

Skripsi Geofisika

**TEKNIK ORTOREKTIFIKASI CITRA PLEIADES
DAERAH KABUPATEN MOROWALI SULAWESI
TENGAH MENGGUNAKAN METODE
APROKSIMASI**

Oleh :

**RAHMAT RIYADI
H221 12 255**



PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**TEKNIK ORTOREKTIFIKASI CITRA PLEIADES DAERAH
KABUPATEN MOROWALI SULAWESI TENGAH MENGGUNAKAN
METODE APROKSIMASI**

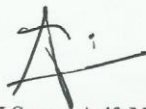
RAHMAT RIYADI

H221 12 255

Makassar, 27 November 2017

Disetujui Oleh :

Pembimbing Utama



Dr. H. Samsu Arif, M.Si
NIP. 19630518 199103 1 011

Pembimbing Pertama



Dr. H. Muh Altin Massinai, MT.Sury
NIP. 1964061619890310

HALAMAN PERNYATAAN

**Skripsi ini adalah karya saya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip
maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar**

Makassar, 27 November 2017



Rahmat Rivadi
NIM : H221 12 255

**TEKNIK ORTOREKTIFIKASI CITRA PLEIADES DAERAH
KABUPATEN MOROWALI SULAWESI TENGAH MENGGUNAKAN
METODE APROKSIMASI**

OLEH :

RAHMAT RIYADI

H221 12 255



Diajukan

*Untuk Melengkapi Tugas dan Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Sains Pada Program Studi Geofisika Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin*

**PROGRAM STUDI GEOFISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

MAKASSAR

2017

TEKNIK ORTOREKTIFIKASI CITRA PLEIADES DAERAH KABUPATEN MOROWALI SULAWESI TENGAH MENGGUNAKAN METODE APROKSIMASI

Rahmat Riyadi¹, Samsu Arif², Muh. Altin Massinai²

¹Mahasiswa Program Studi Geofisika Fakultas MIPA UNHAS

²Dosen Program Studi Geofisika Fakultas MIPA UNHAS

ABSTRAK

Salah satu permasalahan yang menyebabkan rendahnya efisiensi penggunaan data citra penginderaan jauh ialah penggunaan georeferensi yang beragam baik itu pada data citra maupun data geospasial dan sejenisnya sehingga sering mengakibatkan tumpang tindih interpretasi lahan, ketidakakuratan dan kurang optimal dalam pemanfaatannya. Penggunaan citra resolusi tinggi semakin meningkat dikarenakan dengan tingginya daya guna yang dimiliki untuk perencanaan pembangunan yang berkelanjutan di Indonesia. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan umum untuk mendukung kebijakan satu peta (KSP) atau one map policy dan menerapkannya dalam program nawacita dari pemerintah Indonesia dengan tujuan khusus menentukan secara manual titik GCP dan menghasilkan data citra Pleiades morowali yang terortorektifikasi. Data citra mentah Pleiades, data DEM, data titik-titik Ground Control Point (GCP) daerah morowali kemudian dikumpulkan untuk melakukan proses ortorektifikasi dalam software PCI Geomatica menggunakan metode aproksimasi maka didapatkan hasil input data citra yang telah terortorektifikasi dengan nilai RMSer yaitu 0.99 dan akurasi horizontal sebesar 1.97 Meter dibuatkan layout hasil ortorektifikasi citra Pleiades yang telah memenuhi persyaratan sistem georeferensi yang terintegrasi yang akan mendukung urgensi kebutuhan Indonesia dalam mencapai target kebijakan KSP ini.

Kata kunci : Citra Satelit, Penginderaan Jauh, Koreksi Geometrik, Ortorektifikasi

ORTHORECTIFICATION TECHNIQUE FOR PLEIADES SATELITE IMAGERY IN MOROWALI AREA OF CENTRAL SULAWESI REGENCY BY USING THE APROXIMATION METHOD

Rahmat Riyadi¹, Samsu Arif², Muh. Altin Massinai²

¹Lecturer of Geophysics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences

²Student of Geophysics Study Program, Faculty of Mathematics and Natural Sciences Hasanuddin University, Makassar

Abstract

One of the problems causing the low efficiency of the use of remote sensing image data is the use of diverse geo-references system both in image data and geospatial data, which often results in overlapping of land interpretation, inaccuracies and less optimal in its application. The use of high resolution imagery is increasing due to its high advantage to help for sustainable development research and planning in Indonesia. This research was conducted with the aim to support Kebijakan Satu Peta (KSP) or one-map policy and apply it in the program of the *nawacita* of Indonesian government with the specific purpose of manually determining GCP points and generating the ortho-rectified Pleiades image data of morowali. Pleiades raw image data, DEM data, Ground Control Point (GCP) data of Morowali area then collected to perform the ortho-rectification procedures in PCI Geomatica software by using the approximation method then it resulted an image data that has been ortho-rectified with RMSer value of 0.99 and horizontal accuracy of 1.97 Meters then creating layout for the ortho-rectified Pleiades image that have met the requirements of integrated geo-references system that will support the urgency of Indonesia's needs in achieving this KSP policy targets.

Keywords: Satellite Imagery, Remote Sensing, Geometric Correction, Orthorectification

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT, berkat taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “**Teknik Ortorektifikasi Citra Pleiades Daerah Kabupaten Morowali Sulawesi Tengah Menggunakan Metode Aproksimasi**” yang disusun sebagai syarat akademis dalam menyelesaikan studi program Sarjana (S1) program studi Geofisika di Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa rampungnya penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dukungan, doa serta saran dari berbagai pihak. Untuk itu, pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati penulis hendak menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. **Bapak Dr. Samsu Arif, M.Si** selaku pembimbing utama sekaligus yang telah memberi dukungan dan membimbing penulis hingga terselesainya salah satu syarat wajib kelulusan ini.
2. **Bapak Dr. H. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku pembimbing pertama yang telah memberikan pengarahannya, saran hingga bimbingan dalam penyelesaian penulisan ini.
3. **Dr. Sakka, M.Si** selaku Penasehat Akademik yang telah memberikan banyak nasihat dan arahan selama penulis menempuh studi, serta saran dan kritik membangun hingga terselesaikannya penulisan ini.

4. **Bapak Drs. Erfan, M.Si, Nur Hasanah, M.Si dan Bapak Dr. Paharuddin, M.Si** selaku tim penguji Skripsi Geofisika yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam penyempurnaan penulisan ini
5. **Bapak Dr. H. Arifin, MT** selaku Ketua Jurusan Fisika, **Bapak Dr. H. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Prodi Geofisika, dan **Bapak Eko Juarlin, S.Si, M.Si** selaku Sekretaris Jurusan Fisika serta seluruh pegawai Jurusan Fisika FMIPA Universitas Hasanuddin yang telah memberikan kemudahan dalam pengurusan administrasi penulisan ini.
6. Segenap Dosen di program studi Geofisika di Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu pengetahuan sebagai dasar penulis untuk menyusun tugas akhir ini.
7. Kedua orang tua tercinta **Bapak H. Bakhtiar dan Ibu Hj. Rahmatiah** yang senantiasa memberikan kasih sayang sepanjang masa sehingga penulis bisa sampai ke titik ini. Serta semua anggota keluarga penulis atas doa restu, kasih sayang, didikan dan arahan, dukungan moril dan finansial, serta kesabaran kepada penulis selama ini.
8. Teman-teman seperjuangan **Amel, Dini, Jemy, Ical, Atika, Eko, Uzy, Mifta dan yang lainnya** terima kasih atas bantuan yang diberikan kepada penulis, segala doa, dukungan, canda dan macam-macam bantuan dalam penyelesaian penyusunan tugas akhir ini. Terima kasih untuk semuanya.
9. Kepada kanda **Baharuddin, S.Si**, terima kasih atas guyonan dan candaan yang begitu menghibur dan menguatkan penulis dikala galau akan tugas akhir ini.

10. Kepada **teman-teman Prodi Geofisika, Fisika Universitas Hasanuddin angkatan 2012, dan teman-teman KKN Desa Sejahtera Mandiri Kemensos Angkatan 93 Kec. Maiwa Kab. Enrekang terkhusus Posko 7 Desa Labuku** yang senantiasa ada untuk memberikan dukungan dan doa. Terima kasih atas semua yang telah dilakukan, terima kasih telah senantiasa menguatkan di kala penulis terpuruk dan merasa tidak mampu melakukan apa-apa.
11. Dan semua pihak yang telah membantu penulis yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna dan membutuhkan saran dan kritik yang bersifat membangun dari berbagai pihak yang dapat dipergunakan untuk penelitian selanjutnya. Semoga karya kecil ini dapat bermanfaat bagi penulis pada khususnya dan pembaca pada umumnya.

Makassar, November 2017

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN	iii
ABSTRACK	iv
SARI BACAAN	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Ruang Lingkup Penelitian	3
I.3 Tujuan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Penginderaan Jauh	5
II.1.1 Landasan Teori	4
II.1.2 Metode Akusisi Data Penginderaan Jauh	7
II.1.3 Bentuk Hasil Data Penginderaan Jauh	11
II.1.4 Jenis Citra Berdasarkan Resolusi	14
II.1.5 Citra Satelit <i>Pleiades</i>	23
II.2 Pengolahan Data Citra Resolusi Tinggi	25

II.2.1 Koreksi Geometrik Data Citra Resolusi Tinggi	25
II.2.2 Ortorektifikasi	30
II.3 Jenis Pemanfaatan Data Citra Resolusi Tinggi	32
II.3.1 Sumber Informasi Kombinasi	34
II.3.2 Multispektral	35
II.3.3 Multisensor	35
II.3.4 Multitemporal	36
II.4 Pentingnya Akurasi dan Validasi Data Penginderaan Jauh	37
II.4.1 Model Permukaan Bumi	38
II.4.2 Proyeksi Peta	42
II.4.3 Georeferensi	43
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	45
III.1 Peta Daerah Penelitian	45
III.2 Alat	46
III.3 Bahan	46
III.4 Metode Pengolahan Data	46
III.4.1 Pengumpulan Data	46
III.4.2 Analisis dan Pengolahan Awal Data Citra	46
III.4.3 Melakukan Prosedur Georeferensi	47
III.4.4 Menginput Hasil <i>Pan Sharpening</i> Citra dan GCP.shp	48
III.4.5 Melakukan Bundle Adjustment	49
III.4.6 Penginputan Manual Data GCP	50
III.4.7 Produksi Data Citra Yang Telah Terortorektifikasi	52

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	55
IV. 1 Hasil	55
IV.1.1 Citra Pleiades Kabupaten Morowali Yang Telah Terortorektifikasi	55
IV. 1.2 Penentuan Titik-Titik GCP dan ICP Pra dan Pasca Ortorektifikasi	57
IV.2 Pembahasan	59
BAB V PENUTUP	61
V.1 Kesimpulan	61
V.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Perekaman Permukaan Bumi oleh Sensor Penginderaan Jauh	8
Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik	9
Gambar 2.3 Struktur Umum Citra Dijital	13
Gambar 2.4 Tipe Sensor Penginderaan Jauh	15
Gambar 2.5 Satelit Pleiades	25
Gambar 2.6 Tahapan Ortorektifikasi	32
Gambar 2.7 Bidang Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh	33
Gambar 2.8 Perbedaan Ketinggian Model Geodesi	40
Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian	45
Gambar 3.2 Proses Pan-Sharpning Citra Pleiades	47
Gambar 3.3 Georeferensi Citra Pleiades	48
Gambar 3.4 Hasil Input Data GCP.shp dan Data Citra Pleiades	49
Gambar 3.5 Penyesuaian Titik di Citra dengan Lokasi di Lapangan	50
Gambar 3.6 Persamaan Menghitung MSL Elevation Value	51
Gambar 3.7 Input Manual Titik – Titik GCP	52
Gambar 3.8 Proses Produksi Citra Ortorektifikasi	53
Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian	54
Gambar 4.1 Citra Pleiades Hasil Ortorektifikasi	55
Gambar 4.2 Perbandingan citra hasil orto dengan sebelum prosesi orto	56
Gambar 4.3 Titik-Titik GCP Manual Input	58
Gambar 4.4 Pengambilan titik ICP (Interpretasi)	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1 Spesifikasi Satelit Pleiades	25
Tabel 2 Pembeda Utama 3 Model Permukaan Bumi	41
Tabel 3 Hasil Uji Akurasi dan Validasi Ortorektifikasi	60

Daftar Lampiran

Lampiran 1. Tabel Hasil Bundle Adjustments

Lampiran 2. Data Pengukuran PU 13

Lampiran 3. Data Pengukuran PU 14

Lampiran 4. Data Pengukuran PU 12

Lampiran 5. Data Pengukuran PU 21

Lampiran 6. Data Pengukuran PU 27

Lampiran 7. Data Pengukuran PU 18

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Setiap hasil citra penginderaan jauh, meskipun citranya diambil melalui sebuah *scanner multispectral* pada platform satelit, sistem fotografi pada pesawat tanpa awak, atau kombinasi dari satu atau beberapa sensor maupun platform, akan selalu mengalami distorsi geometrik. Problem ini cukup lumrah dalam penginderaan jauh, ketika kita mencoba untuk merepresentasikan secara akurat bentuk permukaan 3 dimensi bumi ke dalam bentuk citra 2 dimensi. Semua citra penginderaan jauh merupakan subjek dari beberapa bentuk distorsi geometrik, tergantung dari cara memperoleh data citra tersebut. Bentuk error ini kemungkinan dihasilkan oleh satu atau beberapa faktor berikut ini, perspektif optik sensor, sistem pergerakan scanning, pergerakan dan ketidakstabilan platform, letak bujur lintang serta kecepatan platform, kemiringan rupa muka bumi, dan kelengkungan serta rotasi dari bumi. (*The Canada Centre for Mapping and Earth Observation*, <http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>).

Besarnya sudut pengamatan (*field of view*) satelit pada proses penyiaran akan mengakibatkan perubahan luas cakupan objek. Distorsi panoramik sangat besar pengaruhnya pada sensor satelit resolusi rendah seperti NOAA-AVHRR dan MODIS, namun citra resolusi tinggi seperti Landsat, SPOT, IKONOS, Quickbird, dan ALOS bebas dari distorsi panoramik, karena orbitnya yang tinggi dengan medan pandang kecil hampir tidak terjadi pergeseran letak oleh relief pada data

satelit tersebut. Distorsi yang disebabkan perubahan atau pembelokan arah penyiaran bersifat sistematis, dapat dikoreksi secara sistematis. (Prahasta,2014)

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 didalamnya. 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 di permukaan 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.

Bentuk koreksi geometrik data citra satelit adalah bentuk mengolah data citra mentah yang baru diperoleh dan merupakan bentuk proses awal yang sangat penting untuk menyiapkan data citra yang bisa dipakai untuk berbagai macam kepentingan, seperti diketahui penggunaan data citra penginderaan jauh sangat meningkat dari tahun ke tahun karena efektifitas dan kemampuannya yang dapat digunakan dalam untuk memprediksi berbagai masalah yang dinamis dan kemudian dapat membantu dalam perencanaan dan pembuatan keputusan terutama untuk mengatasi berbagai macam problematika yang terjadi di Indonesia saat ini. Pemerintah di Indonesia mulai gencar untuk memajukan pemanfaatan

data citra yang lebih baik ke depannya melalui beberapa badan pemerintah yang bertanggung jawab di bidang ini yaitu LAPAN dan Badan Informasi Geospasial. (BIG,2014)

Salah satu permasalahan yang menyebabkan rendahnya efisiensi penggunaan data citra penginderaan jauh ialah penggunaan georeferensi yang beragam baik itu pada data citra maupun data geospasial dan sejenisnya sehingga sering mengakibatkan tumpang tindih interpretasi lahan, ketidakakuratan dan kurang optimal dalam pemanfaatannya. Untuk itu, kebijakan Presiden Joko Widodo untuk meneruskan Kebijakan Satu Peta (KSP) dan menerapkannya dalam program NawaCita. *One Map Policy* atau Kebijakan Satu Peta. Informasi Geospasial diperlukan oleh instansi pemerintah dan masyarakat di semua tingkatan untuk meningkatkan kualitas pengambilan keputusan dalam semua aspek pembangunan nasional. KSP bertujuan untuk membuat peta yang mengacu pada Satu Georeferensi, Satu GeoStandard, Satu Geodatabase, dan Satu *GeoCustodian* pada tingkat akurasi skala peta 1: 50.000. (BIG,2014)

Dengan latar belakang untuk mendukung kebijakan tersebut maka saya menginisiasi untuk mengambil tema tugas akhir yaitu mengenai teknik ortorektifikasi citra yang merupakan salah satu proses dalam koreksi geometrik dengan sistem georeferensi yang terintegrasi yang akan mendukung urgensi kebutuhan Indonesia dalam mencapai target kebijakan KSP ini.

I.2 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan data citra Pleiades daerah Kab Morowali, Sulawesi Tengah yang terortorektifikasi. Dengan menggunakan metode aproksimasi dan pemakaian software *PCI Geomatica* dalam proses analisis dan realisasi ortorektifikasi data citra.

I.3 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan titik titik *Ground Control Point* manual di citra disesuaikan dengan posisi hasil pengukuran di permukaan bumi.
2. Menghasilkan data citra yang terortorektifikasi mengacu kepada sistem georeferensi yang terintegrasi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Penginderaan Jauh

II.1.1 Landasan Teori

Penginderaan jauh atau inderaja (remote sensing) adalah seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi tentang obyek, area atau fenomena melalui analisa terhadap data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah ataupun fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer,1979).

Alat yang dimaksud dalam pengertian diatas adalah alat pengindra atau sensor. Pada umumnya sensor dibawa oleh wahana baik berupa pesawat, balon udara, satelit maupun jenis wahana yang lainnya (Sutanto,1987). Hasil perekaman oleh alat yang dibawa oleh suatu wahana ini selanjutnya disebut sebagai data penginderaan jauh.

Lindgren (1985 dalam Sutanto, 1987) mengungkapkan bahwa penginderaan jauh adalah berbagai teknik yang dikembangkan untuk perolehan dan analisis informasi tentang bumi, informasi ini khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi.

Dari pendapat beberapa ahli di atas dapat disimpulkan bahwa penginderaan jauh terdiri atas 3 komponen utama yaitu obyek yang diindra, sensor untuk merekam obyek dan gelombang elektronik yang dipantulkan atau dipancarkan oleh permukaan bumi. Interaksi dari ketiga komponen ini menghasilkan data

penginderaan jauh yang selanjutnya melalui proses interpretasi dapat diketahui jenis obyek area ataupun fenomena yang ada. (Sutanto, 1987)

Perkembangan penginderaan jauh ini semakin cepat seiring dengan kemajuan teknologi dirgantara. Sebelumnya penginderaan jauh lebih banyak menggunakan pesawat udara dan balon udara dalam perekaman data permukaan bumi, tetapi seiring dengan perkembangan penerbangan antariksa dan penggunaan satelit untuk berbagai kepentingan termasuk didalamnya perekaman permukaan bumi, maka penginderaan jauh tumbuh berkembang semakin cepat. Demikian pula halnya dengan penggunaan sensor yang di bawa oleh berbagai wahana juga mengalami peningkatan baik dalam jenis sensor yang digunakan maupun tingkat kedetailan hasil penginderaan. (Sutanto, 1987)

Satelit pertama yang berhasil diluncurkan dalam rangka monitoring sumber daya bumi adalah satelit ERTS (*Earth Resources Technology Satellite*) yang diluncurkan pada tahun 1972. Hingga saat ini telah ratusan jenis satelit dengan berbagai tingkat ketelitian dan berbagai panjang gelombang digunakan untuk berbagai kajian permukaan bumi. (Noor, 2014)

Beberapa contoh manfaat dalam aplikasi penginderaan jauh adalah:

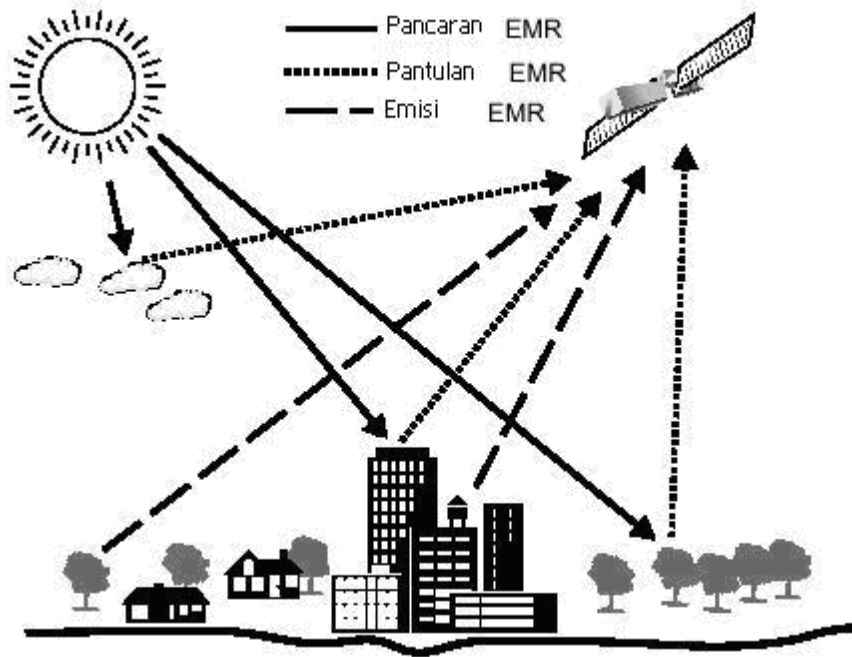
- 1) Identifikasi penutupan lahan (*landcover*)
- 2) Identifikasi dan monitoring pola perubahan lahan
- 3) Manajemen dan perencanaan wilayah
- 4) Manajemen sumber daya hutan
- 5) Eksplorasi mineral

- 6) Pertanian dan perkebunan
- 7) Manajemen sumber daya air
- 8) Manajemen sumber daya laut

Secara umum dapat dikatakan bahwa penginderaan jauh dapat berperan dalam mengurangi secara signifikan kegiatan survey terestrial dalam inventarisasi dan monitoring sumberdaya alam. Kegiatan survey terestris dengan adanya teknologi ini hanya dilakukan untuk membuktikan suatu jenis obyek atau fenomena yang ada dilapangan untuk disesuaikan dengan hasil analisa data. (Noor, 2014)

II.1.2 Metode Akusisi Data Penginderaan Jauh

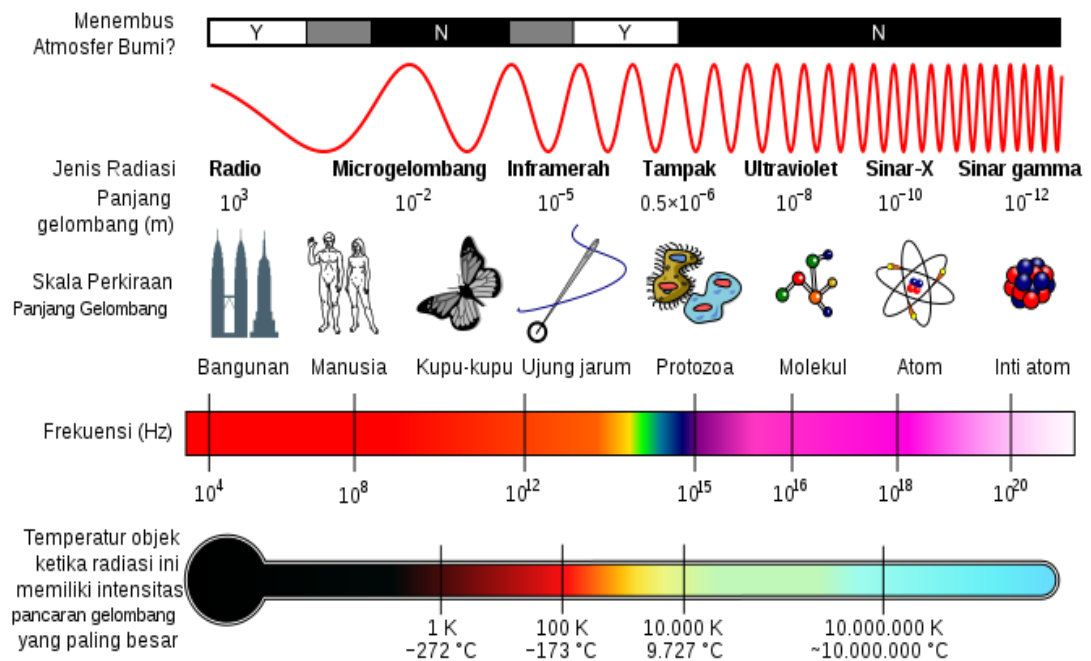
Prinsip perekaman oleh sensor dalam pengambilan data melalui metode penginderaan jauh dilakukan berdasarkan perbedaan daya reflektansi energi elektromagnetik masing-masing objek di permukaan bumi. Daya reflektansi yang berbeda-beda oleh sensor akan direkam dan didefinisikan sebagai objek yang berbeda yang dipresentasikan dalam sebuah citra.



Gambar 2.1 Proses Perekaman Permukaan Bumi oleh Sensor Penginderaan Jauh
(Prahasta,2014)

Gelombang elektromagnetik yang dipantulkan permukaan bumi akan melewati atmosfer sebelum direkam oleh sensor. Awan, debu, atau partikel-partikel lain yang berada di atmosfer akan membiaskan pantulan gelombang ini. Atas dasar pembiasan yang terjadi, sebelum dilakukan analisa terhadap citra diperlukan kegiatan koreksi radiometrik. (Prahasta,2014)

Resolusi citra yang dihasilkan juga dipengaruhi oleh radiasi elektromagnetik yang terjadi pada target, bentuk energi ini dapat dinyatakan kehadirannya oleh pengaruhnya ketika menyentuh benda maupun materi di permukaan.



Gambar 2.2 Spektrum Gelombang Elektromagnetik (Prahasta,2014)

Spektrum gelombang elektromagnetik dibagi lagi atas :

- Radio: domain gelombang untuk pemancar radio, TV, walky talky, dan mobile phone (tidak digunakan untuk remote sensing) ini berkisar antara 10 cm hingga 10 km.
- Microgelombang : domain gelombang pendukung radar ini berkisar antara 1 mm hingga 1 meter. Domain microgelombang bisa dibagi lagi dalam beberapa sub domain: (1) P-band [30-100 cm]; (2) L-band [15-30 cm]; (3) S-band [7.5-15 cm]; (4) C-band [3.8-7.5 cm]; (5) X-band [2.4-3.8 cm]; (6) Ku-band [1.7-2.4 cm]; (7) K-band [1.1-1.7 cm]; dan Ka-band [0.75-1.1 cm].

- c. Inframerah: domain gelombang ini berkisar antara 0.7 hingga 300 micrometer, dan dapat dibagi lagi ke dalam beberapa sub-domain (1) near-infrared/NIR [0.7-1.5 μm]; (2) Short – wavelength infrared/SWIR [1.5-3.0 μm]; (3) mid-wavelength infrared/MWIR [3-8 μm]; (4) long-wavelength infrared/LWIR [8-15 μm]; (5) far-infrared/FIR [diatas 15 μm]. NIR dan SWIR juga dikenal sebagai reflected infrared (pengamatan remote sensing muka bumi dan bisa digambarkan oleh film fotografi), sementara MWIR dan LWIR disebut sebagai thermal infrared (remote sensing muka bumi tetapi tidak bisa digambarkan oleh film fotografi, melainkan dengan sensor mekanik).
- d. Tampak : domain radiasi elektromagnetik yang sempit, berwarna, dan (cahaya yang dapat di deteksi atau dilihat oleh mata manusia ini berkisar antara 400 nanometer (nm) hingga 700 (nm). Walaupun sudah sempit, domain ini masih dapat dibagi kembali dalam beberapa sub-domain: (1) violet [400-430 nm]; (2) indigo (430-450 nm]; (3) blue [450-500 nm]; (4) green [500-570 nm]; (5) yellow [570-590 nm]; (6) orange [590-610 nm]; dan (7) red [610-700 nm]. Band ini tersedia untuk pengamatan metode remote sensing dan dapat digambarkan dengan menggunakan film fotografi.
- e. Ultraviolet : panjang gelombang band ini berkisar antara 0.03 μm hingga 0.4 μm . Radiasi dengan sub-domain 0.03 μm – 0.3 μm akan terserap ozon di atmosfer bumi sementara domain 0.3-0.4 μm dapat terekam oleh fotografi.

- f. Sinar X : Panjang gelombang sinar X berkisar antara 0.03 hingga 30 nm. Radiasi ini terserap atmosfer bumi hingga tidak tersedia untuk pengamatan metode remote sensing.
- g. Sinar Gamma : Panjang gelombang sinar gamma kurang dari 0.03 nm. Radiasi ini terserap atmosfer bumi hingga tidak tersedia untuk pengamatan metode remote sensing.

Sehubungan dengan domain (bands) elektromagnetik yang digunakan maka tipe pengamatan metode remote sensing dapat dibagi ke dalam beberapa bagian : (1) visible and reflective infrared remote sensing; (2) thermal infrared remote sensing; (3) microwave remote sensing. (Prahasta,2014)

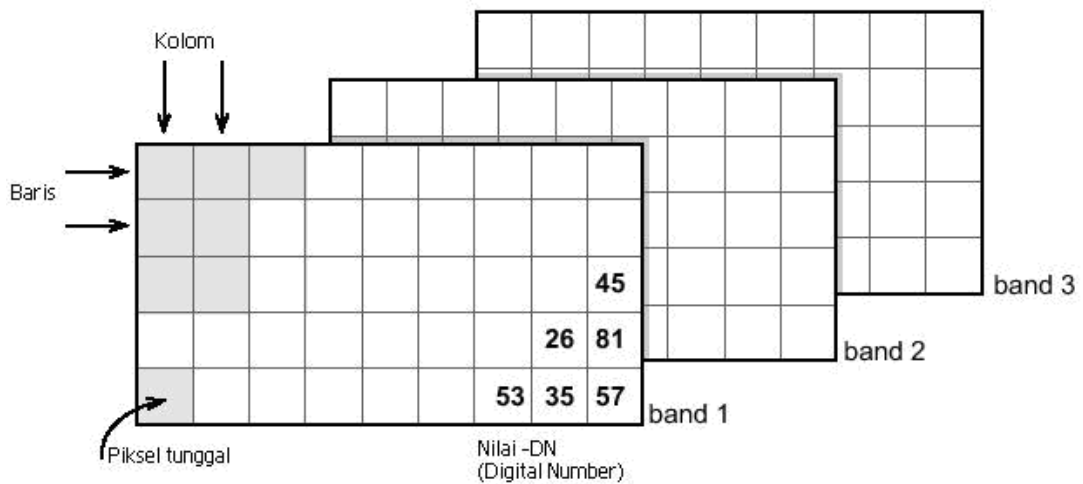
II.1.3 Bentuk Hasil Data Penginderaan Jauh

Perekaman objek dapat dilakukan, karena tenaga dalam bentuk tenaga elektromagnetik yang dipancarkan oleh matahari ke segala arah terutama ke permukaan bumi, tenaga tersebut dipantulkan dan dipancarkan oleh permukaan bumi. Tenaga pantulan dan pancaran tersebut direkam oleh alat yang disimpan oleh wahana. Karena itu untuk memperoleh data penginderaan jauh tersebut diperlukan komponen-komponen penginderaan jauh diantaranya ; tenaga, objek, sensor, detector dan wahana. Komponen tersebut saling mendukung dalam perekaman objek, karena setiap komponen harus saling berinteraksi. Akibat adanya interaksi tenaga dengan objek, tenaga tersebut dipantulkan dan direkam oleh alat. Data hasil perekaman tersebut menghasilkan 2 jenis data yaitu; (1) data visual (citra) dan (2) data citra (numerik). (Simonett,1983)

Data visual merupakan gambar dari objek yang direkam yang disebut dengan "citra". Menurut Hornby (1974) bahwa citra adalah gambaran yang tampak pada cermin atau melalui lensa kamera. Sedangkan Simonett dkk (1983) mengemukakan bahwa citra adalah gambaran suatu objek biasanya berupa gambaran objek pada foto yang dihasilkan dengan cara optik, elektro-optik, optik mekanik atau elektronik. Pada umumnya ia digunakan bila radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh suatu objek tidak langsung direkam pada film. Jadi atas dasar uraian tersebut penulis berpendapat bahwa citra adalah gambaran objek yang direkam akibat adanya interaksi tenaga elektromagnetik yang dipantulkan dan dipancarkan objek yang direkam detektor pada alat (sensor).

Selain data visual (citra) juga diperoleh data citra (numerik), karena tiap objek mempunyai kepekaan dan karakteristik yang berbeda, maka tiap objek akan memantulkan atau memancarkan tenaga elektromagnetik membentuk karakteristik yang berbeda, juga dalam interaksinya antara tenaga dan objek dipengaruhi oleh kondisi atmosferik. Gastellu dan Wtchegorry (tanpa tahun) mengemukakan bahwa kondisi atmosfer yang transparan pada julat yang dapat diamati. Besar kecilnya konsentrasi kelembaban air dan ozon dan oleh kepekaan karakteristik optik yang mempengaruhi proses interaksi tenaga dari matahari dengan objek dipermukaan. S.Sardi dan D. Sudiana (1991) mengemukakan bahwa suatu digit dapat dipertimbangkan sebagai suatu matriks, dimana baris dan kolom menunjukkan identitas suatu titik pada citra, hubungan keberadaan tingkat keabuan pada titik tersebut menunjukkan tingkat pancaran atau pancaran tenaga elektromagnetik. Julat

secara dinamis tingkat pantulan atau pancaran standar dengan nilai antara 0 (gelap) sampai 255 (cerah). Selanjutnya dikatakan bahwa dalam sistem Remote sensing, tingkat keabuan sebenarnya berasal dari intensitas pantulan atau intensitas pantulan atau identitas pancaran yang datang dari objek.



Gambar 2.3 Struktur Umum Citra Dijital (Sardi,1991)

Data Citra satelit sebagai hasil dari perekaman satelit memiliki beberapa karakter yaitu:

1. Karakter spasial atau yang lebih dikenal sebagai resolusi spasial, bahwa data citra penginderaan jauh memiliki luasan terkecil yang dapat direkam oleh sensor. Sebagai contoh untuk Landsat TM memiliki luasan terkecil yang mampu direkam adalah 30 x 30 m dan mampu merekam daerah selebar 185 km. 1 Scene citra landsat memiliki luas 185 km x 185 km.
2. Karakteristik spektral atau lebih sering disebut sebagai resolusi spektral, Data penginderaan jauh direkam pada julat panjang gelombang tertentu. Masing-

masing satelit biasanya membawa lebih dari satu jenis sensor dimana tiap sensor akan memiliki kemampuan untuk merekam sejumlah panjang gelombang tertentu.

3. Karakteristik Temporal, Bahwa citra satelit dapat merekam suatu wilayah secara berulang dalam waktu tertentu, sebagai contoh satelit Landsat 3 dapat melakukan perekaman ulang terhadap satu wilayah setelah selang 18 hari.

Sedangkan data penginderaan jauh berdasarkan jenis produk datanya dapat dibagi menjadi dua yaitu:

1. Citra foto. Citra foto dihasilkan oleh alat perekam kamera dengan detektor berupa film, dengan mekanisme perekaman serentak, biasanya direkam dalam spektrum tampak atau perluasannya, dewasa ini berkembang teknologi digital yang dapat menggantikan peran film sebagai media penyimpanan obyek.

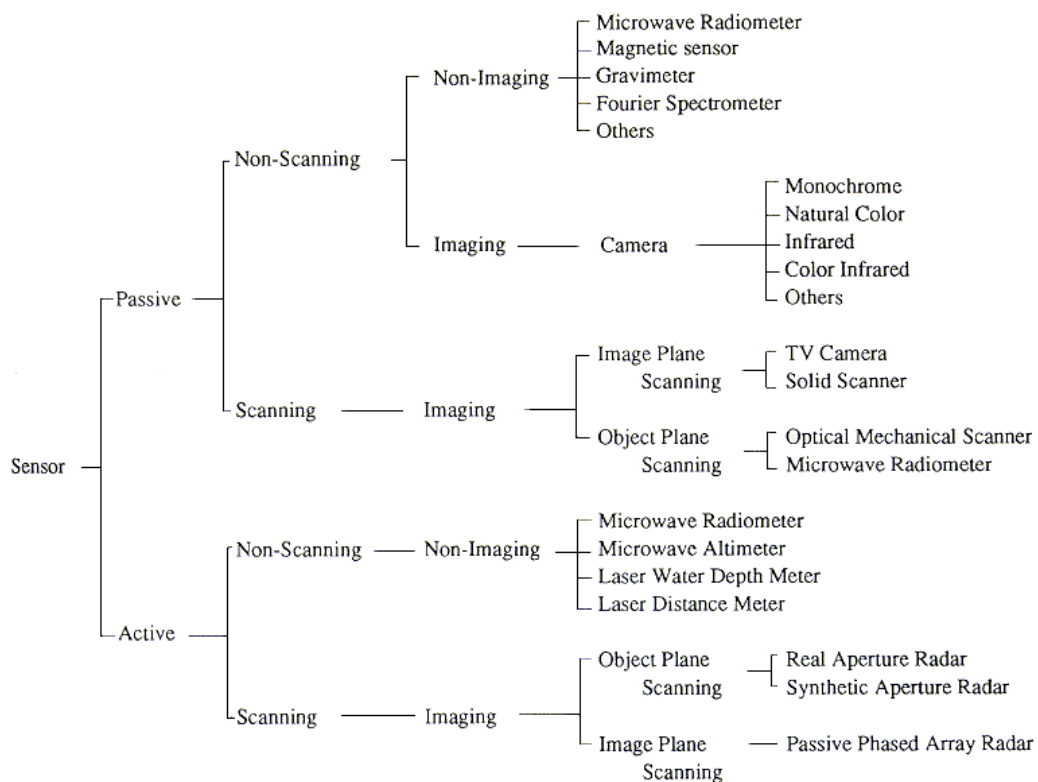
2. Citra non foto. Citra non foto dihasilkan oleh sensor non kamera berdasarkan pada penyiaman atau kamera yang detektornya bukan film, proses perekamannya parsial dan direkam secara elektronik.

II.1.4 Jenis Citra Berdasarkan Resolusi

Resolusi data citra yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh jenis platform yang digunakan saat akuisisi data dan jenis sensor yang terdapat padanya. Pada umumnya teknik – teknik pengamatan metode remote sensing dipisahkan melalui tipe platform yang digunakannya yaitu satelit, pesawat terbang, atau lainnya (balon terbang, layang-layang, *unmanned aerial vehicles* atau pesawat terbang tanpa awak, dan *autonomous underwater vehicles* atau pesawat (air/selam) tanpa awak. Setiap platform beserta sensor-sensornya memiliki karakteristik khas dan

nampaknya tidak mudah untuk dibandingkan secara sederhana dan bersamaan. Oleh sebab itu pada akhirnya penginderaan jauh yang menggunakan platform tipe kedua selain satelit beserta sensor-sensornya secara praktis banyak dibahas di bidang tersendiri (fotogrametri). (Sardi,1991)

Komponen sensor merekam radiasi elektromagnetik hasil interaksi antara sumber energi dengan targetnya. Di remote sensing, terdapat beberapa sensor yang telah, sedang, dan akan dikembangkan. Tipe-tipe sensor tersebut antara lain tercermin di dalam gambar atau skema berikut



Gambar 2.4 Tipe Sensor Penginderaan Jauh (Prahasta,2014)

Seperti tampak pada gambar, salah satu instrumen yang digunakan sebagai sensor adalah radiometer. Radiometer adalah alat pengukur level energi dalam kisaran

panjang gelombang tertentu, yang disebut channel. Penginderaan jauh multispektral menggunakan sebuah radiometer yang berupa deretan dari banyak sensor, yang masing masing peka terhadap sebuah channel atau band dari panjang gelombang tertentu. Data spectral yang dihasilkan dari suatu target berada dalam kisaran level energi yang ditentukan. Instrumen ini sangat sensitif terhadap variasi radiasi elektromagnetik. Selain itu, radiometer dirancang hingga dapat mengukur tingkatan energi dalam jangkauan gelombang tertentu yang dikenal sebagai channel (band sempit di dalam spectrum elektromagnetik). (Prahasta,2014)

Ada dua tipe deteksi yang dilakukan oleh sensor: deteksi pasif dan aktif. Banyak bentuk penginderaan jauh yang menggunakan deteksi pasif, dimana sensor mengukur level energi yang secara alami dipancarkan, dipantulkan, atau dikirimkan oleh target. Sensor ini hanya bisa bekerja apabila terdapat sumber energi yang alami, pada umumnya sumber radiasi adalah matahari, sedangkan pada malam hari atau apabila permukaan bumi tertutup awan, debu, asap dan partikel atmosfer lain, pengambilan data dengan cara deteksi pasif tidak bisa dilakukan dengan baik. Contoh sensor pasif yang paling dikenal adalah sensor utama pada satelit Landsat, *Thematic Mapper*, yang mempunyai 7 band atau channel. (Prahasta,2014)

- **Band 1** (0.45-0.52 μ m; biru) - berguna untuk membedakan kejernihan air dan juga membedakan antara tanah dengan tanaman.
- **Band 2** (0.52-0.60 μ m; hijau) - berguna untuk mendeteksi tanaman.

- **Band 3** (0.63-0.69 μ m; merah) - band yang paling berguna untuk membedakan tipe tanaman, lebih daripada band 1 dan 2.
- **Band 4** (0.76-0.90 μ m; reflected IR) - berguna untuk meneliti biomas tanaman, dan juga membedakan batas tanah-tanaman dan daratan-air.
- **Band 5** (1.55-1.75 μ m; reflected IR) – menunjukkan kandungan air tanaman dan tanah, berguna untuk membedakan tipe tanaman dan kesehatan tanaman. Juga digunakan untuk membedakan antara awan, salju dan es.
- **Band 6** (10.4-12.5 μ m; thermal IR) - berguna untuk mencari lokasi kegiatan geothermal, mengukur tingkat stress tanaman, kebakaran, dan kelembaban tanah.
- **Band 7** (2.08-2.35 μ m; reflected IR) – berhubungan dengan mineral; rasion antara band 5 dan 7 berguna untuk mendeteksi batuan dan deposit mineral.

Sumber: Sabins 1986:86; Jensen 1986:34

Sedangkan pada deteksi aktif, PJ menyediakan sendiri sumber energi untuk menyinari target dan menggunakan sensor untuk mengukur refleksi energi oleh target dengan menghitung sudut refleksi atau waktu yang diperlukan untuk mengembalikan energi. Keuntungan menggunakan deteksi pasif adalah pengukuran bisa dilakukan kapan saja. Akan tetapi sistem aktif ini memerlukan energi yang cukup besar untuk menyinari target. Sebagai contoh adalah radar Doppler, sebuah sistem ground-based, radar presipitasi pada satellite *Tropical*

Rainfall Measuring Mission (TRMM), yang merupakan spaceborne pertama yang menghasilkan peta 3-D dari struktur badai. (Prahasta,2014)

Setiap satelit remote sensing bisa membawa lebih dari 1 sensor. Oleh karena itu, pada setiap misinya bisa saja didapatkan beberapa band citra digital untuk beberapa area muka bumi. Sistem sensor ini diantaranya adalah :

- (1) *Thematic Mapper* (TM) adalah sistem sensor yang berupa cross-track scanner. Pada satelit landsat, sistem ini merekam data 7 band dari domain visible hingga thermal infrared (LWIR).
- (2) *Enhanced Thematic Mapper* [ETM] (ETM+ pada landsat-7) adalah sistem sensor perbaikan sistem TM- dengan tambahan pankromatik beresolusi 15 meter.
- (3) *Multi Spectral Scanner* (MSS) adalah sistem sensor berupa sistem scanner (a line scanning) yang secara simultan bisa merekam muka bumi dengan menggunakan beberapa domain gelombang yang berbeda. Pada satelit landsat, sistem ini merekam data 4 band dari spectrum visible hingga NIR.
- (4) *High Resolution Visible* (HRV) adalah sistem sejenis cross-track yang bekerja pada dual mode: multi spectral (XS) dan pankromatik (P). Pada satelit SPOT, mode pankromatik beresolusi spasial 10 meter dengan domain gelombang 500 – 730 nm (single spectral band di keseluruhan domain visible). Sementara pada mode multispectral, sistem sensor SPOT 1 dan 2 ini merekam data 3 band: XS1 (hijau); XS2 (merah); dan XS3 (NIR).

- (5) *High Resolution Visible Infrared (HRVIR)* adalah sistem sensor hasil perbaikan sistem HRV dengan update pada jangkauan spektralnya, baik pada mode multispectral maupun pankromatik.
- (6) *High Resolution Geomatic (HRG)* adalah sistem sensor pengganti HRVIR (pada satelit SPOT-5).
- (7) *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* adalah salah satu sensor yang merekam data band yang relatif lebar untuk 4,5, atau 6 band hasil scanning radiometer mulai dari domain spectrum visible, NIR, hingga thermal infrared. Sensor sistem pencitraan terhadap masalah-masalah kemeteorologian ini dibawa oleh satelit NOAA.
- (8) *Synthetic Aperture Radar (SAR)* adalah sistem sensor (aktif) pencitraan yang digunakan pada aplikasi remote sensing resolusi tinggi: khususnya pada pembuatan DTM, mengenali unsur-unsur buatan manusia, alat bantu navigasi, penetrasi tanah dan daun, deteksi target bergerak, dan monitoring perubahan lingkungan. Sensor yang dipasang pada platform satelit/pesawat terbang, tembus awan dan tidak terpengaruh oleh lapisan atmosfer ini dapat merekam informasi objek pada segala cuaca, baik siang maupun malam hari.
- (9) *Scanning Multi Channel Microwave Radiometer (SMMR)* adalah sistem sensor pasif yang dikembangkan pertama kali untuk membedakan tipe es oleh satelit. Tetapi kemudian kemampuannya bertambah, khususnya mendapatkan suhu muka laut, tekanan angin, parameter muka tanah, dan penutup es laut. Sistem sensor ini digunakan oleh satelit Nimbus.

- (10) *Return Beam Vidicon (RVB)* adalah sistem sensor yang mirip dengan kamera televisi yang merekam gambar muka bumi disepanjang lintasan satelit. Hasil rekamannya berupa frame image berukuran 185x185 km setiap kali shot. Pada satelit landsat 1 dan 2, digunakan tiga kamera RVB yang dipisahkan oleh filter transmisi yang berbeda hingga memungkinkan perekaman 3 band spectral yang berbeda.
- (11) *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER)* adalah salah satu sistem sensor yang terpasang pada satelit Terra. Sensor yang dikembangkan oleh konsorsium di Jepang ini memiliki kombinasi yang unik dari cakupan spektralnya yang lebar dan resolusi spasialnya yang tinggi didalam domain VNIR hingga SWIR dan LWIR. Sistem sensor ini diharapkan memberikan kontribusi di aplikasi perubahan global, termasuk pada masalah dinamika vegetasi dan ekosistem, monitoring bencana alam, geologi dan tanah, iklim permukaan tanah, hidrologi dan perubahan lahan.
- (12) *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS)* adalah sistem sensor penting yang terpasang pada satelit Terra dan Aqua. Sistem ini merupakan scanner optis dengan 36 channel dengan resolusi spasial antara 250 m hingga 1 km. aplikasi sensor ini berada di seputar monitoring lingkungan secara kontinu antara lain prediksi lokasi kebakaran, area banjir, hasil panen, sumber daya laut, cuaca dan kualitas udara.

Di bidang remote sensing terdapat beberapa istilah yang berkaitan dengan resolusi. Istilah ini merujuk pada seberapa besar akurasi yang dapat dijangkau oleh data yang bersangkutan:

(a) Resolusi spasial. Resolusi ini merujuk pada ukuran objek terkecil yang dapat dibedakan. Pada citra digital, resolusi ini dibatasi oleh ukuran piksel. Dengan demikian, ukuran objek terkecil yang dapat dibedakan tidak bisa berukuran lebih kecil dari ukuran pikselnya. Dalam kaitan ini, muncullah istilah resolusi tinggi dan resolusi rendah. Pada yang pertama, ukuran pikselnya relative kecil hingga dapat menggambarkan bagian permukaan bumi secara detil; sementara yang kedua, ukuran pikselnya relative besar hingga hasil penggambarannya agak kasar.

(b) Resolusi radiometrik. Resolusi ini merujuk pada perubahan intensitas terkecil yang bisa dideteksi oleh sensornya. Pada citra digital resolusi ini dibatasi pada jumlah kuantisasi diskrit yang digunakan untuk mendigitasi nilai intensitas yang sebenarnya bersifat kontinyu. Secara praktis, resolusi radiometric citra digital diwakili oleh tipe data yang digunakan untuk menyajikan nilai-nilai intensitasnya: 1-byte, 2-byte, dan lain sejenisnya.

(c) Resolusi temporal. Resolusi ini merujuk kepada sistem satelit remote sensing saat melakukan pengambilan gambar bagian muka bumi yang sama secara berurutan (periode pengambilan gambar). Sebagai contoh, resolusi temporal satelit landsat 4/5 adalah 16 hari, satelit ini mengambil gambar yang sama setiap

16 hari. Sementara satelit Landsat 1,2, atau 3 adalah 18 hari, dan satelit SPOT 26 hari.

(d) Resolusi spektral. Resolusi ini merujuk pada batas-batas spektral, domain, atau lebar band yang direkam oleh sistem sensornya. Resolusi ini merujuk pada kemampuan sensor dalam mendefinisikan interval panjang gelombang elektromagnetik secara halus. Oleh karena itu, citra digital high spectral resolution merupakan hasil rekaman batas – batas spektral tertentu dan dengan bandwidth yang cukup sempit untuk memperoleh spectral signature yang akurat pada objek-objek diskrit.

Berdasarkan terminology resolusi seperti diatas, terkadang, beberapa pihak membagi produk – produk remote sensing kedalam beberapa tipe citra digital sebagai berikut:

(a) *Multispectral*. Adalah citra digital rekaman sensor (terutama MSS) pada spectrum yang relative lebar (visible, NIR, SWIR, dan LWIR/TIR); mulai resolusi spektral rendah hingga menengah. Citra digital yang hadir dalam 4 band hingga 7 band ini pada umumnya berharga relatif murah.

(b) *Panchromatic*. Adalah citra digital rekaman sensor (mode pankromatik) terhadap spectrum visible dan hasilnya disimpan di sebuah band tunggal (relatif lebar) sebagaimana foto hitam putih. Citra digital yang beresolusi spektral rendah ini memiliki resolusi yang bervariasi di sekitar tinggi – mulai dari menengah hingga sangat tinggi. Citra digital pankromatik pada umumnya berharga menengah.

(c) *Hyperspectral*. Adalah citra digital yang tidak jauh berbeda dengan multispectral (tetapi datanya mencakup domain spektral visible, NIR, dan SWIR). Hanya saja, pada hyperspectral, citra ini merupakan rekaman pada domain relative sempit (resolusi spektral tinggi) hingga sistem sensornya menghasilkan banyak band citra. Total harga citra digital hyperspectral ini relatif mahal.

(d) Radar. Adalah citra digital rekaman sistem sensor pada domain (band) spectrum gelombang elektromagnetik microwave. Pada umumnya citra digital kelompok ini memiliki resolusi spasial menengah hingga tinggi. Harganya pun relatif mahal.

(e) *High spatial resolution*. Adalah citra digital yang memiliki resolusi sangat tinggi. Citra ini diantaranya adalah produk sistem sensor satelit QuickBird (0.6m pankromatik, 2.4m multispectral), IKONOS (1.0m pankromatik, 4m multispectral), dan yang lebih baru. Pada umumnya, citra-citra ini memiliki harga yang mahal.

Selanjutnya resolusi citra hasil dari akuisisi menggunakan metode penginderaan jauh sangat ditentukan oleh penggunaan satu atau kombinasi beberapa sensor pada platformnya serta jenis spectrum yang dapat direkam oleh sensor tersebut untuk kemudian dapat digunakan pada bidang yang disesuaikan. (Prahasta,2014)

II.1.5 Citra Satelit Pleiades

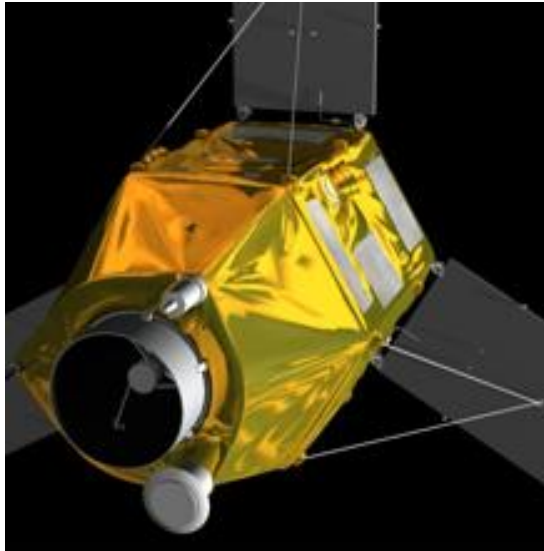
Pleiades adalah sistem observasi optis yang mencakup dua satelit identik yang dapat menghasilkan produk berwarna dengan resolusi 50cm. Teroperasi dengan jarak 180 derajat. Dalam satu fase orbit, sistem Pleiades dapat melakukan rotasi

harian ulang dalam titik manapun di permukaan bumi, untuk mengatasi masalah kependudukan dan militer.

Satelit ini telah di desain dengan tugas siap darurat, citranya dapat diperoleh dalam waktu kurang dari 6 jam. Hal ini akan sangat menguntungkan untuk menghadapi waktu disaat koleksi citra yang up to date sangat dibutuhkan seperti dalam monitoring krisis. Hal ini pun meningkatkan fleksibilitas dan membuka ruang yang persisten untuk teknologi akusisi terbaru nan mumpuni. (diterjemahkan dari www.geoimage.com.au/satellite/pleiades)

Saat ini terdapat dua seksi Pleiades dengan fase konstelasi yaitu Pleiades 1A – yang diluncurkan pada 16 desember 2011 dan Pleiades 1B – yang diluncurkan pada 2 desember 2012.

Hasil citra satelit Pleiades merupakan salah satu citra dengan resolusi tinggi yang dapat digunakan terutama untuk manajemen lahan, pertanian, pertahanan, keamanan komunitas, hidrologi, kehutanan dan juga digunakan dalam bidang terapan teknik sipil. (diterjemahkan dari www.geoimage.com.au/satellite/pleiades)



Gambar 2.5 Satelit Pleiades (www.geoimage.com.au/satellite/pleiades)

Tabel 1 Spesifikasi Satelit Pleiades (www.geoimage.com.au/satellite/pleiades)

Resolusi	Pankromatik 0.5m dan Multispectral 2m
Width	20 km
Hasil Data	Colour Pansharpened 0.5m (merge) Bundle 0.5m Panchromatic and 2m Multispectral
Band	P: 470 – 830 nm Blue: 430 – 550 nm Green: 500 – 620 nm Red: 590 – 710 nm Near-infrared: 740 – 940 nm
Rentang Dinamis	12 bits per pixel
Skala Terbesar	1:2,000

II.2 Pengolahan Data Citra Resolusi Tinggi

II.2.1 Koreksi Geometrik Data Citra Resolusi Tinggi

Koreksi geometrik merupakan proses memposisikan citra sehingga cocok dengan koordinat peta dunia yang sesungguhnya. Posisi geografis citra pada saat pengambilan data dapat menimbulkan distorsi karena perubahan posisi dan juga ketinggian sensor. Dalam akuisisi citra satelit, distorsi ini akan bertambah seiring dengan perbedaan waktu pembuatan peta dan akuisisi citra serta kualitas dari peta dasar yang kurang baik. Akibat dari kesalahan geometrik ini, maka posisi piksel dari citra satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi yang sebenarnya. Untuk memperbaiki kesalahan geometrik yang terjadi, Mather (2004) mengelompokkan koreksi geometrik menjadi dua kategori, yakni : model geometri orbital dan transformasi berdasarkan titik kontrol di lapangan (ground control point, GCP).

Transformasi ground control point, GCP merupakan proses koreksi geometrik citra dengan cara membandingkan posisi yang berada pada citra, dengan posisi yang ada di lapangan/ peta yang sudah tersedia sebelumnya. Ground control point, GCP adalah suatu lokasi pada permukaan bumi yang dapat diidentifikasi pada citra dan sekaligus dikenali posisinya pada peta. (Jensen, 2005)

Geometrik citra penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometrik. Kesalahan geometrik citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi yang diindera. Akibat dari kesalahan geometrik ini maka posisi *pixel* dari data inderaja satelit tersebut tidak sesuai dengan posisi (lintang dan bujur) yang sebenarnya. (Jensen, 2005)

Kesalahan geometrik menurut sifatnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak. Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang dapat diperkirakan sebelumnya, dan besarnya kesalahan pada umumnya konstan, oleh karena itu dapat dibuat perangkat lunak koreksi geometrik secara sistematis. Kesalahan geometri yang bersifat acak (acak) tidak dapat diperkirakan terjadinya, maka koreksinya harus ada data referensi tambahan yang diketahui. Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. (Noor,2014)

Kesalahan geometrik internal disebabkan oleh konfigurasi sensornya, akibat pembelokan arah penyorotan menyebabkan distorsi panoramik (*look angle*), yang terjadi saat cermin *scan* melakukan penyiaran (*scanning*). Besarnya sudut pengamatan (*field of view*) satelit pada proses penyiaran akan mengakibatkan perubahan luas cakupan objek. Distorsi yang disebabkan perubahan atau pembelokan arah penyiaran bersifat sistematis, dapat dikoreksi secara sistematis. Kesalahan geometrik menyebabkan perubahan bentuk citra. (Noor,2014)

Koreksi geometrik dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan acak, 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. Registrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra *multispectral* dan multi temporal.

3. Registrasi citra ke peta atau transformasi sistem 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 relatif antara bidang citra dan bidang bumi.

2. Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali / kontrol 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.

Koreksi geometrik citra dapat dilakukan dalam empat tahap yang mencakup sebagai berikut:

1. 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.
2. Penentuan parameter tidak diketahui dari persamaan matematika antara sistem koordinat citra dan sistem koordinat geografis, untuk menentukan menggunakan parameter kalibrasi data atau titik kontrol tanah.
3. Cek akurasi dengan verifikasi atau validasi sesuai dengan kriteria, 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.
4. Interpolasi dan resampling untuk mendapatkan citra *geocoded* presisi (akurat). Beberapa pilihan *Geocoding Type* yang sudah tersedia pada perangkat lunak, seperti *Triangulation, Polynomial, Orthorectify using ground control point, Orthorectify using exterior orientation, Map to map projection, Point registration, Rotation*. Kegunaan setiap tipe *geocoding* adalah (a) *Triangulation* untuk koreksi geometrik data yang mengalami banyak pergeseran *skew* dan *yawa*, atau data yang tidak sama ukuran pikselnya pada satu set data. (b) *Polynomial* untuk koreksi geometrik data citra yang mengalami pergeseran linear, ukuran *pixel* sama dalam satu set data resolusi spasial tinggi dan rendah. (c) *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. (d) *Rotation* untuk koreksi geometrik citra karena terjadi pergeseran citra yang berputar, baik searah jarum jam maupun sebaliknya.

Teknik koreksi geometrik triangulasi dilakukan koreksi secara *linear* dalam setiap segitiga yang dibentuk oleh tiga GCP dan daerah yang mempunyai kesalahan geometrik besar diberikan GCP lebih banyak. Persyaratan pengambilan titik di lapangan adalah (a) teridentifikasi jelas pada citra satelit, (b) wilayah harus terbuka agar tidak terjadi *multipath*, (c) permukaan tanah stabil, tidak pada daerah yang sedang atau akan dibangun, (d) Lokasi pengukuran aman dan tidak ada gangguan. (Noor,2014)

II.2.2 Ortorektifikasi

Orthorektifikasi adalah proses koreksi geometrik citra satelit atau foto udara untuk memperbaiki kesalahan geometrik citra yang bersumber dari pengaruh topografi, geometri sensor dan kesalahan lainnya. Hasil dari orthorektifikasi adalah citra tegak (*planar*) yang mempunyai skala seragam di seluruh bagian citra. Orthorektifikasi sangat penting untuk dilakukan apabila citra akan digunakan untuk memetakan dan mengekstrak informasi dimensi, seperti lokasi, jarak, panjang, luasan, dan volume.

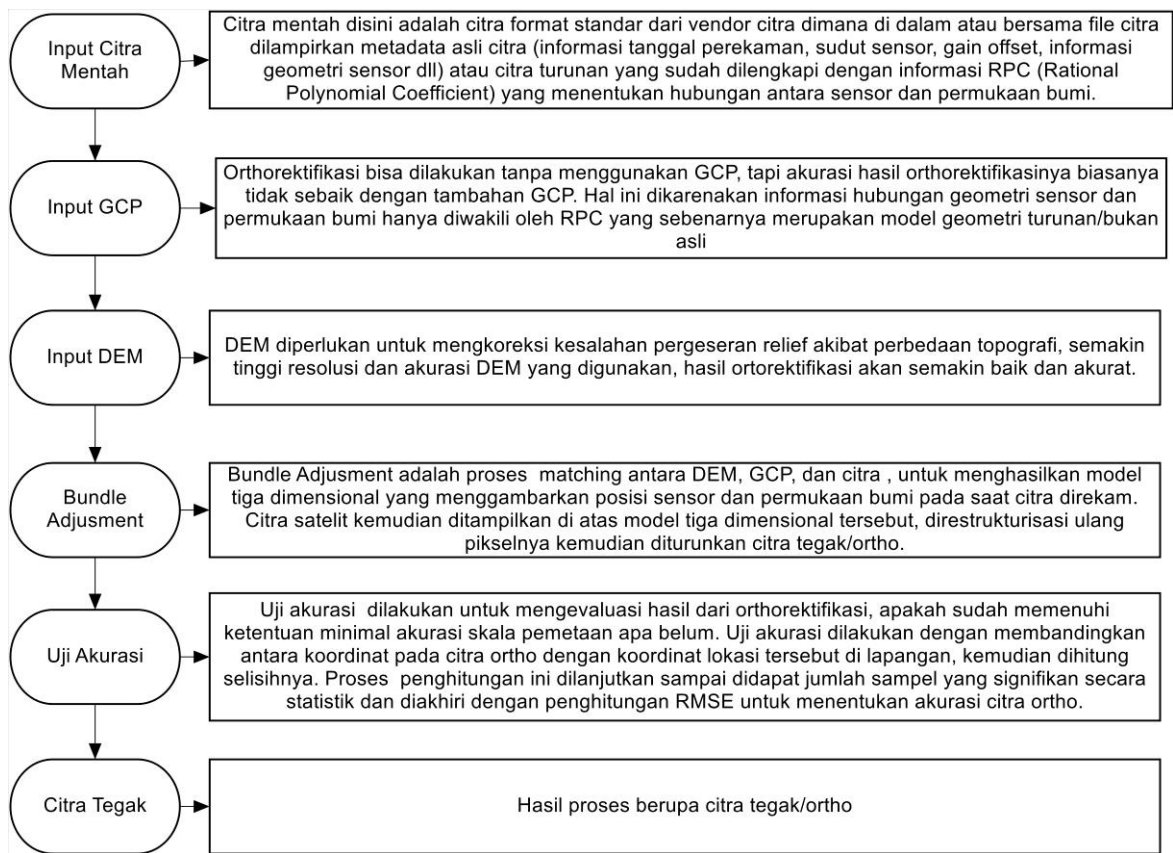
Citra tegak merupakan citra yang telah dikoreksi segala kesalahan geometriknya, sebagai akibat dari mekanisme perekaman citra. Kesalahan geometrik citra dapat berasal dari sumber internal satelit dan sensor (sensor miring/off nadir) ataupun sumber eksternal, yang dalam hal ini adalah topografi permukaan bumi. Perekaman off nadir dan perbedaan ketinggian berbagai obyek di permukaan

bumi menyebabkan adanya kesalahan citra yang disebut *relief displacement*. *Relief displacement* sendiri dapat didefinisikan sebagai pergeseran posisi obyek dari tempat seharusnya, yang disebabkan oleh ketinggian obyek dan kemiringan sensor citra.

Proses orthorektifikasi dilakukan menggunakan tiga jenis informasi, yaitu informasi orientasi internal dan eksternal sensor pada saat merekam, informasi elevasi permukaan bumi, dan informasi koordinat obyek di bumi (Ground Control Points). Dalam kenyataannya, informasi orientasi sensor pada saat perekaman tidak diberikan oleh vendor citra, sebagai penggantinya vendor memberikan informasi simulasi orientasi sensor yang disebut dengan RPC (Rational Polynomial Coefficient). Sedangkan informasi ketinggian diperoleh dari digital elevation model (DEM). Adapun informasi koordinat obyek di bumi diperoleh dari GPS. Agar orthorektifikasi dapat memberikan akurasi maksimal, DEM dan GCP yang digunakan harus mempunyai akurasi yang baik. GCP dan DEM yang baik secara akurasi dan resolusi biasanya diperoleh dari survey Differential GPS dan IFSAR/LIDAR.

Hasil orthorektifikasi berupa citra ortho/tegak yang mana seluruh kesalahan geometrik sudah dihilangkan. Dengan demikian bisa diibaratkan citra ortho sudah seperti peta dan dapat dimanfaatkan untuk menurunkan data spasial.

Tahapan orthorektifikasi disusun sebagai berikut



Gambar 2.6 Tahapan Ortorektifikasi

II.3 Jenis Pemanfaatan Data Citra Resolusi Tinggi

Setiap sensor yang digunakan oleh platform penginderaan jauh telah di desain untuk tujuan yang spesifik bagi masing-masing bidang. Dengan sensor optik yang di desain untuk mengambil dan mengakusisi band spektral. Dengan pencitraan radar, insidensi sudut dan penggunaan *microwave band* memainkan peranan penting dalam mendefinisikan pengaplikasian sensor yang paling cocok.

Setiap aplikasi itu sendiri memiliki permintaan yang spesifik, untuk resolusi spektral, resolusi spasial dan resolusi temporal. (diterjemahkan dari <http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>)



Gambar 2.7 Bidang Pemanfaatan Citra Penginderaan Jauh

<http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>

Untuk mereview, resolusi spectral mengacu kepada lebar jangkauan setiap band spektral yang telah direkam. Sebagai contoh citra pankromatik (dapat mencakup range yang lebar dari seluruh gelombang elektromagnetik tampak) tidak akan sensitive terhadap vegetation sebagai gelombang tipis dalam gelombang merah, dimana klorofil menyerap banyak energi elektromagnetik.

Resolusi spasial mengacu kepada kedetailan gambar yang dapat dilihat. Pemetaan tanah basah yang rinci memerlukan resolusi spasial yang lebih tinggi dibandingkan dengan pemetaan regional daerah fisiografis.

Resolusi temporal mengacu kepada interval waktu antara citra. Pengaplikasiannya memerlukan data yang terulang dan berkala, seperti tumpahan minyak, kebakaran hutan dan pengamatan pergerakan bongkahan es. Beberapa pengaplikasiannya hanya membentuk citra yang musiman (identifikasi panen, investasi serangga

hutan dan pengamatan tanah basah), dan beberapa membutuhkan citra yang hanya sekali (pemetaan geologi struktur). Dengan demikian, aplikasi waktu kritis juga membutuhkan kecepatan pengolahan citra dan penyaluran citra yang siap pakai dengan cepat ke tangan pengguna.

Dalam kasus dimana citra berulang dibutuhkan, frekuensi kunjungan ulang dari sensor sangat penting (berapa lama sebelum sensor tersebut mengakuisisi data di spot yang sama lagi) dan kehandalan dalam menghasilkan akuisisi data yang lancar. Sensor optis memiliki beberapa keterbatasan pada lingkungan yang berawan, dimana target mungkin tertutup dari pandangan. Di beberapa area di dunia, terutama daerah tropis, yang pada hakekatnya merupakan kondisi yang permanen. Daerah kutub juga menderita dari kekurangan bayangan cahaya matahari, dalam waktu berbulan-bulan. Radar menyediakan data yang handal, karena sensornya mempunyai sumber bayangan sendiri, dan memiliki panjang spectrum yang dapat menembus awan, debu, dan kabut, memastikan target tidak akan dikaburkan oleh kondisi iklim, atau pencahayaan yang rendah.

Terkadang dibutuhkan lebih dari satu sensor untuk menyikapi kebutuhan akan pengaplikasian citranya. Penggunaan kombinasi informasi beberapa sensor disebut sebagai integrasi. Data tambahan dapat membantu dalam analisis ataupun interpretasi data disebut sebagai ancillary data.

II.3.1 Sumber Informasi Kombinasi

Setiap band dari informasi yang terkoleksi oleh sensor mengandung data yang penting dan unik. Kita tau dari perbedaan panjang gelombang *spectrum* energi

yang terjadi adalah efek yang berbeda dari tiap target. Target tersebut menyerap, merefleksi atau mentransmisikan energi dalam proporsi yang berbeda. Kemunculan target dapat berubah dengan cepat dalam waktu, terkadang dalam beberapa detik. Dalam banyak aplikasi, penggunaan informasi dari beberapa sumber berbeda memastikan bahwa identifikasi target atau ekstraksi informasi adalah seakurat mungkin. Berikut menjelaskan mengenai cara memperoleh informasi yang lebih dalam terkait target maupun area, disbanding dengan menggunakan hanya 1 band dari 1 sensor.

II.3.2 Multispektral

Penggunaan beberapa informasi band spektral bermaksud untuk mengeksploitasi perbedaan dan pandangan bebas dari target dapat membuat identifikasinya menjadi sangat terpercaya. Penelitian telah dilakukan untuk menentukan jumlah maksimal band spektral untuk menganalisis target spesifik seperti serangga perusak pepohonan.

II.3.3 Multisensor

Sensor yang berbeda menyediakan informasi yang saling mengisi, dan ketika digabungkan bersama akan dapat membantuk interpretasi dan klasifikasi citra. Contohnya termasuk mengkombinasikan citra pankromatik resolusi tinggi dengan citra multispectral resolusi rendah, atau menggabungkan data penginderaan yang aktif dan pasif. Contoh yang lebih spesifik adalah integrase citra SAR dengan citra multispectral. Data SAR menambahkan ekspresi dari topografi permukaan dan relief disbanding dengan hanya citra yang flat. Citra multispectral berguna

untuk meningkatkan informasi komposisi warna atau penutup dari permukaan tanah. Tipe citra ini sering digunakan dalam geologi, dimana komposisi litology atau mineral di representasikan oleh komponen spektral, dan strukturnya di representasikan oleh komponen radar.

II.3.4 Multitemporal

Informasi dari beberapa citra yang diambil dalam sebuah periode waktu disebut juga dengan informasi multitemporal. Multitemporal mengacu kepada citra yang telah diambil dalam beberapa hari, minggu, atau pun tahun yang berbeda. Pengamatan perubahan penutupan lahan ataupun pertumbuhan lingkungan perkotaan membutuhkan citra yang diambil pada periode yang berbeda. Data yang terkalibrasi, dengan kontrol yang hati-hati pada aspek kuantitatif dari spektral atau respon backscatter membutuhkan aktivitas pengamatan yang mumpuni. Dengan data yang tidak terkalibrasi, klasifikasi dari sebuah citra yang tua dibandingkan dengan citra yang baru dan perubahan dalam batas kelas-kelas yang telah tergambarkan. Manfaat lain dari *multitemporal tool* adalah observasi *fenology vegetasi* (bagaimana vegetasi berubah seiring dengan musim) dimana membutuhkan data dengan frekuensi interval sepanjang musim.

Informasi multitemporal diperoleh dari interpretasi citra yang diambil pada area yang sama namun pada waktu yang berbeda. Perbedaan waktu pengambilan citra dipilih agar memungkinkan pengamatan pada kejadian yang dinamis. Beberapa kejadian katastrofik (tanah longsor, banjir, kebakaran, dan lain lain) akan membutuhkan perbedaan waktu yang dihitung berdasarkan hari, sementara

fenomena yang lebih lambat (pencairan es, pertumbuhan hutan, dan lain lain) akan membutuhkan waktu tahunan. Tipe pengaplikasiannya juga memerlukan kondisi pencahayaan yang konsisten (sudut matahari atau geometri pencitraan radar) untuk memperoleh hasil klasifikasi yang komparabel dan konsisten. (diterjemahkan dari <http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>)

II.4 Pentingnya Akurasi dan Validasi Geometris Data Penginderaan Jauh

UU Nomor 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang mensyaratkan Rencana Tata Ruang Kawasan Strategis Nasional pada peta skala 1:10.000, dan Rencana Detil tata Ruang pada peta skala 1:5.000. Adanya Inpres No. 6 Tahun 2012 tentang Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi, memungkinkan optimalisasi pemanfaatan data penginderaan jauh resolusi tinggi. Pada Inpres tersebut disebutkan bahwa, LAPAN memiliki tugas untuk menyediakan data satelit penginderaan jauh resolusi tinggi, sedangkan BIG berkewajiban untuk membuat citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi, untuk keperluan survei dan pemetaan, melaksanakan penyimpanan dan pengamanan, serta melaksanakan penyebarluasan citra tegak satelit penginderaan jauh resolusi tinggi. Citra Satelit Tegak Resolusi Tinggi merupakan solusi sementara dalam penyediaan informasi geospasial dasar skala besar yang belum tersedia di seluruh wilayah Indonesia. Pada kegiatan ini BIG merupakan instansi yang melakukan koreksi orthorektifikasi data penginderaan jauh, sekaligus memastikan penggunaan referensi tunggal, menyikapi hal tersebut Indonesia masih dalam upaya memenuhi

kebutuhan ini dengan urgensi yang tinggi untuk mempercepat rencana pembangunan di Indonesia. (Asep Karsidi, 2014)

Data asli hasil rekaman sensor pada satelit maupun pesawat terbang merupakan representasi dari bentuk permukaan bumi yang tidak beraturan. Meskipun kelihatannya merupakan daerah yang datar, tetapi area yang direkam sesungguhnya mengandung kesalahan (distorsi) yang diakibatkan oleh pengaruh kelengkungan bumi dan atau oleh sensor itu sendiri. Kesalahan-kesalahan tersebut terdiri dari:

Kesalahan Internal yang disebabkan oleh konfigurasi sensor yaitu:

- Pembelokan arah penyinaran.
- Abrasi sub-sistem optic.
- Scanning system tidak linier.

Kesalahan Eksternal, yaitu:

- Perubahan ketinggian wahana dan satelit.
- Perubahan posisi wahana terhadap objek.
- Rotasi bumi.
- Kelengkungan bumi.

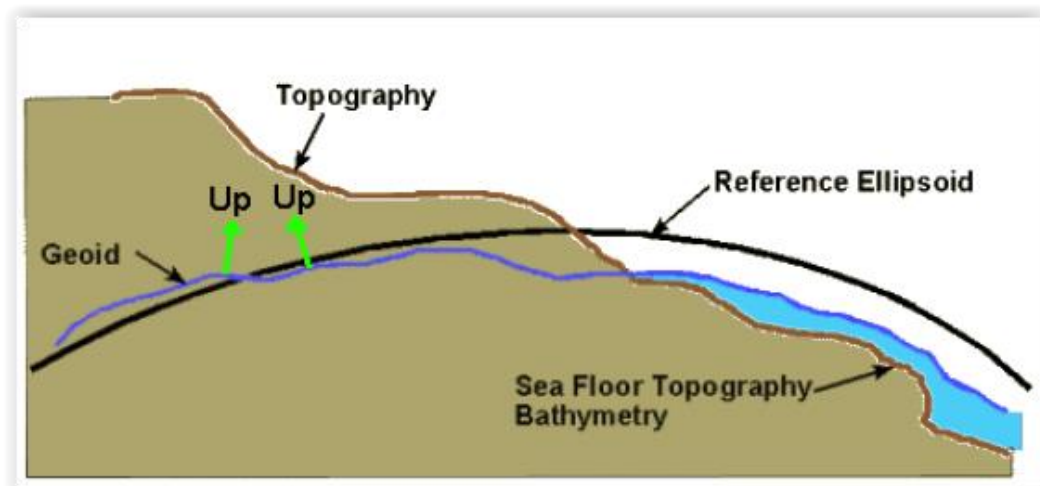
Rektifikasi adalah suatu proses melakukan transformasi data dari satu sistem grid menggunakan suatu transformasi geometrik.

II.4.1 Model Permukaan Bumi

Peta hanyalah sebuah model dari bumi, atau bagian kecil dari bumi. Sebuah model dari bumi dibutuhkan untuk mengkonversikan pengukuran yang dibuat pada bumi yang tidak rata kedalam peta maupun database. Setiap model memiliki keunggulannya masing-masing. Beberapa kadang memilik error pada beberapa tingkat keakuratannya yang diakibatkan oleh model itu sendiri bukan oleh pengukuran untuk membuat modelnya. (diterjemahkan dari Clynch,2002)

- Ada beberapa model yang biasa digunakan,
 - Model Spherical (globe),
 - Model Ellipsoid, dan
 - Model bumi yang sebenarnya.

Model bumi yang menyerupai bola (spherical) adalah bentuk yang sering ditemukan dalam diskusi dasar. Model ini cukup baik untuk beberapa pendekatan. Bentuk dunia hampir mendekati bulat yang sempurna. Bentuk bulat ini mengurangi energi potensial dari atraksi gravitasi setiap massa benda kecil satu sama lain. Arah gravitasi menuju ke pusat bumi dan didefinisikan kearah bawah.



Gambar 2.8 Perbedaan Ketinggian Model Geodesi

(www.oc.nps.edu/oc2902w/general/mapmodel.pdf)

Model ellipsoid adalah representasi yang lebih baik karena bumi berputar. Rotasi bumi membentuk gaya lain pada massa benda-benda dan merubah bentuk sebenarnya. Energi minimum sekarang membentuk elips berotasi pada sekitar area kutub yang mana disebut ellipsoid. Radius ekuator lebih panjang daripada area kutub mendekati lebih dari 23 km. arah gravitasi tidak menuju ke pusat bumi tapi kita tetap menyebutnya mengarah kebawah dan digunakan untuk mendefinisikan koordinat. Dalam model ellipsoid arah kebawah selalu dapat ditampilkan secara tegak lurus dengan ellipsoid, maka bentuk ini disebut memiliki potensial gravitasi yang konstan. (diterjemahkan dari Clynch,2002)

Bumi yang sebenarnya sangat tidak sejenis, terdapat perbedaan massa antara samudera dan pegunungan, juga terdapat ketidakseragaman pada area bawah permukaan bumi. Hal ini menyebabkan tidak hanya perbedaan gravitasi pada pegunungan tetapi juga arah pengukuran kebawah ikut berubah.

Kita menggunakan koordinat pada peta untuk menandai titik dan membuat pengukuran, yang paling umum digunakan ialah lintang, bujur dan ketinggian. Peta pada awalnya banyak menggunakan bentuk bola. Bentuk ellipsoidal ditemukan oleh Newton pada tahun 1600-an. Sejak itu pembuat peta selalu menggunakan bentuk ellipsoid sebagai model untuk menganalisis pengukuran tentang bumi.

Tabel dibawah memberikan kesimpulan dari ciri-ciri atas 3 model diatas. Terlihat bahwa model bola tidak digunakan sebagai koordinat dalam peta, untuk lintang dan bujur berasal dari model ellipsoid dan tinggi dari model bumi yang sebenarnya.

Tabel 2 Pembeda Utama 3 Model Permukaan Bumi

(www.oc.nps.edu/oc2902w/general/mapmodel.pdf)

MODEL	Surface	Latitude Longitude	Height
Spherical/Globe Used in elementary descriptions	Sphere	Geocentric	spherical
Ellipsoid/Ellipsoidal Used in mapmaking	Ellipse of Revolution	Geodetic Used on maps	ellipsoidal Produced by Satellite Systems (GPS etc.)
Real World	Geoid A Level ¹ Surface	Astrodetic or Astronomic	Orthometric (Mean Sea Level) Used on maps

Untuk model koordinat bola hanya digunakan pada diskusi umum dan pendidikan, lintang dan bujur pada peta berasal dari model ellipsoid, dan tinggi dari bumi yang sebenarnya. Cara surveyor membuat peta mengakibatkan hal ini terjadi, bumi mengarah secara signifikan terhadap jarak, surveyor harus membuat pencocokan dalam analisa pengukuran sudut dan jarak karena bumi tidaklah datar. Mereka bisa menggunakan model bumi bulat, tetapi akan mengakibatkan kesalahan yang fatal, jadi model ellipsoid lebih mengarah ke perbaikan kesalahan pemetaan.

Bentuk lintang dan bujur ini disebut geodesi. Secara umum ketika istilah geodesi digunakan berarti bahwa model ellipsoidlah yang digunakan. Ketinggian diukur

menggunakan referensi yang sejajar dengan ketinggian permukaan laut rata-rata. Gravitasi lokal digunakan untuk mendefinisikan horizontal dan arah kebawah yang mengakibatkan ketinggian mengikuti aturan geoid. Geoid adalah satu representasi bentuk bumi yang didasarkan pada informasi data medan gaya berat bumi adalah geoid. Geoid merupakan suatu bidang ekuipotensial gaya berat yang berimpit dengan permukaan air laut dalam keadaan tenang dan tanpa gangguan dimana geoid memiliki peranan terpenting dalam berbagai keperluan aplikasi. (diterjemahkan dari Clynch,2002)

II.4.2 Proyeksi peta

Sebelum melakukan koreksi geometrik, analisis harus memahami terlebih dahulu tentang sistem proyeksi peta. Untuk menyajikan posisi planimetris ada sejumlah sistem proyeksi. Untuk Indonesia, sistem proyeksi yang digunakan adalah sistem proyeksi UTM (Universal Transverse Mercator) dengan datum DGN-95 (Datum Geodesi Nasional). Untuk tingkat internasional, DGN-95 sesungguhnya sama dengan WGS84, sehingga penggunaan WGS84 sama dengan DGN-95. Masing-masing sistem proyeksi sangat terkait dengan system koordinat.

Dalam beberapa kasus, yang dibutuhkan adalah penyamaan posisi antara satu citra dengan citra lainnya dengan mengabaikan sistem koordinat dari citra yang bersangkutan. Penyamaan posisi ini kebanyakan dimaksudkan agar posisi piksel yang sama dapat dibandingkan. Dalam hal ini penyamaan posisi citra satu dengan citra lainnya untuk lokasi yang sama sering disebut dengan registrasi.

Dibandingkan dengan rektifikasi, registrasi ini tidak melakukan transformasi ke suatu koordinat sistem. (Hasannudin, 2006)

II.4.3 Georeferensi

Georeferensi adalah suatu proses memberikan koordinat peta pada citra yang sesungguhnya sudah planimetris. Sebagai contoh, pemberian sistem koordinat suatu peta hasil dijitasi peta atau hasil scanning citra. Hasil dijitasi atau hasil scanning tersebut sesungguhnya sudah datar (planimetri), hanya saja belum mempunyai koordinat peta yang benar. Dalam hal ini, koreksi geometrik sesungguhnya melibatkan proses georeferensi karena semua sistem proyeksi sangat terkait dengan koordinat peta.

Registrasi citra-ke-citra melibatkan proses georeferensi apabila citra acuannya sudah digeoreferensi. Oleh karena itu, georeferensi semata-mata merubah sistem koordinat peta dalam file citra, sedangkan grid dalam citra tidak berubah.

Koreksi geometrik mutlak dilakukan apabila posisi citra akan disesuaikan atau ditumpang susun dengan peta-peta atau citra lainnya yang mempunyai sistem proyeksi peta. Ada beberapa alasan atau pertimbangan, kenapa perlu melakukan rektifikasi, diantaranya adalah untuk:

1. Membandingkan 2 citra atau lebih untuk lokasi tertentu
2. Membangun SIG dan melakukan pemodelan spasial
3. Meletakkan lokasi-lokasi pengambilan “training area” sebelum melakukan klasifikasi
4. Membuat peta dengan skala yang teliti

5. Melakukan *overlay* (tumpang susun) citra dengan data-data spasial lainnya
6. Membandingkan citra dengan data spasial lainnya yang mempunyai skala yang berbeda.
7. Membuat mozaik citra
8. Melakukan analisis yang memerlukan lokasi geografis dengan presisi yang tepat.

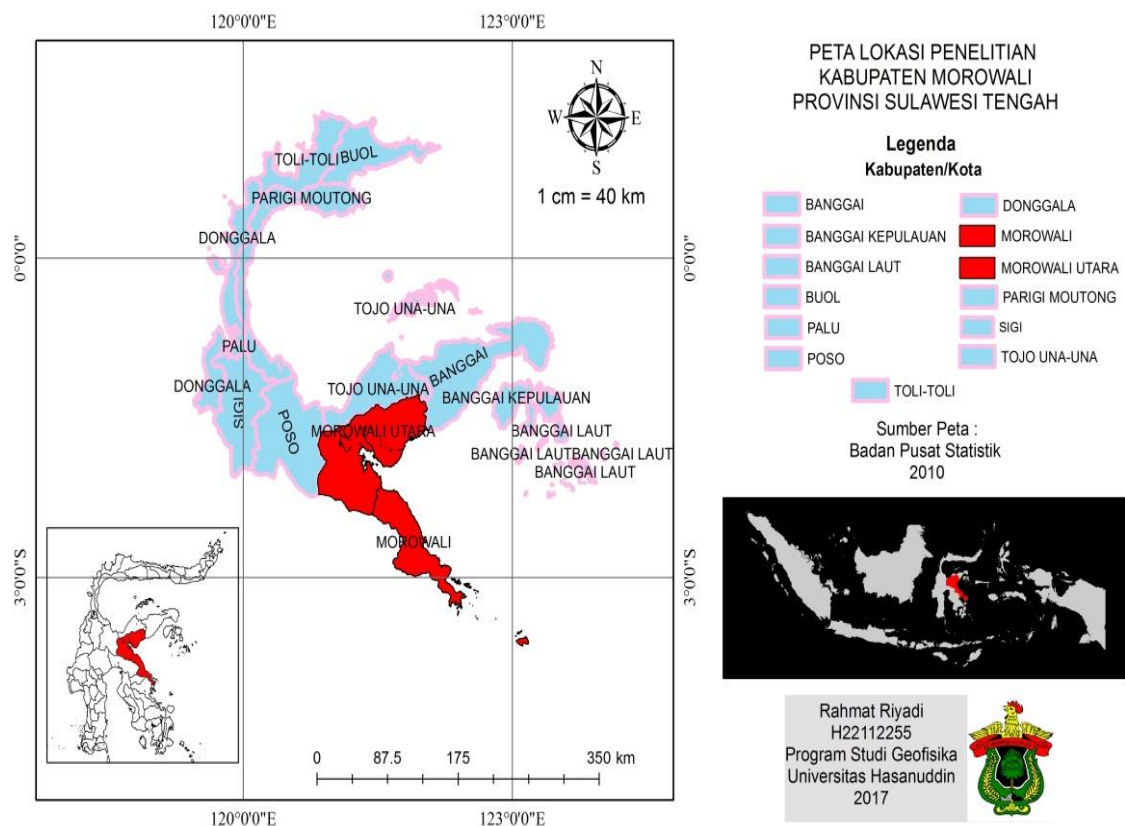
Untuk selanjutnya data citra yang telah tervalidisasi secara geometrik ini dapat digunakan dengan lebih leluasa dan tepat sasaran oleh instansi maupun peneliti demi mengkalkulasi dan memanfaatkan data citra tersebut contohnya dalam bidang perencanaan wilayah dan pembangunan kota, peta sebaran sumber daya geologi, dan memprediksi sistem dinamis lingkungan hidup. Dengan hasil citra yang telah tervalidisasi terutama dengan sistem georeferensi global maupun nasional akan meningkatkan jenis pemanfaatan citra ini ke tingkat yang lebih maju dan berguna. (Hasannudin, 2006)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 Daerah Penelitian

Daerah yang menjadi lokasi penelitian yaitu wilayah Kabupaten Morowali, Sulawesi Tengah di tunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Peta Lokasi Penelitian

III.2 Alat

Menggunakan perangkat lunak (*software*) seperti, PCI Geomatica 2015, dan arcGis 10.2 yang digunakan untuk mengolah data dan perangkat keras (*hardware*) berupa laptop dan harddisk eksternal.

III.3 Bahan

1. Data titik-titik *ground control points* daerah lokasi penelitian.
2. Data mentah citra pleiades daerah lokasi penelitian.
3. Data DEM kabupaten Morowali.
4. Data pendukung berupa dokumentasi pengukuran GCP di lapangan, peta batas administrasi, jaringan jalan, kontur, perairan dan tutupan lahan.

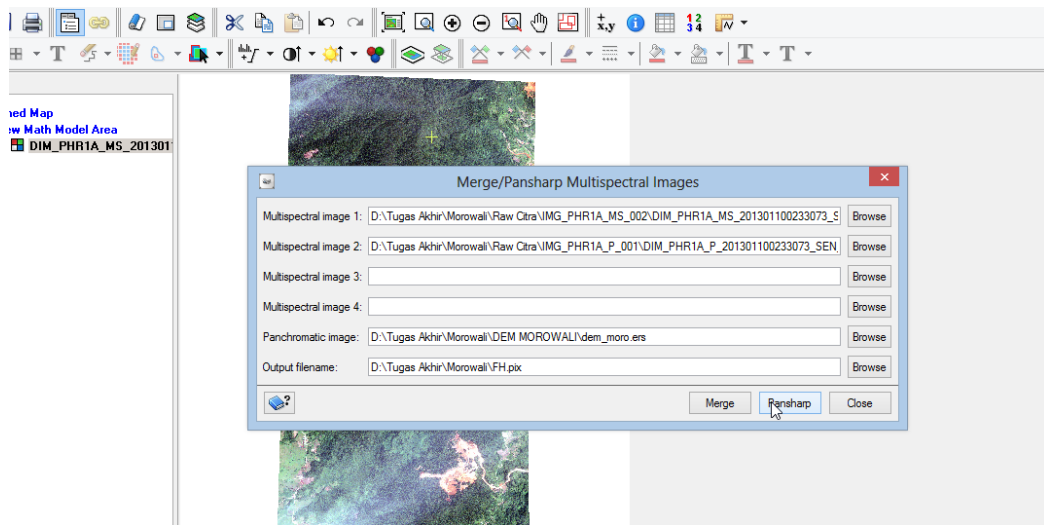
III.4 Metoda Pengolahan Data

III.4.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data citra Pleiades kabupaten Morowali, data DEM kabupaten Morowali, data pendukung seperti batas administrasi, kontur, perairan dan tutupan lahan sedangkan untuk pengambilan data titik-titik GCP diperoleh dengan mengambil data hasil pengukuran langsung di lapangan menggunakan GPS untuk menentukan *benchmark* dan *control points* yang bersumber dari BIG.

III.4.2 Analisis dan Pengolahan Awal Data Citra

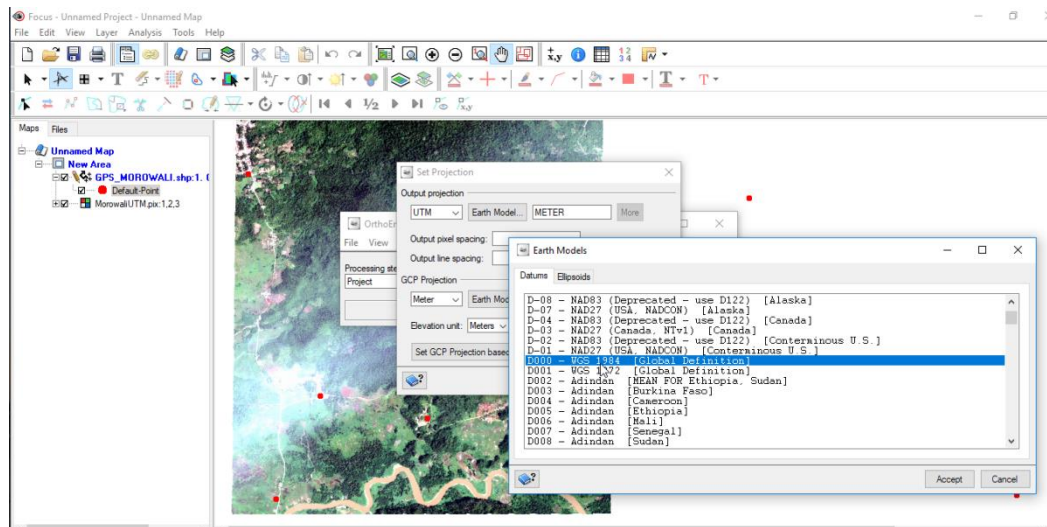
Pengolahan awal data citra Pleiades yang dilakukan yaitu berupa *pan sharpening* atau penajaman kontras serta analisis terkait informasi tanggal perekaman, sudut sensor, geometri sensor atau citra turunan yang sudah dilengkapi RPC yang menentukan hubungan antara sensor dan permukaan bumi.



Gambar 3.2 Proses Pan-Sharpening Citra Pleiades

III.4.3 Melakukan Prosedur Georeferensi

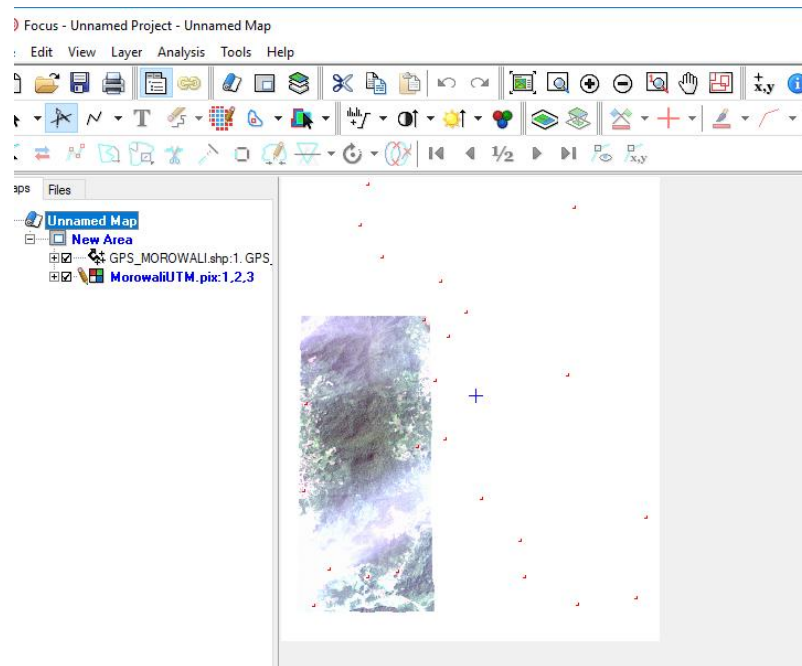
Setiap melakukan proses penginputan data maupun proses mengoleksi titik GCP citra Pleiades maka sebelumnya harus dilakukan proses georeferensi terlebih dahulu, sebagai contoh saat memulai fitur orthoengine di input data terlebih dahulu kemudian dilakukan penyesuaian earth models yaitu penentuan koordinat UTM menggunakan WGS 1984 untuk posisi Indonesia didalam globe yang merupakan koordinat georeferensi global dan melakukan penentuan koordinat baris UTM southern hemisphere dan UTM lokal sesuai dengan daerah lokasi penelitian yaitu masuk Zona 51.



Gambar 3.3 Georeferensi Citra Pleiades

III.4.4 Menginput Data Citra Hasil Pan Sharpening dan Data GCP

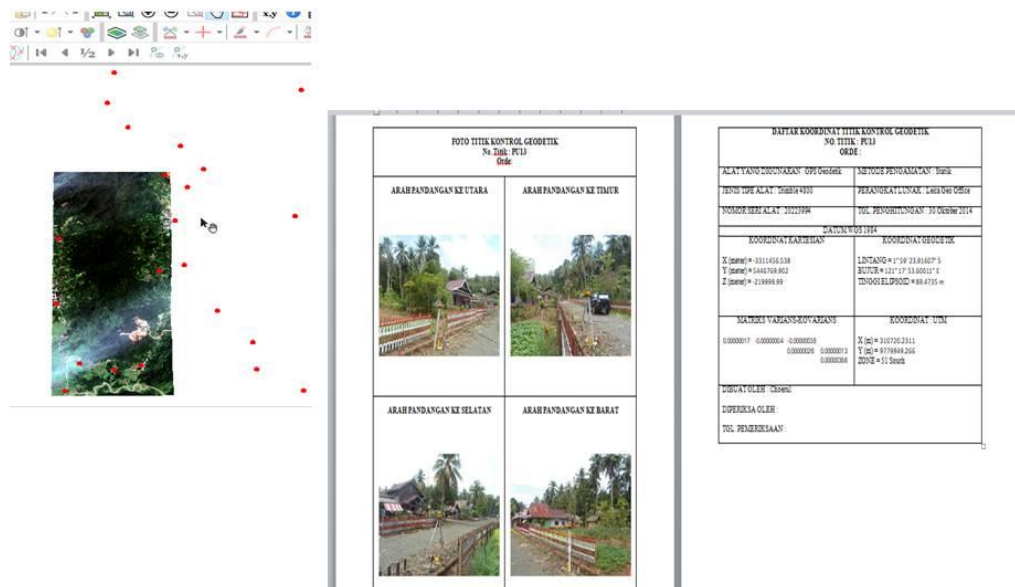
Proses ortorektifikasi dimulai dengan menginput data GCP dan citra Pleiades ke PCI Geomatica. Dengan menginput data pengukuran GCP yang berformat SHP kita dapat melihat titik-titik GCP dalam dengan data citra yang telah dilakukan proses pan sharpening akan lebih memperjelas kenampakan permukaan bentang alam yang terdapat dalam citra.



Gambar 3.4 Hasil Input Data GCP.shp dan Data Citra Pleiades

III.4.5 Melakukan Bundle Adjustment

Merupakan proses pencocokan antara titik GCP dan data citra disertai data pendukung berupa dokumentasi dimana dapat dilihat penampakan nyata yang terdapat dilapangan saat pengukuran yang berfungsi untuk mempermudah pencocokan titik-titik GCP, proses ini dapat dilakukan melalui penggunaan fitur orthoengine dalam software geomatica, hasil komparasi dengan melakukan analisis visual terhadap 3 data diatas akan mempermudah pencocokan titik-titik GCP dan mempermudah proses ortorektifikasi.

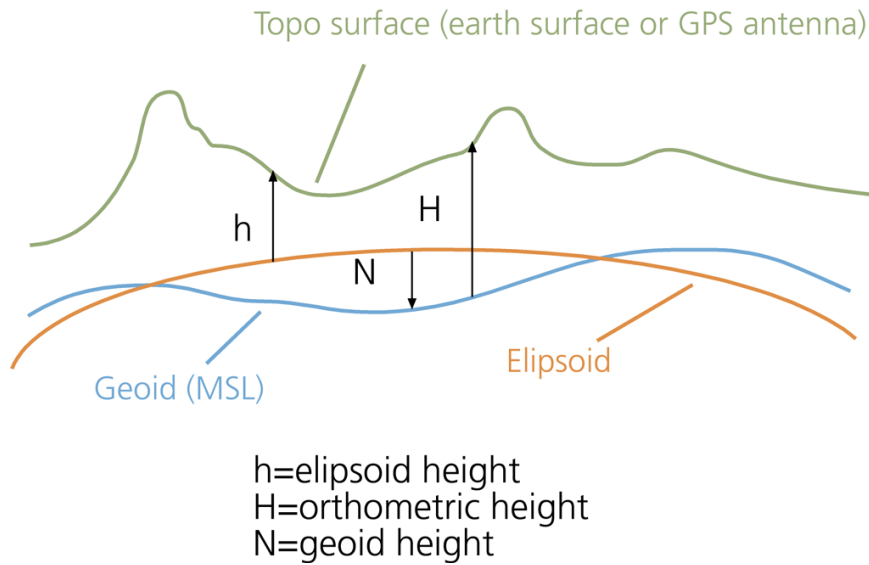


Gambar 3.5 Penyesuaian Kenampakan Titik di Citra dengan Lokasi di Lapangan

III.4.6 Penginputan Manual Data GCP

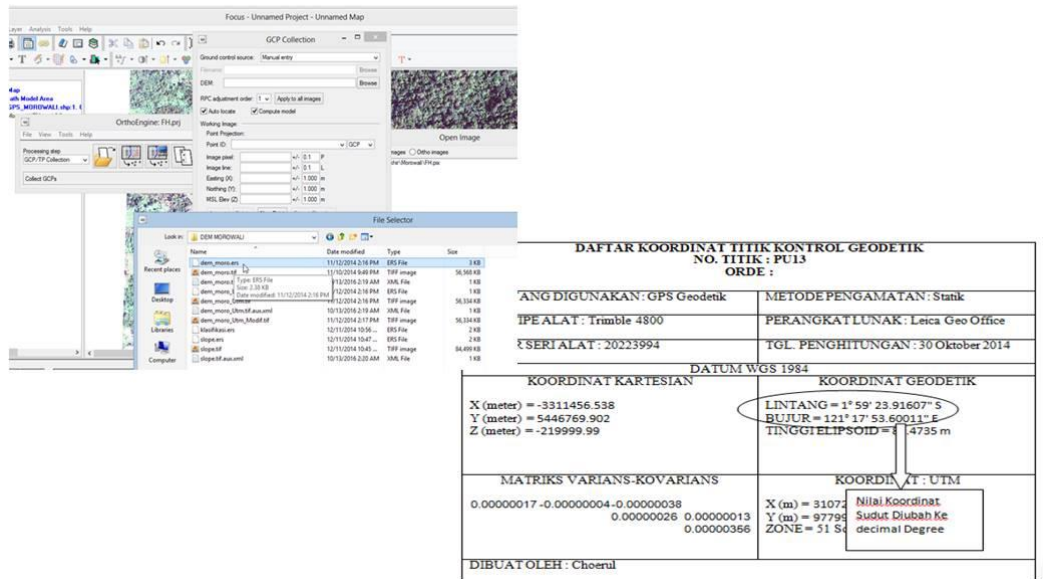
Setelah dilakukan serangkaian proses diatas dengan analisis kecocokan visual terhadap 3 data pendukung maka ditemukan data titik GCP pengukuran dilapangan dengan jumlah minimal 7 titik, dilakukan proses penginputan titik GCP menggunakan fitur GCP Collection di software PCI Geomatica dengan memasukkan data DEM terlebih dahulu kemudian menginput nilai koordinat X dan Y serta menginput nilai MSL Elevation dengan mengurangi nilai titik ellipsoidal lokasi penelitian dan nilai titik geoid di lokasi penelitian untuk mendapatkan nilai tinggi ortometrik menggunakan persamaan di gambar 3.6.

$$h=H+N$$



Gambar 3.6 Persamaan Menghitung MSL Elevation Value

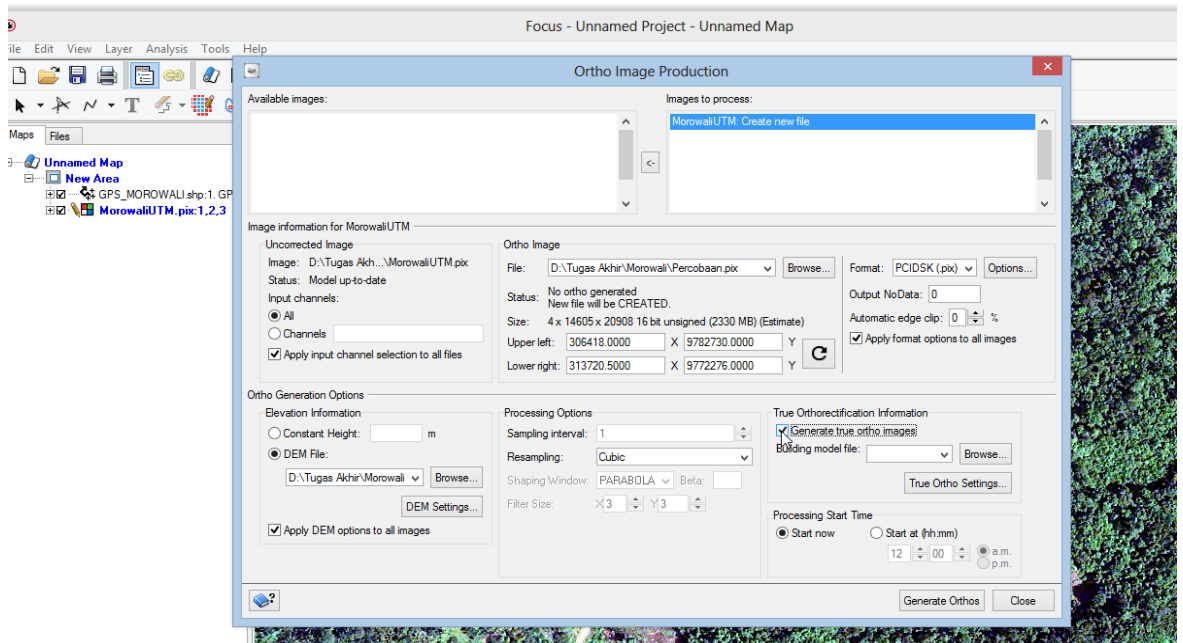
Setelah didapatkan setiap nilai mulai dari nilai X,Y dan MSL elevation perlu dilakukan koreksi pra pengolahan data dengan memperhatikan nilai residual, res_x dan res_y yaitu dengan memastikan nilai residualnya diusahakan kurang dari 1 yang menandakan validitas data untuk selanjutnya.



Gambar 3.7 Input Manual Titik – Titik GCP

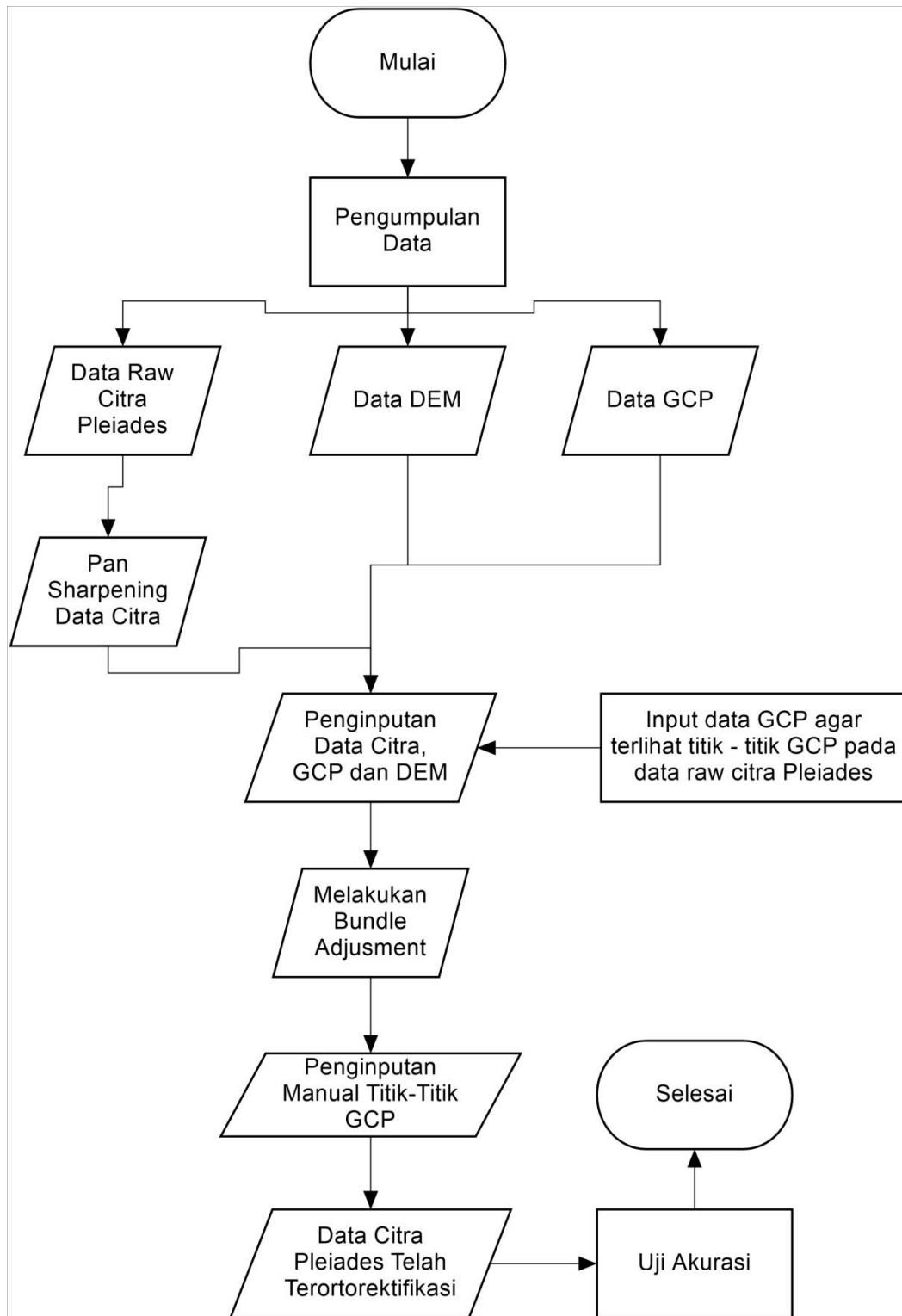
III.4.7 Produksi data citra yang telah terorthorektifikasi.

Setelah penginputan data tiap titik GCP maka kita dapat memproduksi image yang telah terorthorektifikasi menggunakan fitur orthoimage production pada software PCI Geomatica untuk selanjutnya dapat diuji akurasi maupun ketepatannya menggunakan metode aproksimasi, akurasi skala pemetaan, perbandingan selisih koordinat dan perhitungan RMSE. Proses produksi citra orto dapat memakan waktu yang cukup lama hingga berjam-jam.



Gambar 3.8 Proses Produksi Citra Ortorektifikasi

III.5 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

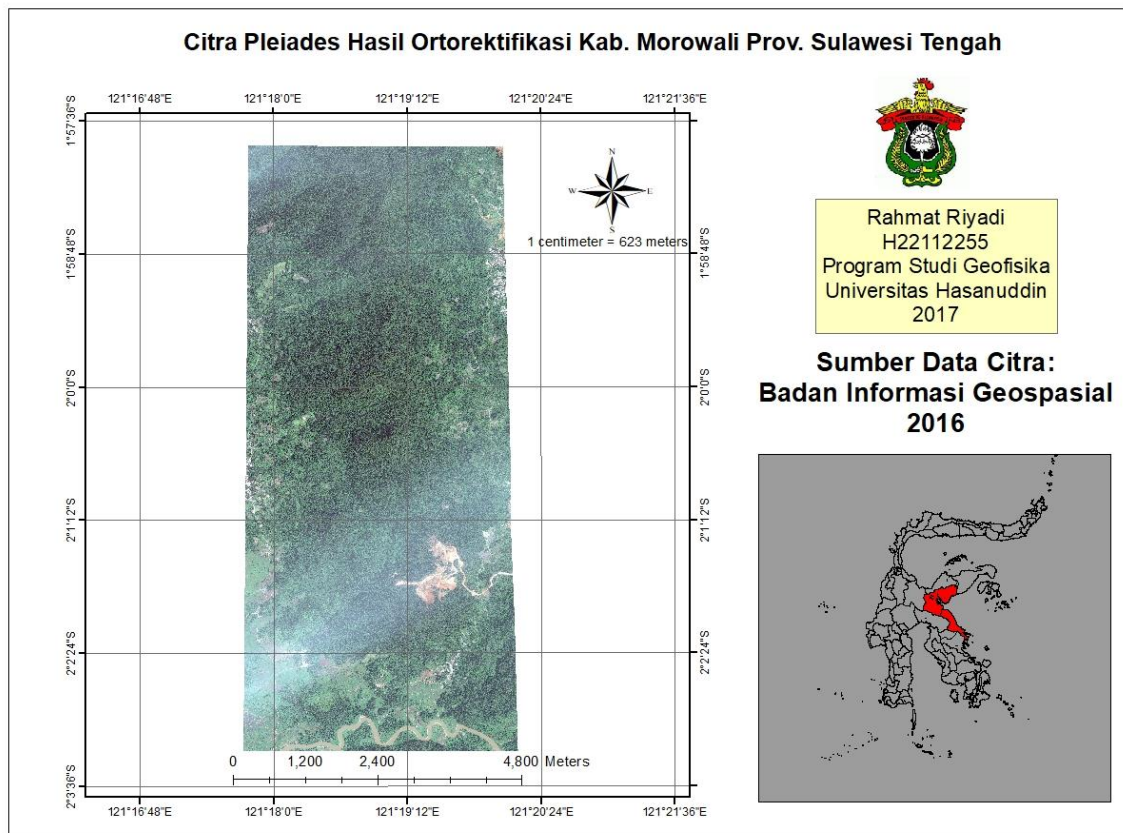
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV. 1. Hasil

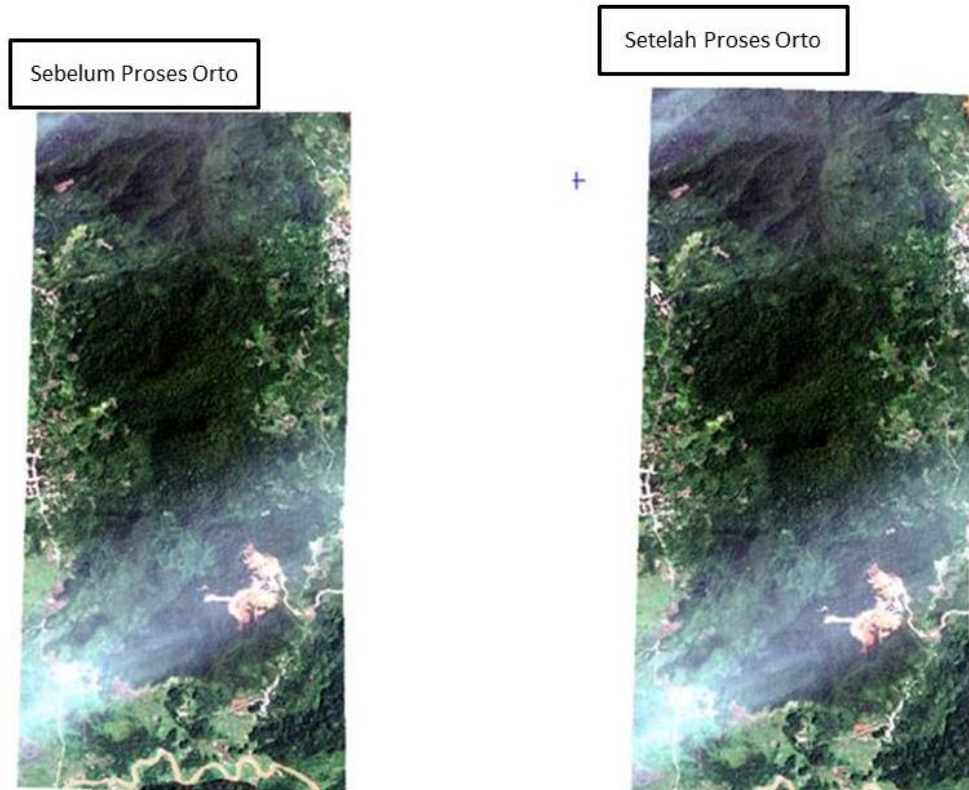
IV. 1.1 Citra Pleiades Kabupaten Morowali Yang Telah Terortorektifikasi

Setelah penginputan titik-titik GCP yang berjumlah 7 titik yang memenuhi persyaratan, Maka kita dapat memulai prosedur *ortho generation production* yang kemudian menunggu sekitar beberapa jam tergantung dengan spesifikasi laptop yang kemudian menghasilkan citra pleiades yang telah ter ortorektifikasi yang di reproject terlebih dahulu ke format yang kompatibel untuk dapat diolah untuk dibuatkan layout menggunakan software arcgis 10.2 seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Citra Pleiades Hasil Ortorektifikasi

Proses ortorektifikasi ini membutuhkan waktu yang sangat lama dan kualitas hasil citra ortorektifikasi sangat dipengaruhi oleh ketelitian, kualitas data yang digunakan hingga spesifikasi laptop itu sendiri. Di bawah dapat dilihat perbandingan raw citra dengan setelah ortorektifikasi.



(a)



(b)

Gambar 4.2 Perbandingan citra hasil orto dengan sebelum prosesi orto (a)

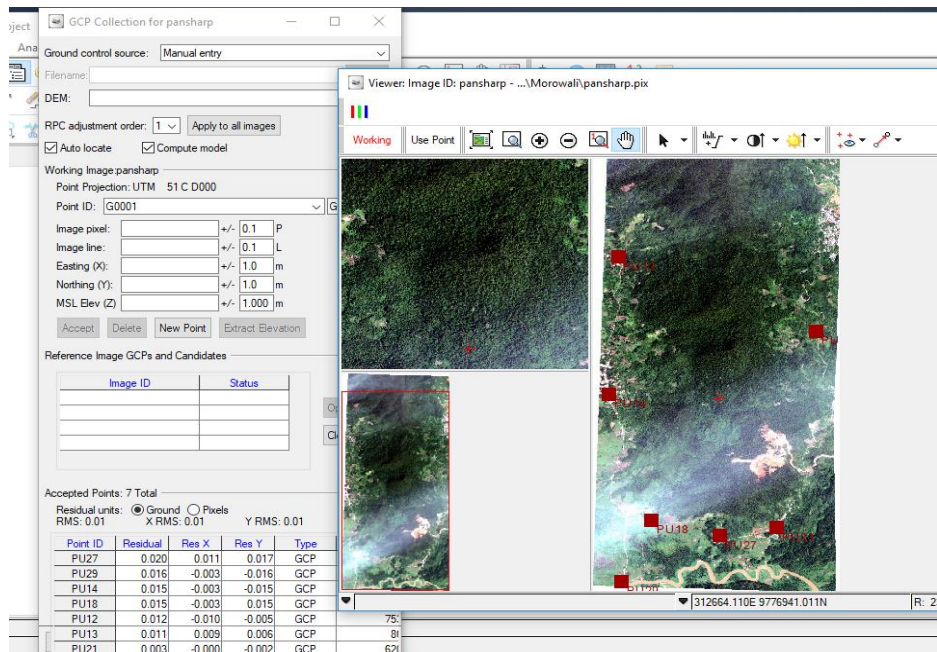
Perbandingan keseluruhan citra, (b) Perbandingan perbesaran gambar citra.

Tidak begitu banyak terdapat perbedaan yang signifikan antara hasil citra sebelum dan setelah orto dilakukan namun hasil perbesaran menunjukkan terjadi perubahan posisi lokasi di citra dengan kualitas citra yang lebih tajam dan citra hasil ortorektifikasi ini dilakukan dengan tujuan untuk memenuhi kebutuhan pemetaan nasional yang dimodifikasi untuk memakai satu sistem koordinat yaitu UTM sehingga dalam masa pemanfaatan citranya nanti tidak ditemukan tumpang tindih pemanfaatan citra yang sudah sering terjadi.

IV.1.2 Penentuan Titik-Titik GCP dan ICP Pra dan Pasca Ortorektifikasi

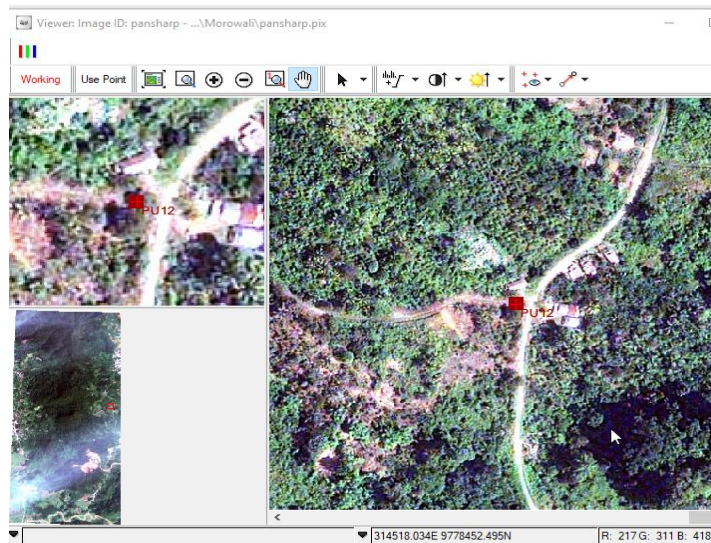
Sebelum proses orto dilakukan proses penginputan manual data titik-titik GCP dengan menjadikan acuan titik GCP yang di input halaman utama software

geomatica, setelah dilakukang pencocokan titik acuan file GCP.SHP, lokasi di citra mentah dengan foto dokumentasi pengukuran di lapangan, maka diperoleh 7 titik yang memenuhi untuk dimasukkan dalam input manual titik GCP dengan memperhatikan aspek RMS atau nilai error di titik X dan Y nya.



Gambar 4.3 Titik-Titik GCP Manual Input

Selanjutnya akan ditentukan titik-titik ICP yang juga akan digunakan sebanyak 7 titik sebagai acuan data untuk melakukan uji akurasi titik ICP interpretasi yang diambil melalui aproksimasi posisi antara koordinat data citra mentah Pleiades dengan data GCP.



Gambar 4.4 Pengambilan titik ICP (Interpretasi)

IV. 2 Pembahasan

Dara hasil citra ortorektifikasi selanjutnya akan divalidasi tingkat akurasinya menggunakan perbandingan antara titik GCP sumber GPS dan titik ICP sumber interpretasi citra. Langkah – langkah yang dilakukan yaitu menginput data GCP dan ICP interpretasi kedalam kolom excel kemudian dilakukan kalkulasi dengan mengurangi nilai kedua titik kemudian di pangkat duakan selanjutnya nilai tersebut di jumlahkan untuk setiap titik yang kemudian di jumlahkan lagi untuk 7 titik untuk mendapatkan nilai rata-rata dan RMS error yang kemudian dapat membantu untuk mendapatkan nilai akurasi horizontal.

Tabel 3 Hasil Uji Akurasi dan Validasi Ortorektifikasi

No.	Titik GCP	Koordinat GPC (GPS)		Koordinat ICP (Interpretasi)		$(X_{GPS}-X_{ICP})^2$	$(Y_{GPS}-Y_{ICP})^2$	$(X_{GPS}-X_{ICP})^2 + (Y_{GPS}-Y_{ICP})^2$
		Easting (X)	Northing (Y)	Easting (X)	Northing (Y)			
1	PU12	314513.5475	9778453.677	314512.7820	9778454.278	0.586	0.3612	0.95
2	PU13	310720.2311	9779949.266	310719.6770	9779948.938	0.307	0.1076	0.41
3	PU14	310605.6391	9776934.818	310604.9440	9776933.995	0.483	0.6773	1.16
4	PU18	311476.8603	9774203.262	311475.9740	9774202.842	0.786	0.1764	0.96
5	PU21	313894.9757	9774118.657	313893.8010	9774119.071	1.380	0.1714	1.55
6	PU27	312790.6060	9773907.434	312791.1200	9773906.525	0.264	0.8263	1.09
7	PU29	310930.8556	9772845.03	310931.7000	9772844.834	0.713	0.0384	0.75
						Jumlah		6.88
						Rata-Rata		0.98
						RMSer		0.99
						Akurasi Horizontal		1.97

Dari hasil perhitungan diperoleh nilai RMS error sebesar 0.99 dan nilai tingkat akurasi horizontal sebesar 1.97 meter yang telah dilakukan merupakan nilai yang cukup besar dan belum memenuhi skala 1:5.000 yang merupakan standar dari RBI dikarenakan data maupun proses yang dilakukan masih terdapat banyak tingkat error didalamnya.

BAB V

PENUTUP

V.1 Kesimpulan

1. Dari hasil penelitian ditentukan sebanyak 7 titik untuk input manual GCP dalam proses ortorektifikasi yang merupakan hasil dari proses bundle adjustment atau penyesuaian analisis visual dan data dokumentasi pengukuran di lapangan.
2. Dari hasil ortorektifikasi diperoleh data citra Pleiades kabupaten morowali yang telah dilakukan proses georeferensi yang terintegrasi dengan melalui proses uji ketelitian atau akurasi dimana diperoleh nilai RMSE sebesar 0.99 dan akurasi horizontal sebesar 1.97 meter yang cukup tinggi sehingga merupakan indikasi bahwa ketelitian dan validitas data yang dimiliki masih cukup rendah.

V.2 Saran

1. Sangat dibutuhkan penelitian yang lebih banyak terkait metode-metode koreksi geometrik terkhusus metode ortorektifikasi agar ditemukan cara yang lebih mudah dan dapat dilakukan oleh orang banyak.
2. Dari hasil Penelitian dapat disimpulkan bahwa proses ortorektifikasi membutuhkan waktu yang cukup panjang, disertai dukungan keahlian individu dan spesifikasi laptop yang mumpuni untuk menjamin kualitas hasil citra proses ortorektifikasi.

Daftar Pustaka

- Abidin, Z. Hasannudin. 2006. Penentuan Posisi dengan GPS dan Aplikasinya. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- BIG Bersama Menata Indonesia Yang Lebih Baik
<http://www.bakosurtanal.go.id/purna-tugas-kepala-badan-informasi-geospasial/>. Diakses pada tanggal 10 juli 2017.
- Chen,L.C, dkk,2005. Rigorous Georeferencing for Formosat-2 Satelliite Images by least Square collocation. Center for Space and Remote Sensing Research National Central University, Taiwan
- Inpres No. 6 Tahun 2012 tentang Penyediaan, Penggunaan, Pengendalian Kualitas, Pengolahan dan Distribusi Data Satelit Penginderaan Jauh Resolusi Tinggi.
- Jensen, J.R. 1996. Introduction Digital Image Processing : A Remote Sensing Perspective. 2nd Edition, Prentice Hall.,Inc, New Jersey, USA.
- Lillesand, M. dkk., 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. New York, Chichester: John Wiley.
- Mather, P.M., 1987. Computer Processing of Remotely Sensed Images. An Introduction, 1st edition, Wiley, Chichester.
- Noor, Djauhari. 2014. Geologi Perencanaan. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Pleiades | Satellites | Geoimage <http://www.geoimage.com.au/satellite/pleiades>. Diakses pada tanggal 20 april 2017.
- Prahasta, Eddy. 2014. Sistem Informasi Geografis Dasar (Perspektif Geodesi dan Geomatika). Bandung: Informatika Bandung.
- UU Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang.
- UU Nomor 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial.

Sutanto, Sutanto. 1987. Penginderaan jauh jilid 2. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

The Canada Centre for Mapping and Earth Observation. Fundamentals of Remote Sensing Tutorials (2016) (Tutorial: Fundamentals of Remote Sensing | Natural Resources Canada) <http://www.nrcan.gc.ca/node/9309>.

www.oc.nps.edu/oc2902w/general/mapmodel.pdf (diakses Pada tanggal 10 Juli 2017).

<http://www.oc.nps.edu/oc2902w/general/mapmodel.pdf> (diakses Pada tanggal 10 Juli 2017).

Lampiran 1. Tabel Hasil Bundle Adjustment

Titik GCP	X (East) (m)	Y (North) (m)	MSL Elevation (m)
PU 13	310720.2311	9779949.266	26.2096
PU14	310605.6391	9776934.818	16.4169
PU12	314513.5475	9778453.677	159.5071
PU21	313894.9757	9774118.657	7.6377
PU27	312790.606	9773907.434	35.4499
PU18	311476.8603	9774203.262	7.6416
PU29	310930.8556	9772845.03	4.5514

Lampiran 2. Data Pengukuran PU 13

FOTO TITIK KONTROL GEODETIK No. Titik : PU13 Orde:	
ARAH PANDANGAN KE UTARA	ARAH PANDANGAN KE TIMUR



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



Dibuat Oleh :

Tanggal Pembuatan :

Diperiksa Oleh :

Tanggal Pemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU13
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo

	Office
NOMOR SERI ALAT : 20223994	TGL. PENGHITUNGAN : 30 Oktober 2014
DATUM WGS 1984	
KOORDINAT KARTESIAN	KOORDINAT GEODETIK
X (meter) = -3311456.538 Y (meter) = 5446769.902 Z (meter) = -219999.99	LINTANG = 1° 59' 23.91607" S BUJUR = 121° 17' 53.60011" E TINGGI ELIPSOID = 89.4735 m
Matriks Varians-Kovarians	KOORDINAT : UTM
$\begin{matrix} 0.00000017 & - & - \\ & 0.00000004 & 0.00000038 \\ & & 0.00000026 & 0.00000013 \\ & & & 0.00000356 \end{matrix}$	X (m) = 310720.2311 Y (m) = 9779949.266 ZONE = 51 South
DIBUAT OLEH : Choerul	
DIPERIKSA OLEH :	
TGL. PEMERIKSAAN :	

Lampiran 3. Data Pengukuran PU 14

FOTO TITIK KONTROL GEODETIK No. Titik : PU14 Orde:	
ARAH PANDANGAN KE UTARA	ARAH PANDANGAN KE TIMUR



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



DibuatOleh :

TanggalPembuatan :

DiperiksaOleh :

TanggalPemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU14
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo

	Office
NOMOR SERI ALAT : 20223994	TGL. PENGHITUNGAN : 30 Oktober 2014
DATUM WGS 1984	
KOORDINAT KARTESIAN	KOORDINAT GEODETIK
X (meter) = -3311296.028 Y (meter) = 5446732.495 Z (meter) = -223012.0335	LINTANG = 2° 01' 02.04891" S BUJUR = 121° 17' 49.79084" E TINGGI ELIPSOID = 79.5069 m
Matriks Varians-Kovarians	KOORDINAT : UTM
$ \begin{matrix} 0.00000022 & - & - \\ & 0.00000003 & 0.00000010 \\ & & 0.00000038 & 0.00000033 \\ & & & 0.00000129 \end{matrix} $	X (m) = 310605.6391 Y (m) = 9776934.818 ZONE = 51 South
DIBUAT OLEH : Choerul	
DIPERIKSA OLEH :	
TGL. PEMERIKSAAN :	

Lampiran 4. Data Pengukuran PU 12

FOTO TITIK KONTROL GEODETIK No. Titik : PU12 Orde:	
ARAH PANDANGAN KE UTARA	ARAH PANDANGAN KE TIMUR



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



Dibuat Oleh :

Tanggal Pembuatan :

Diperiksa Oleh :

Tanggal Pemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU12
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo

	Office
NOMOR SERI ALAT : 20223994	TGL. PENGHITUNGAN : 30 Oktober 2014
DATUM WGS 1984	
KOORDINAT KARTESIAN	KOORDINAT GEODETIK
X (meter) = -3314737.902 Y (meter) = 5444868.194 Z (meter) = -221503.1789	LINTANG = 2° 00' 12.73266" S BUJUR = 121° 19' 56.29361" E TINGGI ELIPSOID = 222.6103 m
Matriks Varians-Kovarians	KOORDINAT : UTM
$ \begin{matrix} 0.00000022 & - & - \\ & 0.00000004 & 0.00000029 \\ & & 0.00000019 & 0.00000008 \\ & & & 0.00000306 \end{matrix} $	X (m) = 314513.5475 Y (m) = 9778453.677 ZONE = 51 South
DIBUAT OLEH : Choerul	
DIPERIKSA OLEH :	
TGL. PEMERIKSAAN :	

Lampiran 5. Data Pengukuran PU 21

FOTO TITIK KONTROL GEODETIK No. Titik : PU21 Orde:	
ARAH PANDANGAN KE UTARA	ARAH PANDANGAN KE TIMUR



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



Dibuat Oleh :

Tanggal Pembuatan :

Diperiksa Oleh :

Tanggal Pemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU21
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



DibuatOleh :

TanggalPembuatan :

DiperiksaOleh :

TanggalPemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU27
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo

	Office
NOMOR SERI ALAT : 20223994	TGL. PENGHITUNGAN : 30 Oktober 2014
DATUM WGS 1984	
KOORDINAT KARTESIAN	KOORDINAT GEODETIK
X (meter) = -3313114.087 Y (meter) = 5445523.16 Z (meter) = -226040.3936	LINTANG = 2° 02' 40.68175" S BUJUR = 121° 19' 00.38996" E TINGGI ELIPSOID = 98.3396 m
Matriks Varians-Kovarians	KOORDINAT : UTM
$ \begin{matrix} 0.00000051 & - & - \\ & 0.00000019 & 0.00000092 \\ & & 0.00000031 & 0.00000050 \\ & & & 0.00000365 \end{matrix} $	X (m) = 312790.606 Y (m) = 9773907.434 ZONE = 51 South
DIBUAT OLEH : Choerul	
DIPERIKSA OLEH :	
TGL. PEMERIKSAAN :	

Lampiran 7. Data Pengukuran PU 18

FOTO TITIK KONTROL GEODETIK No. Titik : PU18 Orde:	
ARAH PANDANGAN KE UTARA	ARAH PANDANGAN KE TIMUR



ARAH PANDANGAN KE SELATAN

ARAH PANDANGAN KE BARAT



Dibuat Oleh :

Tanggal Pembuatan :

Diperiksa Oleh :

Tanggal Pemeriksaan :

**DAFTAR KOORDINAT TITIK KONTROL GEODETIK
NO. TITIK : PU18
ORDE :**

ALAT YANG DIGUNAKAN : GPS Geodetik

METODE PENGAMATAN : Statik

JENIS/TIPE ALAT : Trimble 4800

PERANGKAT LUNAK : Leica Geo

