram alir penelitian di bawah ini :

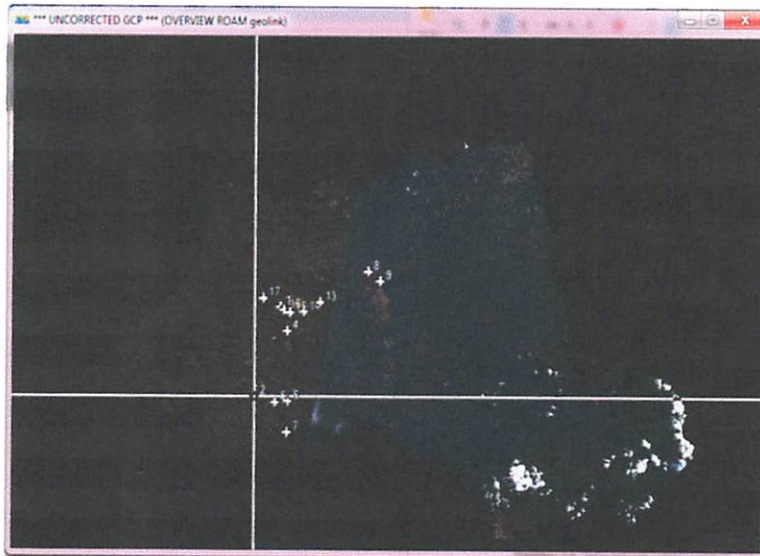


3.4. Pra Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra dimulai dari menampilkan data raster dan vektor, memperbaiki tampilan citra yang berupa kombinasi band yang ada pada citra, koreksi geometri dilakukan untuk menyamakan sistem proyeksi citra pada bidang datar dengan sistem proyeksi peta, pengolahan awal citra diperlukan untuk tujuan visualisasi citra supaya siap diklasifikasi.

3.4.1. Koreksi Geometrik

Koreksi Geometrik bertujuan untuk membetulkan posisi titik atau pixel pada citra sehingga sesuai dengan posisi permukaan bumi. Teknik koreksi geometrik yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan titik kontrol lapangan (*ground control point*) sebanyak 13 titik yang didapat dari pengambilan titik lapangan menggunakan *GPS handheld*.



Gambar 3.2. Koreksi geometrik citra satelit Alos wilayah Bondowoso

Tabel 3.1. Hasil RMS Koreksi Geometrik

Name	On	Edit	Undo	Cell X	Cell Y	Easting	Northing	Height	RMS
1	On	Edit		6134.71	3652.92	810687.00E	9124605.00N	0.00	0.44
16	On	Edit		6179.73	3673.32	811131.00E	9124396.00N	0.00	0.42
15	On	Edit		6250.10	3712.31	811825.00E	9124011.00N	0.00	0.59
17	On	Edit		5934.87	3559.22	808704.00E	9125558.00N	0.00	0.46
14	On	Edit		6406.97	3696.94	813400.00E	9124144.00N	0.00	0.94
4	On	Edit		6212.64	3897.34	811426.00E	9122182.00N	0.00	0.78
13	On	Edit		6594.63	3599.70	815285.00E	9125075.00N	0.00	0.96
12	On	Edit		7160.78	3269.05	820985.00E	9128234.00N	0.00	0.90
11	On	Edit		7297.09	3380.92	822340.00E	9127119.00N	0.00	0.29
2	On	Edit		5788.78	4677.09	807076.00E	9114568.00N	0.00	0.80
6	On	Edit		6229.01	4650.59	811495.00E	9114772.00N	0.00	0.93
5	On	Edit		6073.99	4655.93	809929.00E	9114740.00N	0.00	0.73
7	On	Edit		6218.32	4972.82	811338.00E	9111598.00N	0.00	0.38

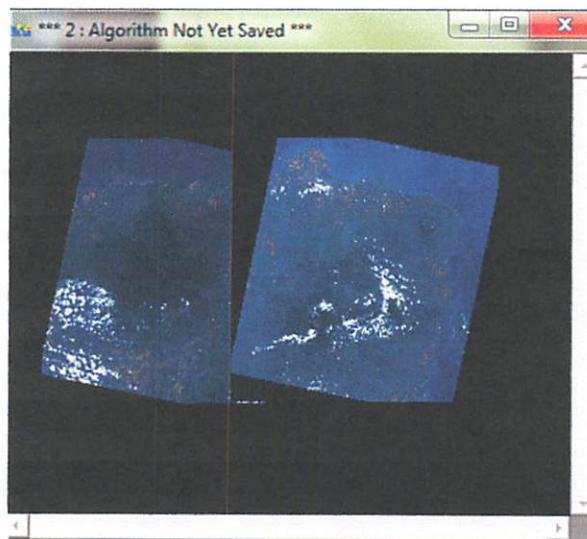
Titik kontrol lapangan merupakan kenampakan yang lokasinya diketahui dan secara cepat dapat ditentukan posisinya pada citra satelit. Kenampakan yang baik untuk titik kontrol antara lain perpotongan jalan, jembatan, perpotongan jalan raya dan tubuh air dan sebagainya. Koreksi geometrik dilakukan dengan mengambil sejumlah titik ikat lapangan yang disesuaikan dengan koordinat citra (lajur dan baris) dan koordinat peta. Nilai koordinat tersebut kemudian digunakan untuk analisis kuadrat kecil yang biasanya pada fungsi polinomial orde 1, 2 dan 3 yang cocok dengan sebaran titik kontrol lapangan.

Merektifikasi citra menggunakan data hasil titik kontrol lapangan sebagai acuan sangat penting untuk mendapatkan citra dengan koordinat yang benar. RMS hasil *ground control point* yang di dapat yaitu < 5 pixel. Sistem koordinat yang dipilih untuk rektifikasi ini adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan proyeksi peta yang digunakan adalah UTM 49 zona Selatan dimana Jawa Timur

termasuk wilayah pada zona *South* UTM row 49, sedangkan datum yang digunakan adalah *World Geographic System 84* (WGS 84).

3.4.2. Mozaik / Penggabungan Citra

Mozaic merupakan suatu proses penggabungan dari dua atau lebih data citra yang terpisah. Tahap ini sangat penting untuk menampilkan visualisasi citra lokasi penelitian secara utuh. Karena pada penelitian kali ini, citra satelit untuk wilayah Kabupaten Bondowoso terbagi menjadi 2 *sheet*, maka harus dilakukan proses *Mozaic* citra.



Gambar 3.3 *Citra sebelum di Mozaic*



Gambar 3.4 *Citra setelah di Mozaik*

3.4.3. Cropping Citra

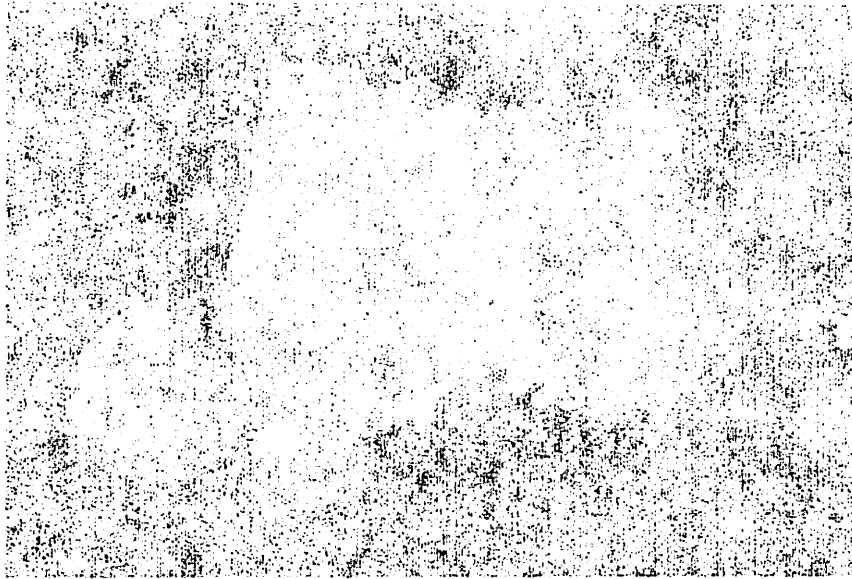
Citra *ALOS AVNIR2* rekaman tahun 2009 yang tersedia mencakup luasan yang bukan hanya lokasi Kabupaten Bondowoso saja, sehingga ruang memori yang dibutuhkan cukup besar, maka untuk efektifitas serta memudahkan dalam pengolahan dan penyimpanan data, diperlukan pembatasan area penelitian yang jelas yaitu dengan pemotongan citra (*cropping*) sesuai dengan batasan area penelitian yaitu peta administratif Kabupaten Bondowoso.



Gambar 3.5 Citra hasil Cropping

3.4.4. Penajaman Citra

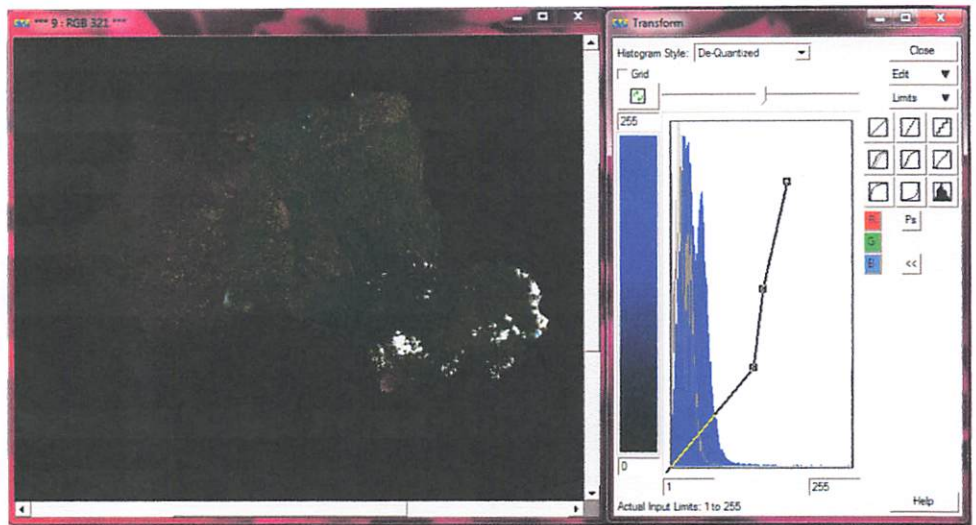
Penajaman citra menggunakan teknik manipulasi kontras (*contrast manipulation*) dimaksudkan untuk mempertajam kontras yang tampak pada wujud gambaran yang terekam dalam citra. Pada *ER Mapper* penajaman citra dilakukan dengan cara *Histogram Edit*.



www.ck12.org

© 2012 CK12 Foundation

CK12 is a non-profit organization with a mission to provide free, world-class educational materials to all people. We are currently working on a variety of projects to improve our content and user experience. We are also working on a variety of projects to improve our content and user experience. We are also working on a variety of projects to improve our content and user experience.



Gambar 3.6 Proses Penajaman Citra

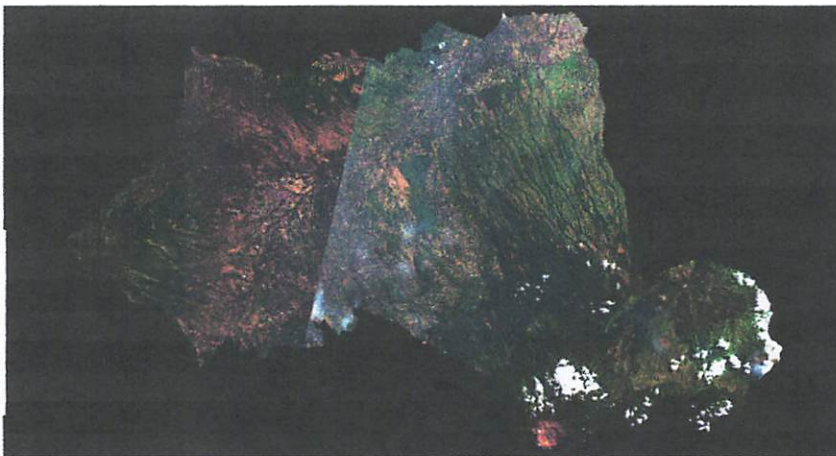


IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Koreksi Geometrik

Untuk menghilangkan adanya kesalahan yang disebabkan oleh sensor, wahana dan obyek yang di rekam, maka citra perlu dilakukan koreksi geometrik. Data citra ALOS AVNIR-2 harus di koreksi geometric terhadap sistem koordinat bumi, agar informasi data citra telah sesuai keberadaannya di bumi. Dalam hal ini menentukan obyek pada sistem koordinat bumi dengan GPS navigasi yang posisinya sama dengan obyek pada citra. Hal ini disebut “Rektifikasi” yaitu proses koreksi geometric antara citra belum terkoreksi dengan *ground* (*image to ground*).



Gambar.4.1. Tampilan Citra Hasil Koreksi Geometrik



Tabel 4.1. Kedudukan Titik GCP dalam Koordinat Proyeksi UTM, Zone 49 S

NO	Name	zone	Easting	Northing	Ketinggian	Lokasi
1	Gcp01	49 M	810687.00 m E	9124605.00 m S	950 ft	Perempatan Jalan
2	Gcp02	49 L	807076.00 m E	9114568.00 m S	1103 ft	Jembatan
3	Gcp04	49 M	811426.00 m E	9122182.00 m S	943 ft	Jembatan
4	Gcp05	49 M	809929.00 m E	9114740.00 m S	1082 ft	Jembatan
5	Gcp06	49 M	811495.00 m E	9114772.00 m S	1147 ft	Perempatan Jalan
6	Gcp07	49 L	811161.00 m E	9110143.00 m S	1099 ft	Pertigaan Jalan
7	Gcp11	49 M	822340.00 m E	9127119.00 m S	951 ft	Jembatan
8	Gcp12	49 M	820985.00 m E	9128234.00 m S	840 ft	Pertigaan Jalan
9	Gcp13	49 M	815285.00 m E	9125075.00 m S	838 ft	Jembatan
10	Gcp14	49 M	813400.00 m E	9124144.00 m S	867 ft	Jembatan
11	Gcp15	49 M	811825.00 m E	9124011.00 m S	892 ft	Jembatan
12	Gcp16	49 M	811131.00 m E	9124396.00 m S	937 ft	Perempatan Jalan
13	Gcp17	49 M	808704.00 m E	9125558.00 m S	1032 ft	Jembatan

Pada table di bawah ini, di tentukan 13 titik GCP yang masih dapat di terima dalam batas toleransi ($< 5 \text{ pixel}$) :

Tabel 4.2. Data Hasil Koreksi Geometrik dalam Koordinat Proyeksi UTM, Zone

49S

Name	On	Edit	Undo	Cell X	Cell Y	Easting	Northing	Height	RMS
1	On	Edit		6134.71	3652.92	810687.00E	9124605.00N	0.00	0.44
16	On	Edit		6179.73	3673.32	811131.00E	9124396.00N	0.00	0.42
15	On	Edit		6250.10	3712.31	811825.00E	9124011.00N	0.00	0.59
17	On	Edit		5934.87	3559.22	808704.00E	9125558.00N	0.00	0.46
14	On	Edit		6406.97	3696.94	813400.00E	9124144.00N	0.00	0.94
4	On	Edit		6212.64	3897.34	811426.00E	9122182.00N	0.00	0.78
13	On	Edit		6594.63	3599.70	815285.00E	9125075.00N	0.00	0.96
12	On	Edit		7160.78	3269.05	820985.00E	9128234.00N	0.00	0.90
11	On	Edit		7297.09	3380.92	822340.00E	9127119.00N	0.00	0.29
2	On	Edit		5788.78	4677.09	807076.00E	9114568.00N	0.00	0.80
6	On	Edit		6229.01	4650.59	811495.00E	9114772.00N	0.00	0.93
5	On	Edit		6073.99	4655.93	809929.00E	9114740.00N	0.00	0.73
7	On	Edit		6218.32	4972.82	811338.00E	9111598.00N	0.00	0.38

Jumlah titik GCP adalah 13, dengan toleransi < 2 *pixel*, maka dari data koreksi geometric tersebut dapat di hitung besarnya kesalahan untuk koreksi geometrik sebagai berikut :

➤ Jumlah nilai RMS error : 8.62

➤ Jumlah titik GCP : 13

➤ Rata-rata

$$X_{rata-rata} = \frac{\Sigma RMS\ error}{Jumlah\ Data} \dots\dots\dots(15)$$

$$X_{rata-rata} = \frac{8.62}{13} = 0.66\ pixel$$

Jadi besarnya nilai kesalahan untuk koreksi geometrik adalah $0.66 \times 10 = 6.6$ meter

4.2 Uji ketelitian Posisi

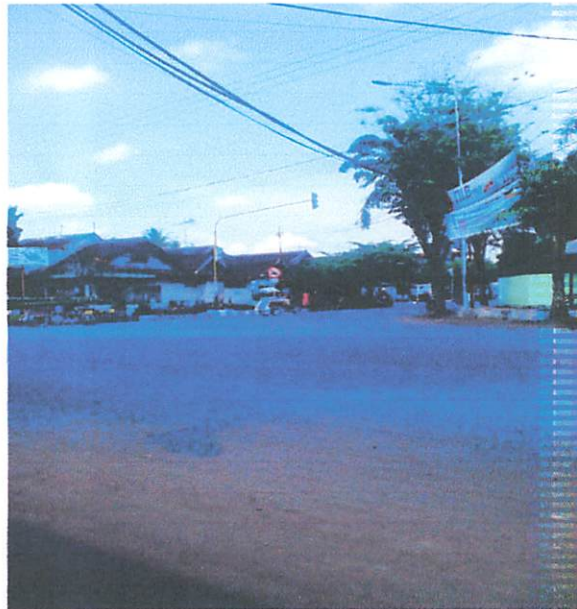
Identifikasi titik di lapangan bertujuan untuk mengetahui posisi hasil rektifikasi dengan GPS navigasi, GCP yang di ambil dari lapangan sebanyak 13 titik.

4.2.1 Identifikasi Titik di Lapangan

Tabel.4.3. Tabel koordinat dari GPS Navigasi

Name	zone	Easting	Northing	Ketinggian
Gcp01	49 M	810687.00 m E	9124605.00 m S	950 ft
Gcp02	49 L	807076.00 m E	9114568.00 m S	1103 ft
Gcp03	49 L	806616.00 m E	9108959.00 m S	983 ft
Gcp04	49 M	811426.00 m E	9122182.00 m S	943 ft
Gcp05	49 M	809929.00 m E	9114740.00 m S	1082 ft
Gcp06	49 M	811495.00 m E	9114772.00 m S	1147 ft
Gcp07	49 L	811161.00 m E	9110143.00 m S	1099 ft
Gcp08	49 M	827727.00 m E	9119990.00 m S	1812 ft
Gcp09	49 M	828401.00 m E	9119639.00 m S	1931 ft
Gcp10	50 M	169969.00 m E	9118675.00 m S	2092 ft
Gcp11	49 M	822340.00 m E	9127119.00 m S	951 ft
Gcp12	49 M	820985.00 m E	9128234.00 m S	840 ft
Gcp13	49 M	815285.00 m E	9125075.00 m S	838 ft
Gcp14	49 M	813400.00 m E	9124144.00 m S	867 ft
Gcp15	49 M	811825.00 m E	9124011.00 m S	892 ft
Gcp16	49 M	811131.00 m E	9124396.00 m S	937 ft
Gcp17	49 M	808704.00 m E	9125558.00 m S	1032 ft

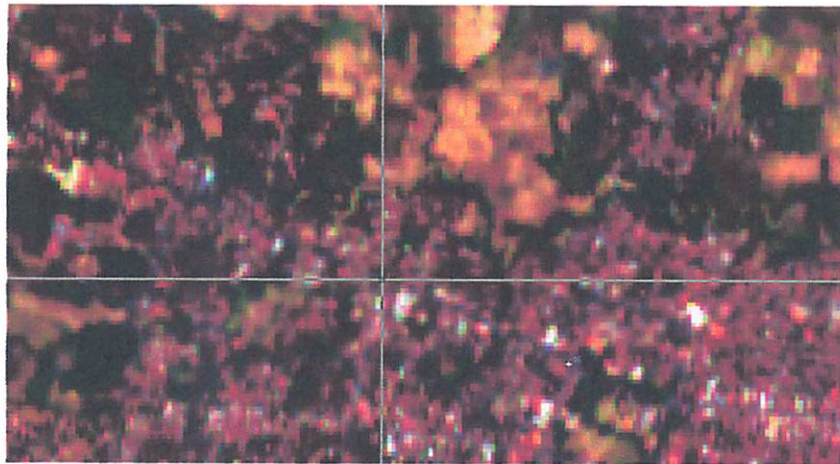
➤ GCP01



Gambar 4.2. Foto lapangan GCP01



Gambar.4.3. Tampilan GCP01 dengan Google Earth



Gambar.4.4. Tampilan GCP01 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP01 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.44 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial
= 0.44 x 10 = 4.4 meter

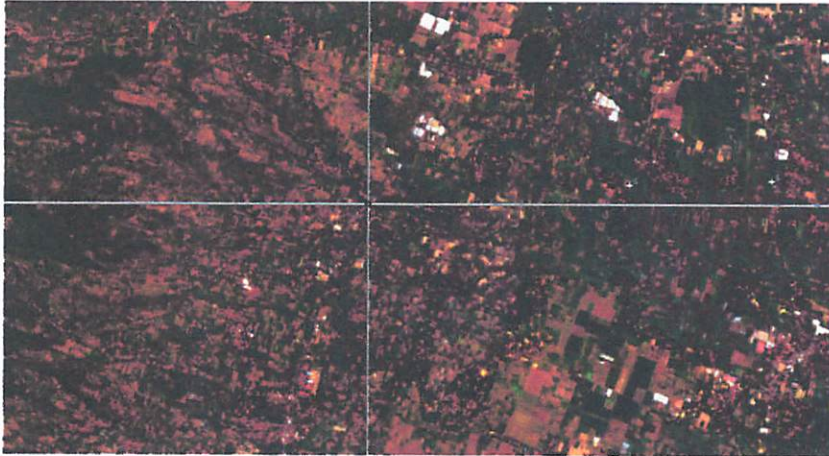
➤ GCP02



Gambar.4.5. Foto lapangan GCP02



Gambar.4.6. Tampilan GCP02 dengan Google Earth



Gambar.4.7. Tampilan GCP02 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP02 dalam satuan pixel dan meter adalah :

➤ Kesalahan pada citra = 0.80 pixel

➤ Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial

= 0.80 x 10

= 8.0 meter

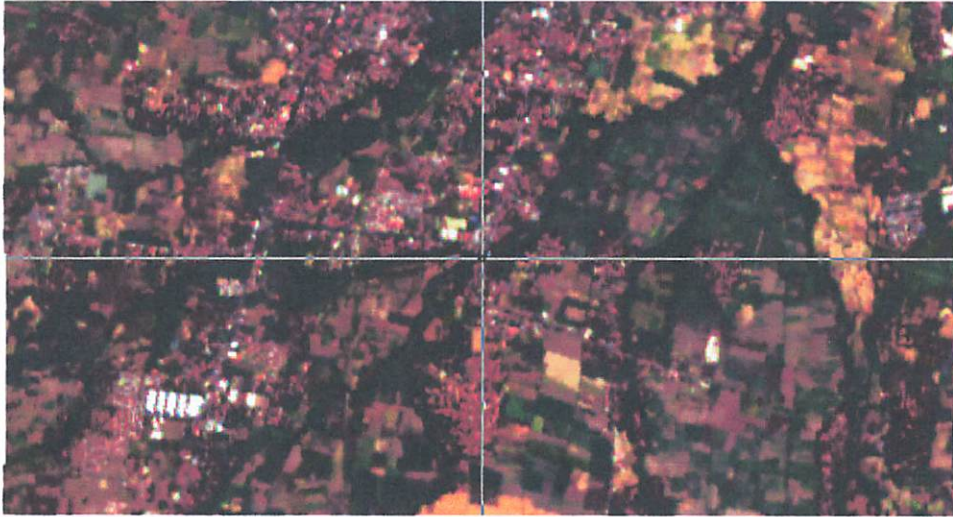
➤ GCP04



Gambar.4.8. Foto lapangan GCP04



Gambar.4.9. Tampilan GCP04 dengan Google Earth



Gambar.4.10. Tampilan GCP04 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP04 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.78 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial
= 0.78 x 10
= 7.8 meter



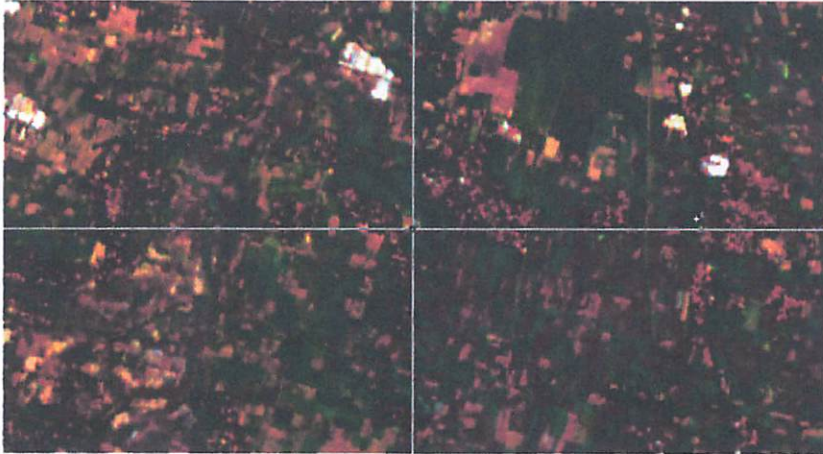
➤ GCP05



Gambar.4.11. Foto lapangan GCP05



Gambar.4.12. Tampilan GCP05 dengan Google Earth



Gambar.4.13. Tampilan GCP05 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP05 dalam satuan pixel dan meter adalah :

➤ Kesalahan pada citra = 0.73 pixel

➤ Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial

= 0.73 x 10

= 7.3 meter

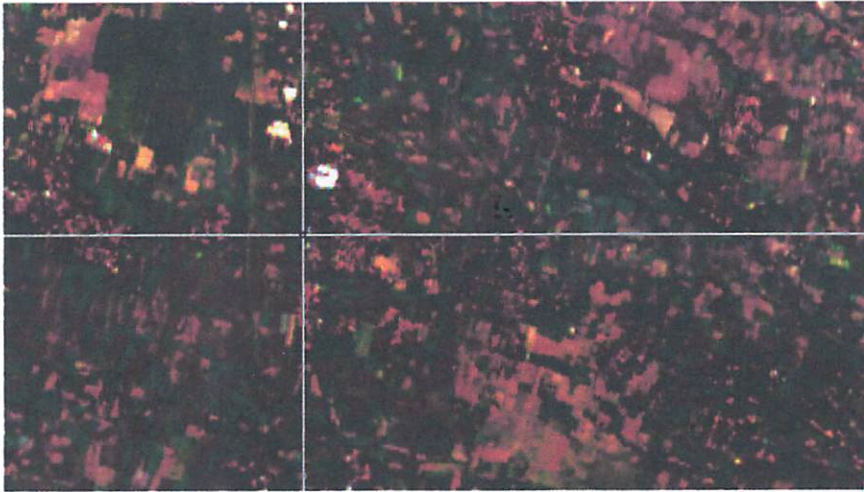
➤ GCP06



Gambar.4.14. Foto lapangan GCP06



Gambar.4.15. Tampilan GCP06 dengan Google Earth



Gambar.4.16. Tampilan GCP06 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP06 dalam satuan pixel dan meter adalah :

➤ Kesalahan pada citra = 0.93 pixel

➤ Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial

= 0.93 x 10

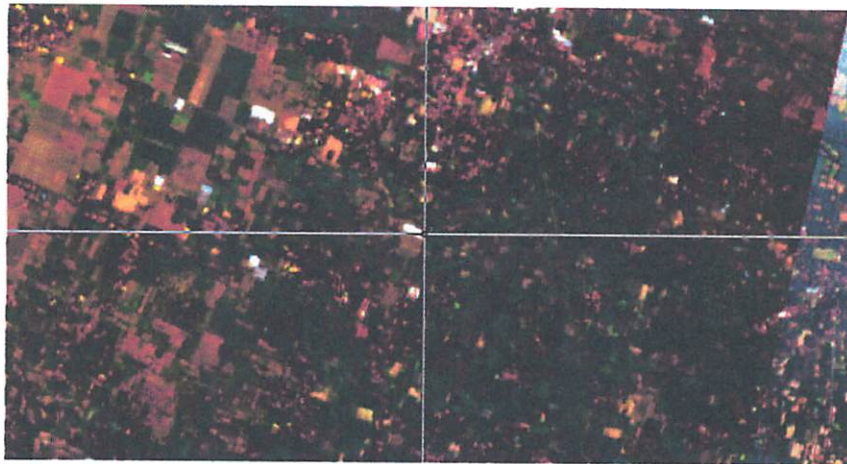
= 9.3 meter



➤ GCP07



Gambar.4.17. Tampilan GCP07 dengan Google Earth



Gambar.4.18. Tampilan GCP07 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP07 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.38 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial
= 0.38 x 10
= 3.8 meter
- GCP11

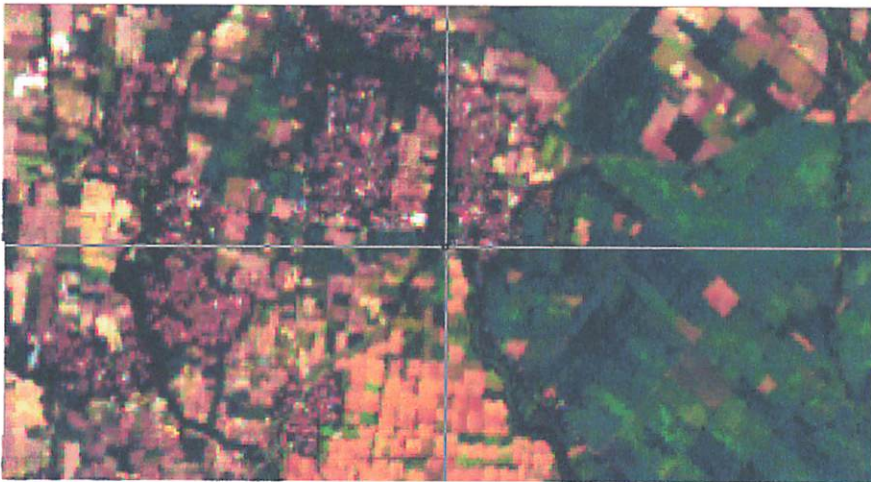


Gambar.4.19. Foto lapangan GCP11





Gambar.4.20. Tampilan GCP11 dengan Google Earth



Gambar.4.21. Tampilan GCP11 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP11 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.29 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error x Resolusi Spasial

$$= 0.29 \times 10$$

$$= 2.9 \text{ meter}$$

➤ GCP12



Gambar.4.22. Foto lapangan GCP12





Gambar.4.23. Tampilan GCP12 dengan Google Earth



Gambar.4.24. Tampilan GCP12 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP12 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.90 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial

$$= 0.90 \times 10$$

$$= 9.0 \text{ meter}$$

➤ GCP13

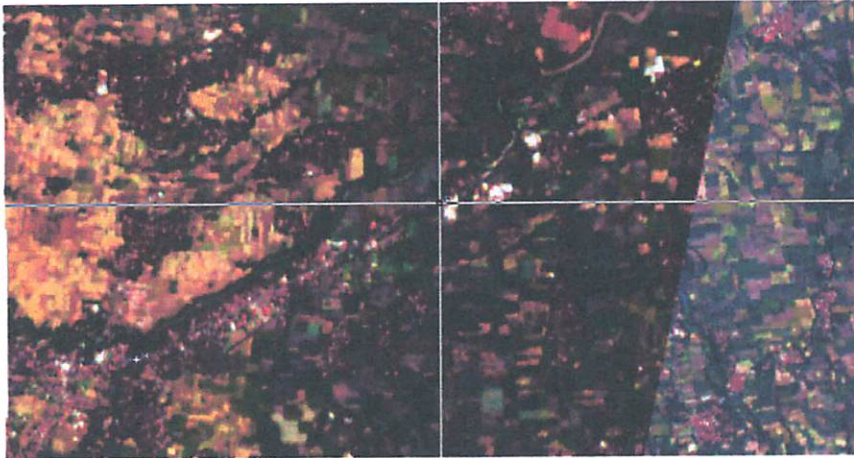


Gambar.4.25. Foto lapangan GCP13





Gambar.4.26. Tampilan GCP13 dengan Google Earth



Gambar.4.27. Tampilan GCP13 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP13 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.96 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial

$$= 0.96 \times 10$$

$$= 9.6 \text{ meter}$$

➤ GCP14

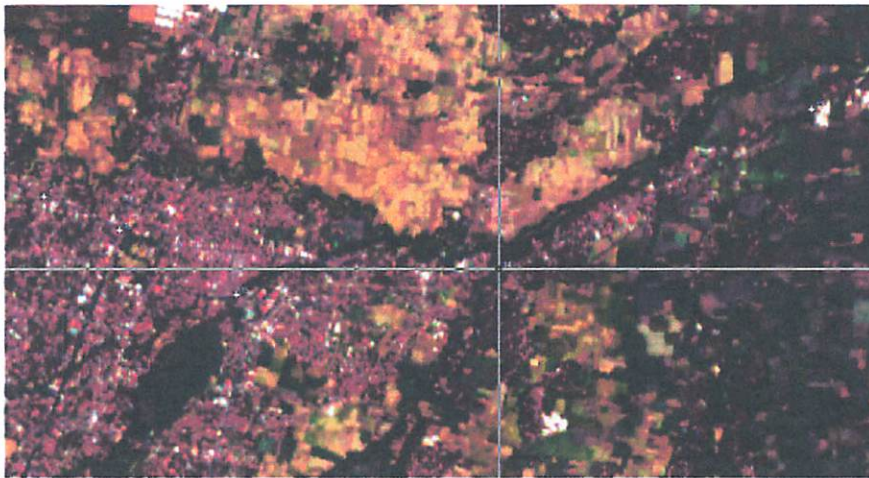


Gambar.4.28. Foto lapangan GCP14





Gambar.4.29. Tampilan GCP14 dengan Google Earth



Gambar.4.30. Tampilan GCP14 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP14 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.94 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial

$$= 0.94 \times 10$$

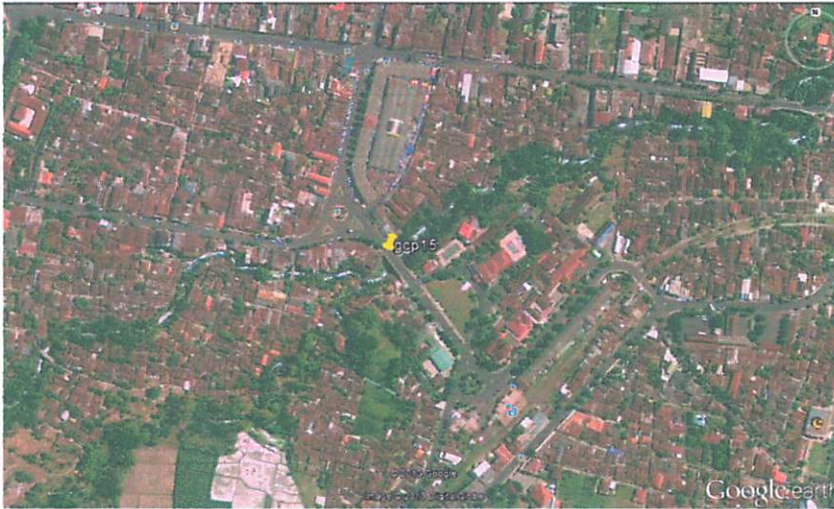
$$= 9.4 \text{ meter}$$

➤ GCP15

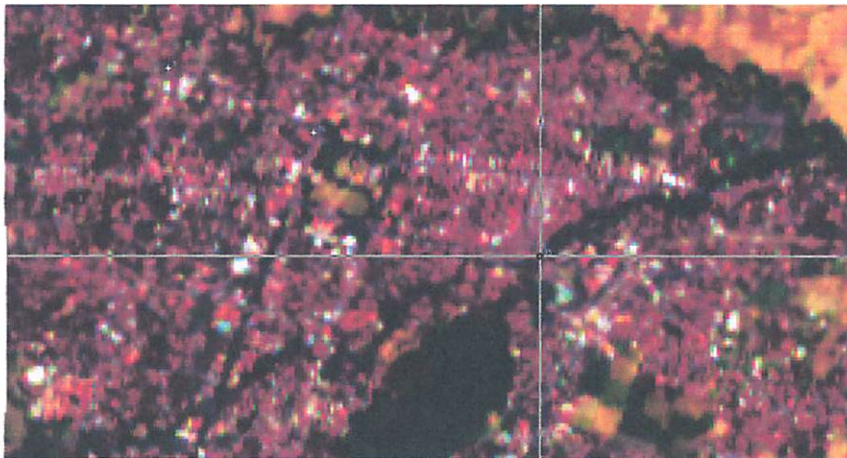


Gambar.4.31. Foto lapangan GCP15





Gambar.4.32. Tampilan GCP15 dengan Google Earth



Gambar.4.33. Tampilan GCP15 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP15 dalam satuan pixel dan meter adalah :

- Kesalahan pada citra = 0.59 pixel
- Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial
= 0.59 x 10 = 5.9 meter

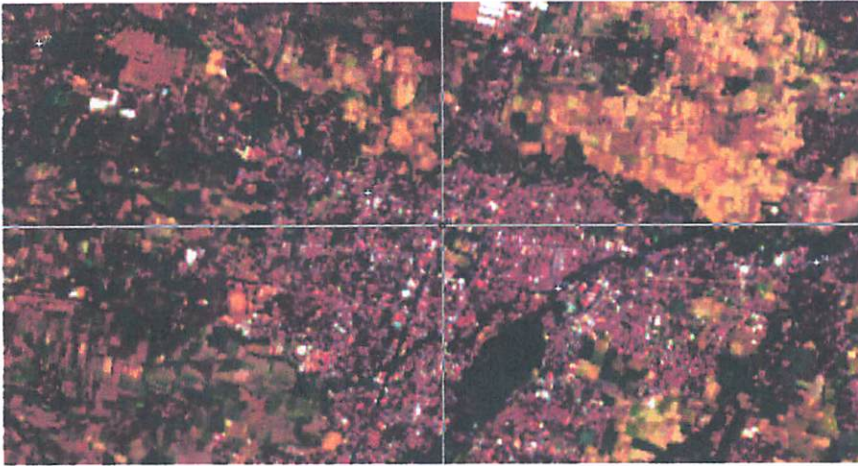
➤ GCP16



Gambar.4.34. Foto lapangan GCP16



Gambar.4.35. Tampilan GCP16 dengan Google Earth



Gambar.4.36. Tampilan GCP16 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP16 dalam satuan pixel dan meter adalah :

➤ Kesalahan pada citra = 0.42 pixel

➤ Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial

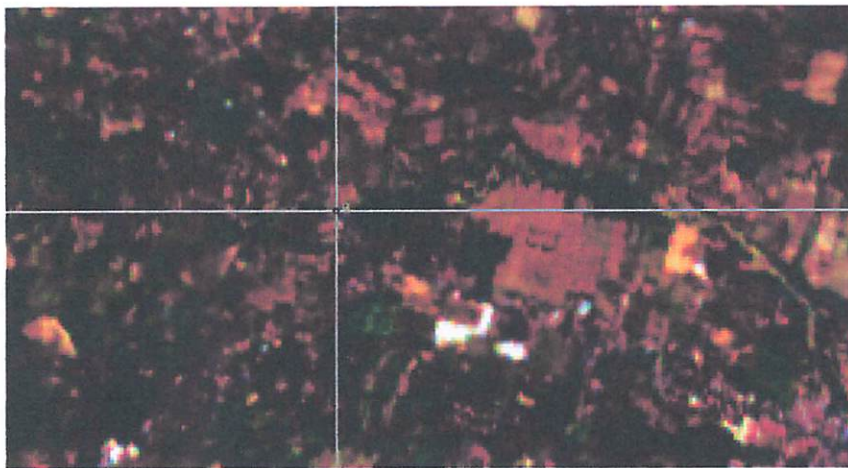
= 0.42 x 10

= 4.2 meter

➤ GCP17



Gambar.4.37. Tampilan GCP17 dengan Google Earth



Gambar.4.38. Tampilan GCP17 pada Citra ALOS

Besar kesalahan pada GCP17 dalam satuan pixel dan meter adalah :

➤ Kesalahan pada citra = 0.46 pixel

➤ Kesalahan di lapangan = RMS error / Resolusi Spasial

= 0.46×10

= 4.6 meter



V

PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Rektifikasi citra ALOS AVNIR-2 menggunakan 2 *sheet* citra dengan *composit* 321 (*blue, green, red*).
2. Hasil RMS error dari koreksi geometrik yaitu < 5 *pixel*, sehingga memenuhi syarat khususnya dalam penelitian menggunakan metode *Ground Identified Point*.
3. Ketelitian posisi hasil rektifikasi dengan GPS Navigasi
 - Nilai rata-rata ketelitian pada citra yaitu 0,66 *pixel*, dan
 - Nilai rata-rata kesalahan koreksi geometrik di lapangan sebesar 6.6 meter.
 - Masing-masing kesalahan tiap GCP adalah sebagai berikut :

Tabel 5.1. Kesalahan tiap GCP

No	GCP	Pada Citra (<i>pixel</i>)	Di Lapangan (meter)
1	gcp01	0.44	4.4
2	gcp02	0.80	8.0
3	gcp04	0.78	7.8
4	gcp05	0.73	7.3
5	gcp06	0.93	9.3
6	gcp07	0.38	3.8
7	gcp11	0.29	2.9
8	gcp12	0.90	9.0

9	gcp13	0.96	9.6
10	gcp14	0.94	9.4
11	gcp15	0.59	5.9
12	gcp16	0.42	4.2
13	gcp17	0.46	4.6

5.2. Saran

Adapun saran-saran yang dapat dikemukakan dari hasil penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian yang sama pada daerah yang berbeda dan dengan menggunakan citra yang berbeda juga.
2. Semakin banyak GCP maka ketelitiannya cenderung semakin tinggi.
3. Penggunaan GCP dalam proses rektifikasi citra untuk citra Alos disarankan cukup menggunakan 13 titik.
4. Pemanfaatan citra satelit sebagai data dasar untuk pembuatan peta skala besar perlu terus dikembangkan pada cakupan daerah yang luas.



DAFTAR PUSTAKA

- Atriyon Julzarika, *Uji Ketelitian Hasil Koreksi Geometrik Citra Satelit ALOS Prisdengan Hitung Kuadrat Terkecil Metode Parameter*. Peneliti Pusbangja LAPAN.
- Danoedoro Projo. 1996. *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta. Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada. Petunjuk Praktikum Pemrosesan Citra Digital.
2009. Prodi Karotgrafi dan Penginderaan Jauh Fakultas Geografi UGM.
- Haralick, R.M.Shanmugam, K and Dinstein, I. 1973.*Textural Features for Image Classification.IEEE Transaction on Systems Man and Cybertics*. 3:610-621
- JAXA. 2009. ALOS; *User Handbook*. Earth Observation Research Center. Japan Aerospace.
- JAXA. 2011. *Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer (AVNIR)*.
<http://suzaku.eorc.jaxa.jp/GLI2/adeos/Project/Avnir.html> [2 Januari 2013].
- Jaya INS. 2009. *Analisis Citra Digital: Perspektif Penginderaan Jauh Untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam*. Bogor : Fakultas Kehutanan IPB.
- 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.

Lillesand TM, Kiefer RW. 1994. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*;
diterjemahkan oleh Dulbahri *et al.* Yogyakarta: Gajah Mada University
Press.

Paul M. Mather, 1987. *Computer Processing of Remotely Sensed Images an
Introduction*. Joh Willey & Sons, New York

Purwadhi SH. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT. Gramedia
Widiasarana Indonesia

Purwadhi Sri Hardiyanti, Sanjoto Tjaturahono. 2009. *Pengantar Interpretasi Citra
Penginderaan Jauh*. Semarang. Pusat Data Penginderaan Jauh LAPAN
dan Jurusan Geografi UNS..

