

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN CITRA LANDSAT ETM7+ UNTUK IDENTIFIKASI POLA PENYEBARAN SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI BENGAWAN SOLO

(Studi kasus : Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik)



Disusun oleh :

DWI SETYO NUGROHO

00.25.032

**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2007**

LIBRA PABU

PERUSAHAAN PERUSAHAAN + KOTA TAMBORA RUMAH KUNYAS
JALAN DEKAT KANTOR KEMENTERIAN RI
JALAN DEKAT KANTOR KEMENTERIAN RI

(Kantor Pusat : Jakarta Timur, Indonesia)

: 021 2333 1111

021 2333 1111

021 2333 1111

PERUSAHAAN PERUSAHAAN

PERUSAHAAN PERUSAHAAN

PERUSAHAAN PERUSAHAAN

PERUSAHAAN

PERUSAHAAN

LEMBAR PERSETUJUAN
PEMANFAATAN CITRA LANDSAT ETM7+ UNTUK IDENTIFIKASI POLA
PENYEBARAN SEDIMENTASI DI MUARA SUNGAI BENGAWAN SOLO
(Studi kasus : Kecamatan Ujung Pangkah, Kabupaten Gresik)

TUGAS AKHIR
(SKRIPSI)

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai
Gelara Sarjana Teknik (ST) Strata Satu (S-1)

Oleh :

DWI SETYO NUGROHO
00.25.032

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Ir. Edi Hargono D.P, MS.)

Dosen Pembimbing II



(Ir. M. Nurhadi, MT.)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(Hery Purwanto, ST., MSc.)

LEMBAR PENGESAHAN

Dipertahankan di depan Panitia Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, dan diterima untuk memenuhi sebagian dari persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana S-1 Teknik Geodesi :

Pada hari/ Tanggal : Jum'at/ 16 Maret 2007



Ketua

(Ir. A. Nurul Hidayati, MTP.)

Dekan FTSP

Penguji I

(Ir. Edi Hargono D.P, MS.)

Panitia Ujian Tugas Akhir

Sekretaris

(Hery Purwanto, ST., MSc.)

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1

Penguji II

(Ir. Jasmani, MKom.)

Penguji III

(Christian T. Siahaan, ST)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan tugas akhir ini kepada :

Allah SWT atas semua limpahan rizki dan rahmat-Nya serta atas perlindungan dan Izin-Nya laporan tugas akhir ini dapat selesai.

"Ayahanda" tercinta dan **"Ibunda"** tercinta, terima kasih atas segala dukungan yang membuatku terus melangkah untuk menyelesaikan ini semua tanpa kalian mungkin aku tak pernah bisa. Tak pernah letih engkau meluangkan kasih, tak pernah lelah engkau menanamkan budi menuntun setiap langkahku, tiada henti doamu mengalir, tetap memberi meski engkau menangis 'tuk jaga setiap khilafku. Janganlah terhenti semua yang engkau beri tetaplah menjadi pelita hatiku, janganlah terhenti doamu mengalir menaungibijak langkah kakiku, terima kasih atas segala kasih sayang dan doanya.

Buat **Kakakku, kakak iparku, keponakanku dan mbak ti** terima kasih atas perhatian, dukungan kesabaran serta doanya, semoga kalian semua dalam lindungannya selalu.

Buat temanku **"Yoyok"** terima kasih atas semua bantuannya selama ini.

Buat **"Hendra (Tepos), dan dian"** terima kasih atas pinjamannya Laptopnya.

Special thanks to :



"Dewid, Atma, Yuyun, Agung (Panda'), Bambang" makasih ya atas semua bantuan dan dukungannya selama ini, kebersamaan dengan kalian membuatku tambah semangat dalam mengerjakan tugas akhir thanks Freind.



"Puguh(jenggot), Candra (coro), Rahmat (cemet)" makasih atas semua bantuannya "met" sampaikan terima kasihku dan maafku untuk keluarga mantanmu



KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji syukur kehadapan Tuhan Yang Maha Esa/ Allah SWT, yang telah memberikan berkah dan rahmat-Nya dan juga telah memberikan kekuatan lahir maupun batin serta memberikan bimbingan, membukakan jalan juga kelancaran kepada penyusun didalam setiap langkah pengerjaan sehingga penyusun dapat menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya. Adapun maksud dan tujuan Tugas Akhir ini adalah sebagai salah satu syarat yang harus dipenuhi untuk memperoleh Gelar Sarjana Strata Satu (S-1) Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penyusun mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan yang baik ini penyusun mengucapkan terima kasih yag sebesar-besarnya kepada :

1. **Bapak Prof. Dr. Ir. Abraham Lomi, MSEE**, selaku Rektor di Institut Teknologi Nasional Malang.
2. **Ibu Ir. A. Nurul Hidayati, MTP**, selaku Dekan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan di Institut Teknologi Nasional Malang.
3. **Bapak Hery Purwanto, ST., MSc**, selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1 di Institut Teknologi Nasional Malang.
4. **Bapak D.K Sunaryo, Ms.Tis**, selaku Dosen Wali.
5. **Bapak Ir. Edi Hargono D.P, MS**, selaku Dosen Pembimbing I, yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. **Bapak Ir. M.Nurhadi, MT**, selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membantu penyusun dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Para **Dosen dan Staff** Jurusan Teknik Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang, terima kasih atas segala bimbingan serta bantuannya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

8. **Bapak Roni,ST**, yang telah banyak membantu dan mengarahkan, jika penyusun mendapat kesulitan dalam menyelesaikan Tugas akhir ini.
9. **Ayahanda dan Ibunda** tercinta serta **Kakakku dan Keponakanku** tersayang, yang telah banyak memberikan dukungan baik moril maupun materil dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini.
10. Teman-teman Geodesi '98 (**Mantul, Topan, Wuri, Fi'i**), '01 (**Jati, Aweng**), '00 **semuanya** dan **Kontrakan Poharin (Tepos, dll)** terima kasih atas semua bantuannya.
11. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, baik secara langsung maupun tidak langsung, yang tidak dapat penyusun sebutkan satu-persatu, terima kasih banyak

Selaku penyusun mengharapkan, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat berguna bagi rekan-rekan di jurusan Teknik Geodesi dan pembaca pada umumnya. Penyusun menyadari bahwa dalam penyusunan laporan ini masih terdapat kekurangan dan masih jauh dari kesempurnaan, karena terbatasnya kemampuan, pengetahuan serta pengalaman penyusun. Oleh karena itu segala saran dan kritik yang bertujuan untuk menyempurnakan isi laporan ini penyusun terima dengan senang hati.

Malang, Maret 2007

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR PERSEMBAHAN	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR RUMUS	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penelitian	1
I.3. Batasan Masalah	2
I.4. Faedah Penelitian	2
I.5. Tinjauan Pustaka	2
BAB II DASAR TEORI	3
II.1. Pengertian Penyebaran Sedimentasi di Muara Sungai	3
II.1.1. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Penyebaran Sedimentasi di Muara sungai	3
II.1.1.1. Sedimentasi	3
II.1.1.2. Gelombang Laut	3
II.1.1.3. Arus	4
II.1.2. Klasifikasi Delta Sebagai Akibat Penyebaran sediment di Muara Sungai	6

II.2. Definisi Penginderaan Jauh	6
II.2.1. Sistem Penginderaan Jauh	7
II.2.1.1. Sumber Tenaga	7
II.2.1.2. Atmosfer	8
II.2.1.3. Interaksi antara Tenaga dan Obyek	8
II.2.1.4. Sensor	9
II.2.2. Citra Penginderaan Jauh	10
II.2.3. Karakteristik Satelit Landsat	11
II.2.3.1. Karakteristik Orbit Satelit Landsat	12
II.2.3.2. Kemampuan untuk Mengolah Data Penginderaan Jauh	13
II.2.4. Pengolahan Citra Digital	15
II.2.4.1. Pemulihan Citra	15
II.2.4.2. Citra Komposit	19
II.2.4.3. Penajaman Citra (Image Enhancment)	19
II.2.5. Teknik dan Unsur-unsur Interpretasi Citra	20
II.2.5.1. Interpretasi Citra	25
II.2.5.2. Unsur-unsur Interpretasi	29
BAB III PELAKSANAAN PENELITIAN	32
III.1. Lokasi Penelitian	32
III.2. Data dan Alat Penelitian	32
III.3. Tahapan Penelitian	37
III.3.1. Pengolahan Data Citra Tingkat Kekeruhan Air	37
III.3.1.1. Menampilkan Citra	38
III.3.1.2. Import Data Vektor	39
III.3.1.3. Menampilkan Data Vektor	40
III.3.1.4. Pembuatan Citra Komposit	41
III.3.1.5. Penajaman Citra	42
III.3.1.6. Koreksi Geometri	43
III.3.1.7. Cropping Citra	45

III.3.1.8. Proses Klasifikasi	47
III.3.1.9. Menghitung Luasan dari Setiap Kelas	51
III.3.1.10. Overlay	51
III.3.2. Proses Pengambilan Sampel dan Analisa Data	55
III.3.2.1. Proses Pengambilan Sampel	55
III.3.2.2. Analisa Data	55
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	56
IV.1. Pengolahan Citra Digital	56
IV.1.1. Citra Komposit dan Penajaman Citra	56
IV.1.2. Koreksi Geometri	57
IV.1.2.1. Perubahan Garis Pantai	60
IV.1.3. Citra Hasil Klasifikasi	63
IV.1.4. Analisa Luasan dari Setiap Kelas	64
IV.2. Pengecekan Lapangan	66
IV.2.1. Ketelitian Hasil Klasifikasi	71
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	75
V.1. Kesimpulan	75
V.1. Saran-saran	76
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN FOTO VERIFIKASI LAPANGAN	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Sistem Penginderaan Jauh	8
Gambar 2.2.	Satelit Landsat	12
Gambar 2.3.	Konsep Penginderaan Jauh Multi Tingkat	23
Gambar 3.1.	Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 3.2.	Tampilan Menu Er Mapper	37
Gambar 3.3.	Tampilan Menu Algoritm	38
Gambar 3.4.	Tampilan Citra	38
Gambar 3.5.	Kotak Dialog Import Vektor and GIS Format	39
Gambar 3.6.	Kotak Dialog Import AutoCad_DXF	40
Gambar 3.7.	Tampilan Data Vektor Sungai, Batas Administrasi dan Jalan Hasil Import	40
Gambar 3.8.	Citra Hasil Kombinasi	41
Gambar 3.9.	Kotak Dialog Transform	42
Gambar 3.10.	Grafik Nilai Spektral	43
Gambar 3.11.	GCP Setup	44
Gambar 3.12.	Proses Koreksi Geometri	45
Gambar 3.13.	Tampilan Menu Formula	46
Gambar 3.14.	Citra Hasil Cropping	47
Gambar 3.15.	Tampilan New Map Composition	48
Gambar 3.16.	Tampilan Kotak Map Composition Attribute	48
Gambar 3.17.	Tampilan Calculate Statistic	49
Gambar 3.18.	Tampilan Box Supervised	49
Gambar 3.19.	Tampilan Class Display Layer pada Box Algoritm	50
Gambar 3.20.	Tampilan Kotak Edit Class/ Region Details	50
Gambar 3.21.	Citra Hasil Klasifikasi Terbimbing	51
Gambar 3.22.	Tampilan Proses Menghitung Luasan	51

Gambar 3.23. Tampilan Menu AutoCad	52
Gambar 3.24. Tampilan Layer Properties Manager	52
Gambar 3.25. Tampilan Garis Pantai Tahun 1997	53
Gambar 3.26. Tampilan Garis Pantai Tahun 2002	54
Gambar 3.27. Tampilan Overlay Garis Pantai Tahun 1997 dan Tahun 2002	54
Gambar 4.1. Citra Landsat Kecamatan Ujung Pangkah Tahun Pemotretan 1997 dengan Kombinasi Band 4 3 2	56
Gambar 4.2. Citra Landsat Kecamatan Ujung Pangkah Tahun Pemotretan 2002 dengan Kombinasi Band 4 3 2	57
Gambar 4.3. Tabel Ground Control Point untuk Koreksi Geometri Citra dengan Data Vektor	58
Gambar 4.4. Tabel Ground Control Point untuk Koreksi Geometri Citra dengan Citra	59
Gambar 4.5. Pola Arah Arus yang Terjadi pada Tahun 2002	61
Gambar 4.6. Perubahan Garis Pantai Tahun 1997 dan Tahun 2002	62
Gambar 4.7. Citra Landsat ETM7+ Tahun 1997 Hasil Klasifikasi	63
Gambar 4.8. Citra Landsat ETM7+ Tahun 2002 Hasil Klasifikasi	64
Gambar 4.9. Titik Cek Lapangan Citra ETM7+ Tahun 1997	66
Gambar 4.10. Titik Cek Lapangan Citra ETM7+ Tahun 2002	67
Gambar 4.11. Foto Hasil Pengambilan Sampel pada Titik S 1	70
Gambar 4.12. Foto Hasil Pengambilan Sampel pada Titik L 3	70
Gambar 4.13. Perubahan Garis Pantai dari Tahun 1997 dan Tahun 2002	72
Gambar 4.14. Peta Sedimentasi Tahun 1997	73
Gambar 4.15. Peta Sedimentasi Tahun 2002	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Karakteristik Spektral tiap Saluran pada Satelit Landsat ETM7+	14
Tabel 4.1. Perubahan Garis Pantai Kecamatan Ujung Pangkah Tahun 1997 sampai Tahun 2002	62
Tabel 4.2. Data Nilai Luasan Tiap Kelas untuk Citra Tahun 1997	64
Tabel 4.3. Data Nilai Luasan Tiap Kelas untuk Citra Tahun 2002	65
Tabel 4.4. Verifikasi Lapangan Tahun 1997	67
Tabel 4.5. Verifikasi Lapangan Tahun 2002	68
Tabel 4.6. Data Konsentrasi Suspended Load pada Masing-masing titik Sampel	69

DAFTAR RUMUS

Rumus 2.1.	Konsentrasi Suspended Load	4
Rumus 3.1.	Konsentrasi Suspended Load	55
Rumus 3.2.	Berat Cawan	55
Rumus 3.3.	Volume Air	55
Rumus 3.4.	Berat Air	55
Rumus 4.1.	RMS Error Rata-rata	58
Rumus 4.2.	Perubahan Sedimen Tinggi	65
Rumus 4.3.	Perubahan Sedimen Rendah	65
Rumus 4.4.	Perubahan Laut Dalam	65
Rumus 4.5.	Ketelitian Seluruh Hasil Verifikasi Lapangan	71

BAB I **PENDAHULUAN**

I.1. Latar Belakang

Faktor penting penyebab perubahan garis pantai adalah pergerakan dari suplai sedimen yang berupa pasir dan lumpur. Sungai merupakan sumber suplai sedimen di muara sungai yang akan menambah luas daratan pada pantai. Selain sungai, gelombang laut dan pola arus juga sangat dalam mempengaruhi pola penyebaran dan pola pengangkutan sedimen, yang berakibat pada distribusi konsentrasi sedimen. Pengamatan secara langsung mengenai pergerakan sedimen di muara sungai sulit dilakukan karena wilayah cakupannya luas, akan memerlukan waktu yang lama dan membutuhkan biaya yang tidak sedikit.

Dengan berkembangnya teknologi penginderaan jauh, maka pemanfaatan data penginderaan jauh telah mampu menggantikan peranan metode *inventarisasi* secara langsung (*terestris*). Teknologi penginderaan jauh mampu memberikan solusi sebagai salah satu alat yang dapat digunakan untuk inventarisasi sumberdaya alam (sedimen) secara lebih cepat dan efisien. Kelebihan data dari penginderaan jauh adalah memiliki cakupan yang luas, resolusi temporal yang tinggi, dan data dapat diperoleh secara *kontinyu* dan *real time* pada daerah yang sulit dicapai melalui *survey terrestrial*/ langsung.

I.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengidentifikasi perubahan garis pantai akibat sedimentasi.
2. Untuk mengetahui pola penyebaran dan pengangkutan sedimen secara spasial.
3. Untuk mengidentifikasi distribusi spasial konsentrasi sedimen air muara sungai bengawan solo

4. Untuk mengetahui komposisi panjang gelombang (*band*) yang sesuai untuk kajian di atas dengan memanfaatkan citra Landsat ETM7+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*).

I.3. Batasan Masalah

Pada penelitian ini ruang lingkup dibatasi hanya pada analisis penyebaran sedimentasi di muara sungai bengawan solo dengan menggunakan data lapangan, yang berlokasi di Kabupaten gresik yang tepatnya Kecamatan Ujung Pangkah. Secara geografis terletak antara 6°56' s/d 7°56' Lintang Selatan dan 112°30' s/d 112°37' Bujur Timur

I.4. Faedah penelitian

Dengan adanya penelitian ini faedah yang dapat diambil adalah :

1. Mengetahui perubahan garis pantai akibat sedimentasi.
2. Mengetahui perubahan pola pengangkutan dan pola penyebaran sedimen secara spasial di muara sungai(daerah pantai).
3. Mengetahui distribusi spasial konsentrasi sedimen air muara

I.5. Tinjauan Pustaka

Inventarisasi sumber daya alam dan lingkungan merupakan perolehan informasi spasial sumber daya alam berdasarkan hasil identifikasi obyek-obyek permukaan bumi. (Gokmaria Sitanggang,2000).

Penginderaan jauh merupakan ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu obyek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji. (Lillesand dan Kiefer,1979).

BAB II

DASAR TEORI

II.1. Pengertian Penyebaran Sedimen Di Muara Sungai

Pengertian penyebaran sedimen di muara sungai adalah menganalisa proses pengangkutan dan pengendapan sedimen di muara sungai (daerah pantai), meliputi faktor-faktor yang mempengaruhi proses penyebaran dan pengendapan sedimen, memperkirakan lokasi proses sedimentasi di muara sungai yang mempengaruhi perubahan garis pantai. Proses sedimentasi di muara sungai tidak hanya bergantung pada sifat-sifat arus tetapi juga pada sifat-sifat sedimen, gelombang air laut, pasang-surut air laut, angin dan campur tangan manusia. Sifat-sifat di dalam proses sedimentasi terdiri dari sifat partikelnya dan sifat sedimen secara menyeluruh. Apabila gaya-gaya yang bekerja pada partikel tersebut berkurang atau hilang, maka angkutan sedimen juga berkurang dan akhirnya terjadi pengendapan. Pengendapan sedimen di muara sungai disamping mengakibatkan pendangkalan juga mengakibatkan dataran baru (*delta*).

II.1.1. Faktor-faktor Yang Mempengaruhi Penyebaran Sedimen di Muara Sungai

II.1.1.1. Sedimentasi

Sedimentasi merupakan suatu proses alam yang di dalamnya termasuk erosi, pengangkutan (*transpirasi*), pengendapan (*deposition*) dan pepadatan (*compaction*) dari sedimentasi. Selain itu pengertian lain mengenai proses sedimentasi adalah proses gejala alam yang sangat kompleks dan tidak mungkin dapat dicegah. Proses ini berlangsung secara terus-menerus dan kadang-kadang diperparah oleh manusia. (Dwi Priyantoro, 1987):

- **Karakteristik Sedimen**

Pengangkutan sedimen adalah proses terlepasnya partikel-partikel tanah dari permukaan alur sungai (muara) yang terangkut ke bagian hilir karena aliran air. Karakteristik pengangkutan sedimen ada dua sifat gerakannya, yaitu :

1. Gerakan butiran tanah atau pasir secara individu akibat hujan
 2. Gerakan sedimen pasir atau lumpur bercampur kerikil, dari berbagai ukuran butiran dari yang paling kecil sampai yang paling besar.
- **Mekanisme Angkutan Sedimen**

Sungai adalah jalur air di atas permukaan bumi yang disamping mengalirkan air juga mengangkut sedimen yang terkandung dalam air tersebut. Jadi sedimen terbawa hanyut oleh aliran air yang dapat dibedakan sebagai muatan dasar (*bed load*) dan muatan layang (*suspended load*).

Muatan layang (*suspended load*) adalah Partikel yang bergerak dalam pusaran aliran yang cenderung terus-menerus melayang dengan aliran. Dapat dihitung dengan rumus :

$$\text{Konsentrasi } \textit{suspended load} \text{ (mg/l)} = \frac{\text{BeratBahan(gr)}}{\text{Volumeair(lt)}} \times 100 \quad (2 - 1)$$

Muatan dasar (*bed load*) adalah Partikel yang bergerak pada dasar sungai dengan cara berguling, meluncur dan meloncat. Muatan dasar senantiasa bergerak, sehingga permukaan dasar sungai kadang-kadang naik (*Agradasi*), tetapi kadang turun (*Degradasi*). Dan naik turunnya dasar sungai disebut *Alterasi* dasar sungai (*River Bed Alteration*).

Dari muatan layang (*suspended load*) dan muatan dasar (*bed load*) akan terbentuk suatu konsentrasi (pengumpulan) sedimen.

- **Kapasitas Angkutan Sedimen**

Kapasitas angkutan sedimen yang terjadi di sungai (muara) dipengaruhi oleh debit yang terjadi pada sungai tersebut. Besar kecilnya debit dipengaruhi oleh kecepatan aliran sungai dan luas penampang sungai.

II.1.1.2. Gelombang Laut

Gelombang adalah penyebab utama transportasi sedimen di muara sungai. Gelombang yang besar akan pecah lebih jauh dari pantai, hal ini berarti '*surf zone*' bertambah lebar dan mengakibatkan bertambahnya transportasi sedimen di pantai tersebut. Perubahan periode gelombang atau tinggi gelombang menyebabkan pergerakan pasir ke arah pantai atau kearah laut. Sudut antara

puncak gelombang yang sedang pecah (*breaking wave*) dengan garis pantai menunjukkan arah dari pada gerakan air di daerah '*surf zone*' dan biasanya menunjukkan arah '*longshore transport*'. Dengan berdasarkan hal-hal tersebut di atas pengetahuan tentang keadaan gelombang (periode, tinggi, arah dan distribusi gelombang pada setiap musim) adalah sangat diperlukan. (Khusnul Ismail, 1998 Studi Pola Sedimen pada Muara Sungai dengan pemanfaatan Penginderaan Jauh): Biasanya kedua cara tersebut terjadi bersama-sama.

'*Littoral transport*' dapat diklasifikasikan menjadi :

a. '*On shore-off shore transport*'

Angkutan pasir terjadi dari pantai ke laut atau sebaliknya.

b. '*Long shore transport*'

Angkutan pasir di sepanjang pantai.

'*On-shore-off shore transport*' adalah proses transport terpenting di zone lepas pantai (*off shore zone*). Sedangkan di *surf-zone*, '*on shore-off shore*' maupun '*long shore transport*' merupakan yang sangat penting.

II.1.1.3. Arus

Arus pantai bisa berada pada daerah lepas pantai (di luar daerah ombak besar). Arus yang mengalir sejajar dengan pantai dihasilkan oleh arus pasang surut, arus yang digerakkan angin, atau sumber-sumber lain. Aksi gelombang, arus pantai yang panjang dan yang meluncur mampu memindah sedimen. Gelombang itu sendiri sudah menyebabkan pemindahan sedimen yang mengumpul, yakni ketika gelombang menyentuh dasar sedimen dengan energi yang memasahi pada bagian pantai yang lebih dalam, riak gelombang yang simetrik dibentuk dengan lurus, perjalanan puncak gelombang yang panjang sejajar dengan garis pantai. Karena arus pantai yang panjang menyebabkan pemindahan lateral di sepanjang pantai, butiran-butiran digerakkan (dipindah) dalam suatu jalan yang berliku-liku dalam arah arus pantai yang panjang. (Khusnul Ismail, 1998 Studi Pola Sedimen pada Muara Sungai dengan pemanfaatan Penginderaan Jauh).

II.1.2. Klasifikasi *Delta* Sebagai Akibat Penyebaran Sedimen di Muara Sungai.

Delta adalah terbentuknya daratan baru yang disebabkan sedimen dari sungai yang mengalir di sekitarnya lebih cepat mengendap di banding dengan sedimen yang dapat *diredistribusi*. Pada muara sungai, arus *fluvial* memuat sedimen yang sebelumnya dibatasi antara sisi saluran selanjutnya mengembang (menyebar) dan kecepatan alirannya berkurang pada pertemuannya dengan air laut. Sebagai akibatnya, muatan sedimen disebarkan dan diendap, sedimen yang berbutir kasar cenderung mengumpul dekat mulut sungai, sedangkan sedimen yang berbutir halus ke lepas pantai dalam *suspensi* diendap pada daerah air yang lebih dalam.

Klasifikasi delta menurut T Elliot (dalam Reading HG 1980) yaitu membedakan antar *delta* konstruktif yang tinggi didominasi oleh proses *fluvial* dari *delta* destruktif yang tinggi didominasi oleh proses sedimentasi. Jenis lobate dan kaki burung dikenal dengan dalam kelas konstruktif yang tinggi, sedangkan jenis yang didominasi oleh gelombang dan air pasang dibedakan dalam kelas *destruktif* yang tinggi tiap jenis diilustrasikan oleh suatu karakteristik morfologi.

II.2. Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh merupakan suatu teknik untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah ,atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap obyek, daerah, atau gejala yang dimaksud. (Lillesand dan Kiefer, 1979 dalam Sutanto, 1986)

Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindera atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh, umumnya dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, balon, satelit atau wahana lainnya. Obyek yang diindera adalah obyek yang terletak dipermukaan bumi, diatmosfer (dirgantara) dan diantariksa. Pengumpulan data dari jarak jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk, sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi (*distribution*) daya, distribusi gelombang bunyi

atau distribusi energi elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imagenergy*), grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang obek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Apabila proses penerjemahan tersebut dilakukan secara digital dengan bantuan komputer disebut interpretasi digital.

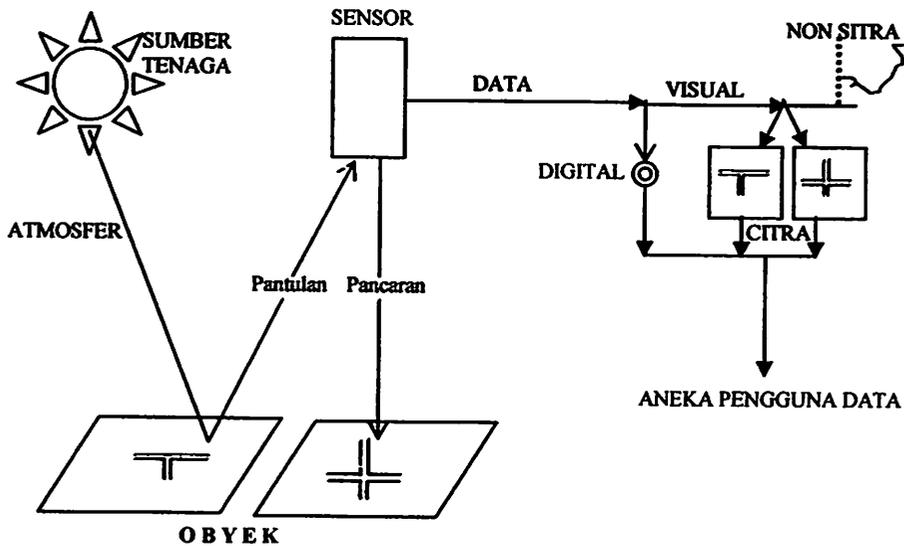
Analisis data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik, dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diindera. Informasi tersebut bagi para pengguna dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dalam mengembangkan daerah tersebut. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data, analisis data hingga penggunaan data disebut Sistem Penginderaan Jauh.

II.2.1. 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.

II.2.1.1. Sumber tenaga

Seluruh sistem penginderaan jauh, baik pasif maupun aktif memerlukan sumber tenaga, yaitu dapat berupa sumber tenaga alamiah maupun sumber tenaga buatan. Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga elektromagnetik, yang meliputi spectra kosmis, Gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Pembagian spectrum telah berkembang dari berbagai metode penginderaan, atas setiap jenis radiasi, dan perbedaan berdasarkan sifat tenaga pada berbagai panjang gelombang.



Gambar 2.1. Sistem Penginderaan Jauh

II.2.1.2. 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 spektrum elektromagnetik yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh.

II.2.1.3. 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 spektral 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 spektral sama atau serupa sehingga menyulitkan pembedaannya dan pengenalannya pada citra. Hal ini dapat diatasi

dengan menyidik karakteristik lain selain karakteristik spektral, seperti misalnya bentuk, ukuran dan pola.

II.2.1.4. Sensor

Tenaga yang datang dari obyek dipermukaan bumi diterima dan direkam oleh sensor. Tiap sensor mempunyai kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Disamping itu juga kepekaannya berbeda dalam merekam obyek terkecil yang masih dapat dikenali dan 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 dapat direkam olehnya, semakin baik kualitas sensornya.

Berdasarkan atas proses perekamannya, 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 bila diproses akan menghasilkan foto. Kalau pemotretannya dilakukan 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 penerima dan perekamnya berupa pita magnetik atau detektor 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 magnetik yang telah diwujudkan secara visual pada sejenis layar televisi, 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. Jadi foto udara termasuk citra, akan tetapi tidak semua citra berupa foto udara.

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

II.2.2. Citra Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh dapat berupa citra atau non citra. Secara definitif citra penginderaan jauh adalah gambaran suatu obyek dari pantulan atau pancaran radiasi elektromagnetik obyek, yang direkam dengan cara optik, elektro-optik, optik-mekanik, atau elektronik. Citra penginderaan jauh merupakan gambaran yang mirip dengan wujud aslinya atau paling tidak berupa gambaran planimetriknya, sehingga citra merupakan keluaran suatu sistem perekaman data, yang dapat bersifat optik, analog, dan digital. Data non citra dapat berupa grafik, diagram dan numerik.

1. Citra bersifat optik

Citra bersifat optik biasanya disebut citra fotografik yang berupa foto. Citra fotografik adalah gambaran obyek yang direkam menggunakan kamera sebagai sensornya, film sebagai detektornya, sedangkan tenaga elektromagnetik yang digunakan pada spektrum tampak dan perluasannya (spektrum tampak $0,4 \text{ mm} - 0,7 \text{ mm}$, ultraviolet dekat $0,3 \text{ mm} - 0,4 \text{ mm}$, dan infra merah dekat $0,7 \text{ mm} - 1,2 \text{ mm}$).

2. Citra bersifat analog

Citra bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti gambar pada monitor televisi. Sistem perekaman citra analog menggunakan sistem gabungan *Optical scanning*. Citra analog merupakan gambaran obyek yang direkam menggunakan sensor kamera-video, detektornya opto-elektronik maupun tenaga elektromagnetik. Perekamannya menggunakan spektrum tampak dan perluasannya ($0,4 - 0,3 \mu\text{m}$).

3. Citra bersifat digital

Citra bersifat digital dapat secara langsung disimpan pada suatu pita magnetik. Citra digital direkam dengan menggunakan sensor non-kamera (*scanner*,

radiometer, spektrometer), detektornya adalah elektronik, dan tenaga elektromagnetik yang digunakan lebih luas dibandingkan dengan citra fotografik. Spektrum gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam perekaman citra digital adalah spektrum tampak, ultraviolet, inframerah dekat, inframerah termal, dan gelombang mikro.

II.2.3. Karakteristik Satelit Landsat

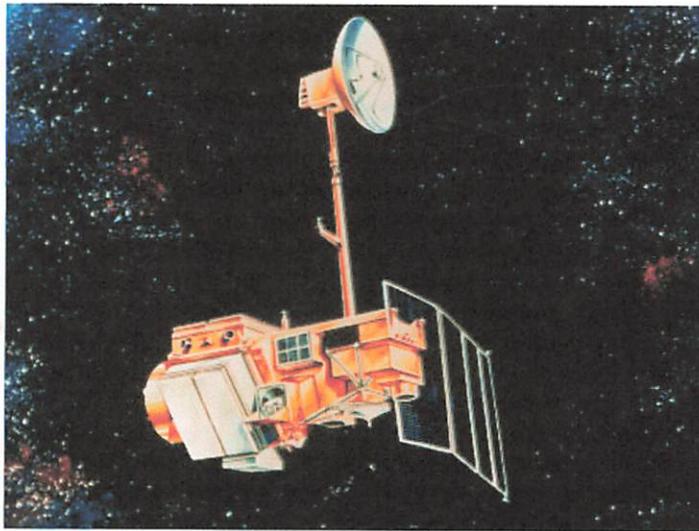
Landsat merupakan suatu hasil program sumberdaya bumi yang dikembangkan oleh NASA (*the National Aeronautical and Space Administration*) Amerika Serikat pada awal tahun 1970-an. Landsat diluncurkan pada tanggal 22 Juli 1972 sebagai ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) yang kemudian diganti namanya menjadi Landsat-1. Sejak itu, tiga Landsat berikutnya telah diluncurkan dengan berhasil. Tipe Landsat yang pertama yang memiliki karakteristik orbit dan sistem pencitraan serupa dapat dipandang sebagai satelit sumberdaya generasi pertama bagi seri tersebut. Landsat 4 yang diluncurkan dengan berhasil pada tanggal 16 Juli 1982 mengawali generasi baru satelit sumberdaya dengan resolusi tinggi, yang menampilkan suatu perbaikan dibanding dengan generasi model sebelumnya. Orbit seri Landsat seluruhnya sinkron matahari.

Sistem pencitraan pada Landsat 1,2, dan 3 adalah kamera *return beam vidicon* (RBV) dan *multispectral scanner* (MSS). RBV pada Landsat 1 dan 2 merupakan sistem kamera tiga televisi tipe elektro optic dengan panjang fokus 126 mm yang merekam pantulan medan pada tiga saluran panjang gelombang tampak. Apabila dikombinasikan bersama – sama ketiga saluran tersebut menghasilkan paduan warna semu (*false color composite*). Sistem ini memiliki luas citra yang dapat digunakan sebesar 25 x 25 mm pada permukaan tabung yang mengandung 81 titik *reseau* dan 4 tanda fidusial. Sistem ini mampu menghasilkan gambar dengan resolusi tinggi yang terdiri dari 4.125 garis penyiaman dan 4.500 elemen gambar (*pixel*) per garis penyiaman, yang setara dengan resolusi medan 80 m. Tiga kamera dapat mencitra areal 185 x 185 km setiap 25 detik. Pada Landsat 3, sistem RBV hanya terdiri dari dua kamera dengan dua panjang fokus, di dalam sistem optik, yang merekam hanya pada saluran spectral tunggal, yaitu 0,505-

0,750 μm (*pankromatik*). Hal ini menyebabkan pengurangan peliputan areal sampai mencapai seperempat areal yang terliput oleh kamera RBV tunggal yang digunakan pada Landsat 1 dan 2, namun memperbaiki resolusi spasial menjadi 40 m. Hal penting yang perlu diperhatikan ialah bahwa sistem RBV menggunakan penutup (*shutter*), dan menghasilkan satu kerangka citra pada satu saat. Oleh karena itu maka distorsi geometrik citranya rendah disebabkan oleh perubahan sikap wahana sensor.

II.2.3.1. Karakteristik Orbit Satelit Landsat

Pada gambar dibawah ini menunjukkan konfigurasi dasar satelit Landsat. Sistem berbentuk kupu-kupu ini memiliki tinggi kurang lebih 3 m dan bergaris tengah 1,5 dengan panel matahari yang melintang kurang lebih 4 m. Berat satelit kurang lebih 815 kg dan diluncurkan ke orbitnya pada ketinggian nominal 900 km (ketinggian bervariasi antara 880 km dan 940 km). Orbit Landsat melalui 9° kutub utara dan kutub selatan. Satelit mengelilingi bumi satu kali dalam 103 menit sehingga menghasilkan 14 kali orbit dalam sehari. Kecepatan jalur medan satelit sekitar 6,46 km/detik.



Gambar 2.2. *Satelit Landsat*

II.2.3.2. Kemampuan untuk Mengolah Data Penginderaan Jauh

Satelit Landsat dapat merekam daerah selebar 185 km atau 1 *scene*, dapat merekam daerah seluas 185×185 kilometer dan dapat merekam daerah yang sama pada setiap 16 hari dengan resolusi spasial 30×30 dan memiliki 7 kanal dan 120 meter untuk kanal 6.

Pada data Landsat memiliki kemampuan untuk memberikan informasi cepat dalam cakupan global dan kondisi berbagai jenis tanaman yang diperlukan untuk bahan pangan dunia. Landsat yang direncanakan untuk peluncuran tahun 1981, merupakan satelit sumber daya bumi generasi baru yang pertama. Satelit ini akan dikembangkan dari satelit pengamatan bumi (*Earth Observation Satellite/ EOS*) atau program lanjutan Landsat (*Landsat Follow on Program*). Sebagai tambahan terhadap kemampuan Landsat yang sekarang, program lanjutan Landsat akan dicirikan oleh alat penginderaan yang ditingkatkan resolusi spasial dan kepekaan radiometriknya, laju pengiriman data yang lebih cepat dan fokus untuk penginderaan informasi yang berkaitan dengan vegetasi.

Pada Landsat akan membawa penyiam multispektral yang digital sehingga dapat dibuat menjadi model peta tematik. Nama tersebut berkaitan dengan tujuan terapan sistem data yang diarahkan pada teknik pengenalan pola spektral yang menghasilkan citra terkelas (peta tematik). Peta tematik direncanakan memiliki tujuh buah saluran spektral dirancang untuk memaksimumkan kemampuan analisa sedimentasi. Berikut ini disajikan saluran spektral yang terdapat pada Landsat ETM 7 :

Tabel 2.1. Karakteristik Spektral tiap Saluran pada Satelit Landsat ETM7+

BAND	PANJANG GELOMBANG	RESOLUSI	SPEKTRAL	KEGUNAAN UTAMA
1	0,450 μm -0,515 μm	30 mx 30 m	Biru	Membuahkan peningkatan penetrasi kedalam tubuh air, dan juga untuk mendukung analisis sifat khas penggunaan lahan, tanah dan vegetasi
2	0,525 μm -0,605 μm	30 mx 30 m	Hijau	Dirancang untuk mengindera puncak pantulan vegetasi, tanah terbuka, tubuh air pada spektrum hijau
3	0,630 μm -0,6905 μm	30 mx 30 m	Merah	Saluran terpenting untuk memisahkan vegetasi. Saluran ini berada pada salah satu bagian serapan klorofil dan memperkuat kontras antara kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi, juga menajamkan kontras antara kelas vegetasi
4	0,775 μm -0,9005 μm	30 mx 30 m	Inframerah dekat	Dipilih agar tanggapan terhadap sejumlah biomassa vegetasi yang terdapat pada daerah kajian dan untuk deliniasi tubuh air
5	1,550 μm -1,750 μm	30 mx 30 m	Inframerah tengah	Merupakan saluran yang dikenal penting untuk penentuan jenis tanaman, kandungan air pada tanaman, kondisi kelembaban tanah
6	10,400 μm -12,500 μm	60 mx 60 m	Inframerah thermal	Suatu saluran yang penting untuk pemisah formasi batuan
7	2,090 μm -2,350 μm	30 mx 30 m	Inframerah tengah	Suatu saluran inframerah termal yang dikenal bermanfaat untuk klasifikasi

**Tabel 2.1. Karakteristik Spektral tiap Saluran pada Satelit Landsat ETM7+
(lanjutan)**

BAND	PANJANG GELOMBANG	RESOLUSI	SPEKTRAL	KEGUNAAN UTAMA
				vegetasi, analisis gangguan vegetasi, pemisahan kelembaban tanah, sejumlah gejala lain yang berhubungan dengan panas
8	0,520 μm -0,900 μm	15 mx 15 m	Pankromatik	Suatu saluran pankromatik dengan resolusi spasial yang cukup tinggi dan bermanfaat untuk identifikasi budaya seperti bangunan, jalan, sungai, bendungan, dan lain-lain

Sumber : Lo, 1986 (dalam Sutanto 1987) dan internet

II.2.4. Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan manipulasi dan interpretasi dari citra penginderaan jauh dengan bantuan komputer. Pengolahan citra digital dapat dikelompokkan dalam tiga kelompok, yaitu pra pengolahan data mencakup *rektifikasi* dan *restorasi* citra, pembuatan citra komposit dan penajaman citra serta klasifikasi citra. (Purwadhi, 2001).

II.2.4.1. Pemulihan Citra

Citra yang diperoleh dari hasil perekaman sensor tidak lepas dari kesalahan yang di akibatkan oleh mekanisme perekaman sensornya, gerakan dan wujud geometri bumi serta kondisi atmosfer di saat perekaman. Kesalahan yang terjadi pada proses pembentukan citra perlu dikoreksi supaya aspek radiometrik dan geometrik yang terkandung oleh citra tersebut benar-benar dapat mendukung pemanfaatan untuk suatu aplikasi tertentu. Pemulihan citra dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) koreksi radiometrik dan (2) koreksi geometrik. (Sutanto, 1994):

1. Koreksi Radiometrik Citra

Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari. Penyebab kesalahan radiometrik dapat dibedakan dalam tiga kelompok, yaitu :

1. Kesalahan pada sistem optik

Kesalahan ini dapat disebabkan oleh bagian optik pembentuk citra buram dan perubahan kekuatan sinyal.

2. Kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer yang disebabkan oleh pengaruh hamburan dan serapan, tanggapan (*response*) amplitudo yang tidak linier, dan terjadi gangguan (*noise*) pada waktu transmisi data.

3. Kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari yang disebabkan oleh perubahan pencahayaan pada permukaan bumi yang disebabkan sifat obyek dan kepekaan obyek menerima tenaga dari luar tidak sama, perubahan radiasi dari permukaan obyek karena perubahan sudut pengamatan sensor.

Koreksi radiometrik diperlukan atas dasar dua alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan sekaligus memperbaiki nilai-nilai piksel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral obyek yang sebenarnya. Koreksi radiometri citra yang ditujukan untuk memperbaiki kualitas visual citra berupa pengisian kembali baris yang kosong karena *drop-out* baris maupun kesalahan awal pelarikan (*scanning start*).

Koreksi radiometri yang ditujukan untuk memperbaiki nilai pixel supaya sesuai dengan yang seharusnya biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Pada koreksi ini, diasumsikan bahwa nilai pixel terendah pada suatu kerangka liputan seharusnya nol, sesuai dengan *bit-coding sensor*.

2. Koreksi Geometri Citra

Orbit satelit yang sangat tinggi dan medan pandangnya kecil maka terjadi *distorsi* geometrik. Berdasarkan sumberdaya distorsi atau kesalahan geometrik dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu :

Kesalahan internal disebabkan oleh konfigurasi sensornya, yaitu :

1. Pembelokan arah penyinaran menyebabkan distorsi panoramik (*loos angle*)
2. Abrasi sub-sistem optik karena kemiringan cermin penyiam (*scan mirror*) sehingga cakupan tidak tegak lurus.
3. Sistem penyiam (*scanning system*) yang tidak linear karena kecepatan cermin penyiam (*scan*) berubah yang mengakibatkan pergeseran lokasi setiap pixel.

Kesalahan geometrik oleh kesalahan external dikarenakan oleh :

1. Perubahan ketinggian wahana dan kecepatan wahana menyebabkan perubahan cakupan (*coverage*) dan perubahan luas yang mengakibatkan perubahan skala pada arah orbit.
2. Perubahan posisi wahana terhadap obyek karena gerakan berputar (*roll*), menggelinding, dan berbelok, yang mengakibatkan terjadinya distorsi atau bising acak (*random*).
3. Rotasi bumi gerakan putaran bumi saat pengambilan data, sehingga mengakibatkan obyek miring kearah barat.
4. Kelengkungan bumi mengakibatkan ukuran pixel yang direkam menjadi berubah, karena terjadinya sudut pada arah perekaman, yaitu antara pixel yang direkam dititik nadir dengan pixel pada sensor scanner melakukan penyiaman.

Citra Landsat mengandung berbagai distorsi geometrik yang harus dikoreksi. *Distorsi* ini dihasilkan oleh faktor seperti variasi tinggi satelit, ketegakan satelit, dan kecepatannya. Koreksi geometrik memiliki tiga tujuan, yaitu :

1. Melakukan rektifikasi (penyeragaman) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
2. Registrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral atau citra multi temporal.

3. Registrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke peta, yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Prosedur yang diterapkan pada koreksi geometrik biasanya memperlakukan distorsi kedalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang sistematis atau dapat diperkirakan sebelumnya, dan distorsi yang dipandang acak, atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya. (*Lillesand and Kieffer, 1979*):

Distorsi acak dikoreksi dengan menggunakan analisis titik ikat medan (*Ground Control Point/ GCP*). Metode ini memerlukan ketersediaan peta teliti yang sesuai dengan daerah liputan citra dan titik-titik ikat medan yang dapat dikenali pada citra. Titik ikat medan merupakan kenampakan yang lokasinya diketahui dan secara tepat dapat diketahui posisinya pada citra satelit. Kenampakan yang baik sebagai titik ikat antara lain perpotongan jalan raya, tubuh air kecil, dan sebagainya. Pada proses koreksi diletakkan sejumlah besar titik ikat medan ditempatkan sesuai dengan koordinat citra (lajur baris) dan koordinat peta (koordinat UTM atau garis lintang dan bujur, sebagaimana terukur pada peta). Nilai koordinat tersebut kemudian digunakan untuk analisis kuadrat terkecil guna menentukan koefisien bagi dua persamaan alih ragam (*transformation equation*) yang menghubungkan koordinat geografik dan koordinat citra, yakni sebagai berikut :

$$X = f_1 (x,y) \quad (2 - 4)$$

$$Y = f_2 (X,Y) \quad (2 - 5)$$

Dimana

(x,y) = koordinat citra (lajur,baru)

(X,Y) = koordinat peta

f_1, f_2 = koefisien alih ragam

Proses penerapan alih ragam geometrik terhadap data asli disebut *resampling*. Proses ini mengikuti pengandaran berikut : (*Lillesand and Kieffer, 1996*):

1. Suatu matrik kekuatan yang secara geometrik seragam ditentukan berdasarkan koordinat medan.

2. Komputer mengolah setiap sel didalam seluruh koordinat, tiap sel keluaran dialihragamkan untuk menentukan koordinat yang sesuai pada rangkaian citra.
3. Nilai pixel yang sesuai dipindahkan dari rangkaian data citra ke matrik keluaran.

Setelah setiap sel pada matrik keluaran diproses dengan cara ini, diperoleh hasil yang berupa matrik yang berdasarkan koordinat medan dan berisi data citra.

Pada koreksi ini, telah dipertimbangkan bahwa perubahan posisi pixel itu juga mencakup perubahan informasi spektralnya. Untuk mengatasi hal itu, diperlukan interpolasi nilai spektral selama transformasi geometri, sehingga selain dihasilkan geometri baru juga dihasilkan nilai spektral yang baru.

II.2.4.2. Citra Komposit

Dalam penginderaan jauh dikenal istilah citra komposit, yang merupakan paduan dari beberapa saluran. Penyusunan citra komposit di maksudkan untuk memperoleh gambar visual yang lebih baik, seperti halnya melihat foto udara, inframerah berwarna, sehingga pengamatan obyek, pemilihan sample dan aspek estetika citra dapat diperbaiki. Dalam teori dikenal tiga warna dasar, yaitu biru, hijau dan merah. Dan yang digunakan membuat citra komposit untuk menampilkan citra sedimentasi adalah saluran 4 (red), saluran 3 (green), saluran 2 (blue). (www.balitbang-das.or.id).

II.2.4.3. Penajaman Citra (*Image Enhancement*)

Penajaman citra (*Image Enhancement*) meliputi semua operasi yang menghasilkan citra “baru” dengan kenampakan visual dan karakteristik spektral yang berbeda.

Penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan mutu citra, baik untuk perolehan keindahan gambar maupun untuk kepentingan analisa citra. Penajaman kontras diterapkan untuk memperoleh kesan kontras citra yang lebih tinggi. Hal ini dapat dilakukan dengan mentransformasi seluruh nilai kecerahan hasilnya berupa citra dengan nilai maksimum baru yang lebih tinggi dari nilai maksimum awal, dan nilai maksimum baru yang (pada umumnya) lebih rendah dari nilai minimum awal (Daneodoro, P,1996). Secara visual, hasil ini berupa citra baru

yang variasi hitam putihnya lebih menonjol, sehingga tampak lebih tajam dan memudahkan proses interpretasi.

Algoritma penajaman kontras ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu

1. Perentangan Kontras

Kontras citra dapat dimanipulasi dengan merentang nilai kecerahan pixelnya. Perentangan yang efektif dapat dilakukan dengan memperhatikan bentuk histogramnya. Citra asli, yang biasanya mempunyai julat nilai lebih sempit dari 0 – 255, perlu direntang sehingga kualitas citranya menjadi lebih baik. Hasil perentangan ini adalah citra baru dengan kurva histogram yang lebih lebar.

2. Ekualisasi Histogram

Secara garis besar, algoritma equalisasi histogram ini dapat dibagi menjadi tiga tahap. Pertama, dilakukan perhitungan untuk menurunkan histogram citra yang akan dipertajam. Kedua, si operator kemudian menentukan jumlah kelas kecerahan yang baru (misalnya 32). Data nilai kecerahan (*Brightness Value/BV*) seluruh citra nantinya akan didistribusikan kembali ke masing – masing kelas tersebut. Ketiga, program akan menghitung dan menandai pixel demi pixel, untuk kemudian mengelompokkan mereka, masing – masing dalam jumlah kurang lebih sama, ke tiap kelas kecerahan yang tersedia. Setelah itu, dengan sendirinya citra baru (atau tampilan pada layar) segera dihasilkan.

II.2.5. Teknik dan Unsur-unsur Interpretasi Citra

Teknik interpretasi sebagai alat atau cara khusus untuk melakukan metode penginderaan jauh. Di dalam teknik interpretasi citra ini disebutkan cara-cara interpretasi yang lebih menguntungkan yang berarti segi kemudahan pelaksanaan interpretasinya lebih akurat atau lebih banyak informasi yang diperoleh dari cara-cara. (Sutanto, 1994):

1. Data Acuan

Data acuan merupakan data-data lain untuk lebih menyatakan hasil interpretasi dan untuk menambah data yang diperlukan, tetapi tidak diperoleh dari citra. Contoh : pengukuran, analisis, peta dan pustaka.

2. Kunci Interpretasi

Kunci interpretasi citra biasanya berupa potongan citra yang telah diinterpretasikan serta diyakini kebenaran dan keterangan seperlunya.

3. Penanganan Data

Untuk kemudian dalam menyimpan citra dan mencari kembali, serta untuk keawetan citra diperlukan penanganan data yang handal. Cara sederhana untuk penanganan data yang berguna untuk interpretasi citra adalah, sebagai berikut:

- a. Menyusun citra tiap satuan perekaman atau pemotretan secara numerik menghadap keatas
- b. Mengurutkan tumpuan citra sesuai dengan urutan interpretasi yang akan dilaksanakan dan meletakkan kertas penguat diatasnya.
- c. Mengurutkan tumpuan citra sedemikian sehingga jalur terbang membentang dari kiri ke kanan terhadap arah pengamatan.
- d. Meletakkan citra yang akan digunakan sebagai pembanding disebelah, menyebelah citra yang akan diinterpretasi.
- e. Diusahakan pada saat citra dikaji, tumpuan menghadap kebawah dalam urutan.

4. Pengamatan Stereoskopik

Pengamatan stereoskopik pada pasangan citra yang saling bertampalan dan berurutan yang dapat menimbulkan gambar 3D bagi jenis citra tertentu. Karena obyek bertampalan 3D, pengenalan citra mudah dilaksanakan, disamping itu pengenalan obyek juga dipermudah oleh dua hal, yaitu :

- a. Pembesaran tegak yang memperjelas relief.
- b. Pembesaran tegak bias digunakan binokuler dalam pengamatan.

5. Metode Pengkajian

Pekerjaan interpretasi umumnya dimulai dari pengkajian terhadap semua obyek yang sesuai dengan tujuan, namun demikian ada sebagian penafsiran citra yang lebih suka mulai dengan menyiam seluruh atau sebagian besar daerah yang akan dikaji, kemudian dilakukan seleksi dan kajian terhadap obyek yang akan dikehendaki.

6. Konsep Multi

Dengan meningkatnya pemanfaatan penginderaan jauh, kebutuhan memahami teknik penginderaan jauh untuk pengumpulan data semakin meningkat, sebelum melakukan analisis data yang akan dikumpulkan dan mengaplikasikannya. Adapun cara perolehan dan analisis data penginderaan jauh, meliputi :

a. Multispektral

Sistem penginderaan multispektral ialah penginderaan atas suatu daerah dengan menggunakan lebih dari satu sensor atau detektor yang masing-masing menggunakan spektrum elektromagnetik yang berbeda-beda. Ada empat manfaat citra multispektral, yaitu :

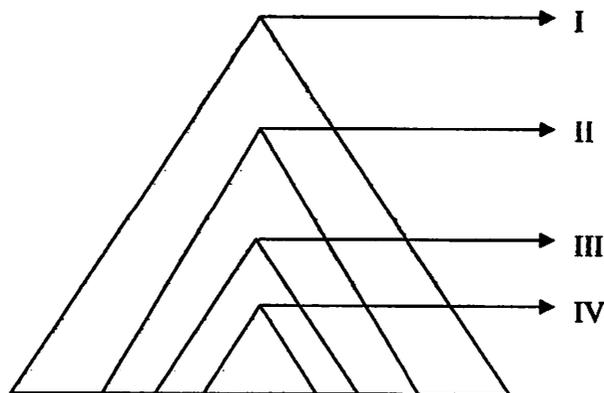
1. Meningkatkan kemampuan interpretasi citra secara manual. Obyek pada citra lebih mudah dikenali pada citra multispektral maupun multi saluran dengan spektrum elektromagnetik yang dirinci menjadi spektrum sempit. Hal ini disebabkan karena pada spektrum sempit tertentu karakteristik obyek sering lebih menonjol bedanya terhadap karakteristik spektral obyek pada saluran sempit lainnya maupun terhadap spektrum lebar. Rincian spektral ini dapat dilakukan pada spektrum tertentu, seperti pada spektrum ultraviolet, spektrum tampak, spektrum inframerah atau pada spektrum gelombang mikro, dapat pula berupa rincian lebih dari satu spektrum tampak dan spektrum inframerah termal.
2. Pembuatan citra paduan warna (komposit). Dengan penajaman warna ini maka, obyek pada citra hitam putih yang semula belum dapat dikenali sehingga dapat dikenali, karena diwujudkan dengan warna yang berbeda terhadap obyek lain yang dipertajam. Hasil akhirnya berupa citra paduan warna. Pemrosesan penajaman warna merupakan proses yang tidak sederhana dan memerlukan waktu banyak. Proses ini mahal dan tidak mudah untuk memilih perpaduan citra yang membuahkan penajaman optimum dan memberikan hasil maksimum pada tahap interpretasi. Dalam hal ini akan lebih menguntungkan bila

berbagai perpaduan citra dapat langsung diamati pada layar, yaitu dengan cara pengamatan adiktif.

3. Pengamatan atau peragaan warna adiktif. Pengamatan warna adiktif dilakukan dengan alat yang disebut pengamat warna adiktif (*adiktive colour viewer*). Warna adiktif, yaitu biru, hijau dan merah, warna lainnya pada dasarnya terbentuk dari paduannya. Bila paduannya berdasarkan dua warna adiktif maka, yang terbentuk adalah warna komplementer yaitu warna kuning (merah + hijau), warna cyan (hijau + biru), warna magenta (biru + merah). Warna komplementer juga disebut warna substraktif, karena masing-masing warna itu dibentuk dengan jalan substraktif satu warna adiktif terhadap sinar putih.
4. Pengenalan pola. Pada data spasial, tiap pixel mempunyai nilai spektral atau nilai digital tertentu dan nilai spektral tersebut berbeda pada panjang gelombang yang berbeda. Bila nilai spektral tiap obyek digambarkan pada dua saluran sebagai absis dan ordinatnya, misalnya saluran 5 MSS Landsat sebagai ordinat dan saluran 7 sebagai absisnya, maka nilai spektral tiap obyek cenderung untuk mengelompokkan pada tempat tertentu.

b. Multitingkat

Penginderaan jauh dengan multitingkat yaitu, penginderaan jauh yang menggunakan wahana dengan ketinggian terbang di atas muka bumi dan atau tinggi orbit yang berbeda-beda.



Gambar 2.3. konsep penginderaan jauh multi tingkat (Taranik, 1985)

Keterangan :

I : Satelit dengan tinggi orbit 200 sampai 36000 km.

II : Pesawat terbang yang tinggi terbangnya lebih dari 15 km.

III : Pesawat terbang yang tinggi terbangnya 9 sampai 15 km.

IV : Pesawat terbang yang tinggi terbangnya kurang dari 9 km.

Dalam pelaksanaan survei multitingkat pada penginderaan jauh ini, perlu diperhatikan satu hal penting yang kadang-kadang terlupakan, yaitu keseragaman waktu perekaman dari satelit maupun dari pesawat terbang. Pemotretan dilakukan pada saat satelit melewati dan merekam daerah yang dikaji, dekat sebelumnya atau dekat sesudahnya. Hanya dengan cara demikian dapat diharapkan perwujudan yang serupa bagi banyak obyek yang sama. Bila waktu perekamannya sangat jauh maka, wujud bagi obyek yang sama akan berlainan.

c. Multitemporal

Data penginderaan jauh multitemporal ialah data suatu daerah yang menggambarkan kondisi dan saat perekaman berbeda. Bila data itu berupa foto udara, perekaman ulangnya pada umumnya dilakukan dengan jarak waktu 3 tahun atau lebih. Bagi citra satelit maka, perekaman ulangnya lebih sering, yaitu 16 hari bagi satelit Landsat-4 dan Landsat-5, dua kali sehari bagi satelit cuaca NOAA (*the National Oceanic Atmospheric Administration*) dan tiap setengah jam bagi satelit cuaca GMS.

d. Multiarah

Sensor yang dapat diatur arahnya, dapat meningkatkan kemampuan pengadaan data penginderaan jauh terutama bagi daerah tropis yang banyak penutupan awannya. Sensor dapat diarahkan ke daerah bebas awan, bila daerah dibawahnya tertutup awan. Dengan bertambahnya kemungkinan pengadaan data penginderaan jauh tersebut maka, bertambah pula kemungkinan untuk dapat menginterpretasi dan memanfaatkannya.

e. Multipolarisasi

Konsep multipolarisasi pada umumnya diterapkan pada citra radar. Pulsa tenaga yang dipancarkan dari antena dapat dipolarisasi sehingga gerakannya

mengikuti bidang mendatar (H) atau bidang tegak (V). Pulsa tenaga balik yang datang dari obyek juga dapat dipolarisasikan menurut dua bidang itu. Dengan demikian maka sekurang-kurangnya ada empat jenis paduan polarisasi, yaitu polarisasi paralel yang berupa polarisasi HH dan VV, dan polarisasi silang yang berupa HV dan VH. Polarisasi HH berarti pulsa tenaga yang dipancarkan dipolarisasikan menurut bidang mendatar, demikian juga tenaga baliknya. Polarisasi yang berbeda dapat menimbulkan wujud gambaran obyek yang berbeda. Di antara wujud yang berbeda tersebut tentunya ada yang paling menguntungkan atau paling membantu didalam pengenalan obyek. Dengan kata lain dapat diutarakan bahwa multipolarisasi bersifat meningkatkan kemampuan interpretasi citra.

f. **Multidisiplin**

Citra penginderaan jauh menyajikan gambaran lengkap sehingga citra penginderaan jauh merupakan sarana yang baik sekali bagi pendekatan multidisipliner. Gambaran yang lengkap ini memungkinkan penggunaannya untuk berbagai bidang, baik secara sendiri-sendiri maupun secara bersamaan. Hal ini menguntungkan sekali bagi pendekatan terpadu yang pada saat akhir-akhir ini banyak dilakukan orang, karena banyak masalah yang pemecahannya memang memerlukan pendekatan terpadu. Bila citra digunakan oleh berbagai bidang keahlian untuk satu tujuan dengan suatu koordinasi, maka penginderaan jauh digunakan secara interdisipliner, bila tanpa koordinasi, pendekatannya disebut multidisipliner.

II.2.5.1. Interpretasi Citra

Merupakan pengkajian foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek dan menilai arti pentingnya obyek tersebut. Di dalam penginderaan jauh interpretasi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu. (Sutanto, 1994):

1. Interpretasi Visual
2. Interpretasi Digital

1. Interpretasi Visual

Interpretasi visual secara luas digunakan untuk mengamati segala fenomena alam, karena cara ini sangat efektif untuk mengidentifikasi obyek. Interpretasi visual disini dimaksudkan sebagai perbuatan mengamati citra secara visual dengan maksud untuk identifikasi obyek dan menilai pentingnya obyek tersebut. Interpretasi visual merupakan interpretasi menggunakan mata, sedangkan interpretasi digital menggunakan komputer.

Menurut Zee (1990) ada tiga prinsip interpretasi citra yaitu pengenalan, analisis dan kombinasi dari pengambilan keputusan dan penentuan. Juga dikatakan bahwa ada tiga urutan berbeda dalam interpretasi yang disebutnya elemen pertama, kedua dan ketiga, seperti berikut :

1. Pertama, yaitu obyek yang secara langsung dapat dikenali, seperti jalan, pohon, sungai, rumah atau gedung dan hutan.
2. Kedua, yaitu obyek yang biasanya tidak tampak, tapi keberadaannya dapat diketahui, seperti arkeologis dan pola anak sungai yang sudah lama.
3. Ketiga, yaitu obyek yang dapat ditentukan berdasarkan analisis atau investigasi dari obyek yang dikenali melalui elemen pertama dan kedua. Contohnya interpretasi penggunaan lahan, bentuk lahan jenis vegetasi dan batas jenis tanah.

Berdasarkan cara pengenalan dan analisis obyek, interpretasi visual dapat dibedakan menjadi secara langsung dan tidak langsung.

1. Secara langsung, yaitu obyek dapat dikenali langsung dari kenampakan citra, seperti jalan, pohon, rumah atau gedung dan hutan.
2. Secara tidak langsung, yaitu obyek dikenali melalui analisis sesuai dengan topic interpretasi, baru kemudian dapat ditentukan jenis obyeknya, seperti penggunaan lahan, bentuk lahan, jenis vegetasi dan batas jenis tanah.

2. Interpretasi Digital

Data penginderaan jauh berupa numerik, interpretasi digital pada dasarnya merupakan klasifikasi dari piksel, piksel adalah bagian terkecil dari citra yang masih dapat dikenali. Klasifikasi ini dibagi menjadi dua macam, yaitu :

a. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Yaitu merupakan sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh atau sample obyek (berupa nilai spektral) oleh operator. Lokasi geografis kelompok piksel sample ini disebut sebagai daerah contoh (*training area*). Sebelum sampel diambil, operator harus mempersiapkan sistem klasifikasi yang akan diterapkan, seperti halnya klasifikasi manual. Dua hal yang harus dipertimbangkan dalam klasifikasi, ialah sistem klasifikasi dan kriteria sample. Pengambilan sample secara digital oleh operator, pada dasarnya merupakan cara 'melatih' komputer untuk mengenali obyek berdasarkan kecenderungan spektralnya. Perlu diperhatikan klasifikasi multispektral secara langsung hanya dapat diterapkan untuk pemetaan penutupan lahan. Oleh karena itu sistem klasifikasi yang harus disiapkan, harus berisi klas-klas penutup lahan (misalnya perkebunan, pemukiman, lahan terbuka, sawah, vegetasi, air dan lain-lain), dan untuk penggunaan lahannya dapat diturunkan dari informasi penutup lahan atau dengan cara lain melalui pemasukan informasi temporal (rotasi tanaman, citra multitemporal, faktor bentuk lahan dan sebagainya). Bila kerangka klasifikasi yang tersedia ternyata hanya sistem klasifikasi untuk penggunaan lahan. Untuk konversi semacam ini, pengetahuan pengguna atau operator mengenai karakteristik penggunaan lahan dalam kaitannya dengan penutupan lahan sangatlah penting. Disamping itu, pengetahuan mengenai kondisi daerah yang diamati (*local knowledge*) juga sangat menunjang. Sistem klasifikasi yang secara langsung mengacu pada kategori-kategori penggunaan lahan atau yang mencampur-adukkan aspek penutup lahan dengan penggunaan lahan, sebaiknya digunakan pada klasifikasi awal, mengingat bahwa fungsi penggunaan lahan tidak dipersentasikan oleh piksel. Kriteria sampel sama dengan metode penelitian ataupun survei yang lain, sample homogen. Homogenitas sample dalam klasifikasi digital ditunjukkan oleh homogenitas nilai piksel pada tiap sample. Cara termudah untuk mengambil sample yang memenuhi kriteria ini ialah dengan mengambil piksel-piksel murni (*pure pixel*). Pada luasan yang homogen, pengambilan piksel murni dapat secara mudah dilakukan dengan memilih piksel dibagian tengah kenampakan obyek. Melalui penampilan warna komposit citra

yang baik, homogenitas obyek dicerminkan oleh warna yang seragam. Disamping itu, kriteria statistik-pun diperlukan untuk menilai sample. Sample yang baik tentunya mempunyai homogenitas nilai piksel yang tinggi. Di bawah ini jelaskan metode-metode klasifikasi terbimbing yang digunakan dalam identifikasi data citra pada penginderaan jauh :

1. Klasifikasi *minimum distance*

Metode ini dilakukan dengan menentukan nilai spektral rata-rata pada tiap klas. Piksel akan memiliki koordnat posisional, karena pada dua saluran. Untuk memasukkan suatu piksel kedalam suatu klas yang disebabkan piksel itu tidak dikenal, maka dilakukan dengan cara menghitung jarak piksel yang tidak dikenal terhadap nilai piksel rata-rata pada tiap klas. Setelah dihitung, maka piksel yang tidak dikenal tersebut akan dimasukkan kedalam suatu kategori (misalkan jagung). Apabila suatu piksel letaknya sangat jauh dari klas rata-rata yang telah ditetapkan oleh analisis, maka analisis akan mengklasifikasi sebagai klas tidak dikenal.

2. Klasifikasi *parallelipiped*

Metode ini memberikan suatu kepekaan terhadap varian kategori dengan memperhitungkan julat nilai rangkaian digital tertinggi dan terendah pada diagram pancar dan saluran. Pada metode ini sangat sulit diklasifikasikan apabila julat kategori saling bertampalan, pada piksel yang tak dikenal akan diklasifikasikan sebagai tak tentu atau secara bebas ditempatkan pada salah satu klas diantara wilayah yang bertampalan.

3. Klasifikasi *maximum likelihood*

Pengklasifikasian *maximum likelihood* (maksimum-maksimum) adalah merupakan pengklasifikasian terbimbing secara parametik yang paling populer digunakan pada saat sekarang, untuk klasifikasi penutup/ penggunaan lahan dari data penginderaan jauh.

b. Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)

Berbeda dengan klasifikasi terbimbing, klasifikasi tak terbimbing secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator, walaupun ada proses interaksi ini sangat terbatas. Proses ini sendiri adalah suatu proses iterasi,

sampai menghasilkan pengelompokan akhir gugus-gugus spektral. Campur tangan operator terutama setelah gugus-gugus spektral terbentuk, yaitu dengan menandai tiap gugus sebagai obyek tertentu. Oleh karena itu, teknik klasifikasi semacam ini disebut klasifikasi *a-posteriori* (setelah fakta), sebagai lawan *a-prioro* (mendahului fakta).

Hasil klasifikasi multi spektral baik terbimbing maupun tak terbimbing adalah suatu peta yang menyatakan *distribusi* spasial obyek pada daerah penelitian. Tiap obyek diawali oleh suatu nilai dan ditampilkan sebagai warna tertentu. Nilai disini sudah bukan lagi ekspresi respon spektral obyek, melainkan urutan pemberian label/ tanda pada waktu pengambilan sample. Dengan kata lain, nilai 1,2,3 ... tidak dapat lagi dipandang sebagai data rasio ataupun interval, melainkan sebagai data nominal atau label.

II.2.5.2. Unsur-unsur Interpretasi

Unsur-unsur interpretasi citra adalah karakteristik obyek yang terdapat pada citra yang digunakan sebagai kunci pengenalan obyek. Ada sembilan kunci pengenalan obyek utama, yaitu. (Sutanto, 1994):

1. Rona/ warna.

Rona yaitu tingkat kegelap atau kecerahan citra berdasarkan tingkat keabuan. Variasinya dapat berupa hitam, abu-abu, putih, abu-abu gelap, abu-abu terang dan sangat gelap. Warna, yaitu perbedaan antara warna merah, hijau, biru dan kombinasi ketiganya.

Cara pengukuran rona:

Dapat diukur dengan dua cara yaitu :

1. dengan cara relatif dengan menggunakan mata biasa.
2. dengan cara kuantitatif dengan menggunakan alat
 1. dengan menggunakan mata biasa, pada umumnya rona dibedakan atas lima tingkat yaitu putih, kelabu-putih, kelabu, kelabu-hitam, dan hitam.
 2. dengan menggunakan alat maka rona dapat dibedakan dengan lebih pasti dan dengan tingkat pembedaan yang lebih banyak.

Faktor yang mempengaruhi rona

Rona pada citra di pengaruhi oleh lima faktor :

1. karakteristik obyeknya sendiri.
2. bahan yang digunakan
3. pemrosesan emulsi
4. cuaca
5. letak obyek

Cara pengukuran warna

Analisis kuantitatif atas citra pada umumnya dilakukan berdasarkan pengukuran densitinya. Pada foto hitam putih, densiti merupakan fungsi jumlah perak yang tercuci. bagi foto berwarna densitinya dibuahkan oleh karakteristik serapan zat warna yang digunakan sebagai lapis emulsi.

Faktor yang mempengaruhi warna

Menurut paine (1981) maka warna biru, hijau, merah disebut warna dasar aditif. Faktor yang mempengaruhi warna :

1. panjang gelombang sinar yang membentuk warna itu.
2. kejenuhan
3. intensitas
2. kejenuhan mencirikan julat (*range*) panjang gelombang yang membentuk warna.
3. intensitas ditentukan oleh jumlah total sinar yang dipantulkan, terlepas dari panjang gelombangnya.
2. Bentuk, yaitu konfigurasi umum suatu obyek. Variasinya dapat berupa segitiga, segiempat, bulat dan tidak beraturan. Bentang buatan biasanya lebih teratur dari pada bentang alamiah.
3. Ukuran, dapat berupa ukuran luas, panjang, tinggi, kemiringan dan volume.
4. Bayangan, dapat mencerminkan bentuk obyek. Bayangan juga kadang dapat membantu dalam analisis geomorfologi untuk memperjelas kenampakan bentuk lahan.
5. Tekstur, merupakan frekuensi perubahan rona/ warna pada citra. Tekstur dibedakan menjadi kasar, agak halus, seragam, tidak seragam, tidak teratur.

6. Pola, merupakan susunan keruangan suatu obyek, misalnya pola linier disepanjang jalan, sungai atau guguk pantai. Variasinya dapat berupa pola blok, paralel, linier strip, dot, mosaic, kontur dan sebagainya.
7. Lokasi, yaitu letak suatu obyek dan hubungannya dengan sekitarnya. Banyak obyek yang mempunyai karakteristik terkait pada lokasinya seperti tanggul sungai didekat sungai.
8. Asosiasi pengenalan obyek, dapat dilakukan karena adanya obyek lain.
9. Resolusi, digunakan sebagai ukuran bagi kualitas citra dalam mengenali obyek.

BAB III
PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1. Lokasi Penelitian

Secara geografis Kecamatan Ujung Pangkah terletak antara 6°56' s/d 7°56' Lintang Selatan dan 112°30' s/d 112°37' Bujur Timur, Kecamatan Ujung Pangkah merupakan salah satu Kecamatan yang berada di Kabupaten Gresik. Secara administratif kecamatan Ujung Pangkah berbatasan dengan :

- Sebelah utara : Laut Jawa
- Sebelah Selatan : Kecamatan Sidayu dan Kecamatan Bungah
- Sebelah Barat : Kecamatan Panceng
- Sebelah Timur : Selat Madura

III.2. Data dan Alat Penelitian

Data-data yang diperlukan dalam penelitian

A. Data Spasial (Grafis)

- Peta Rupa Bumi Indonesia 1 : 25.000
- Citra Landsat ETM7+ tahun perekaman 1997 dan tahun 2002

B. Peralatan Yang Digunakan Untuk Pemrosesan Data

1. Perangkat Lunak (Software)

- Auto CAD 2004
Perangkat lunak Auto CAD 2004 adalah perangkat lunak yang digunakan dalam penggambaran grafis atau untuk mengubah data analog menjadi data digital dengan cara digitasi.
- Ermapper 6.4
Perangkat lunak yang digunakan untuk memproses data citra Landsat ETM7+ untuk mendapatkan peta tematik sedimentasi.

2. Perangkat Keras (Hardware)

- PC dengan Prosesor AMD athlon Xp 2000 +
- Monitor LG 15"

- Hardisk 40 Gb
- RAM 256 Mb
- Kartu grafik (VGA Card) 64 Mb
- Printer/Plotter
- GPS Map 76

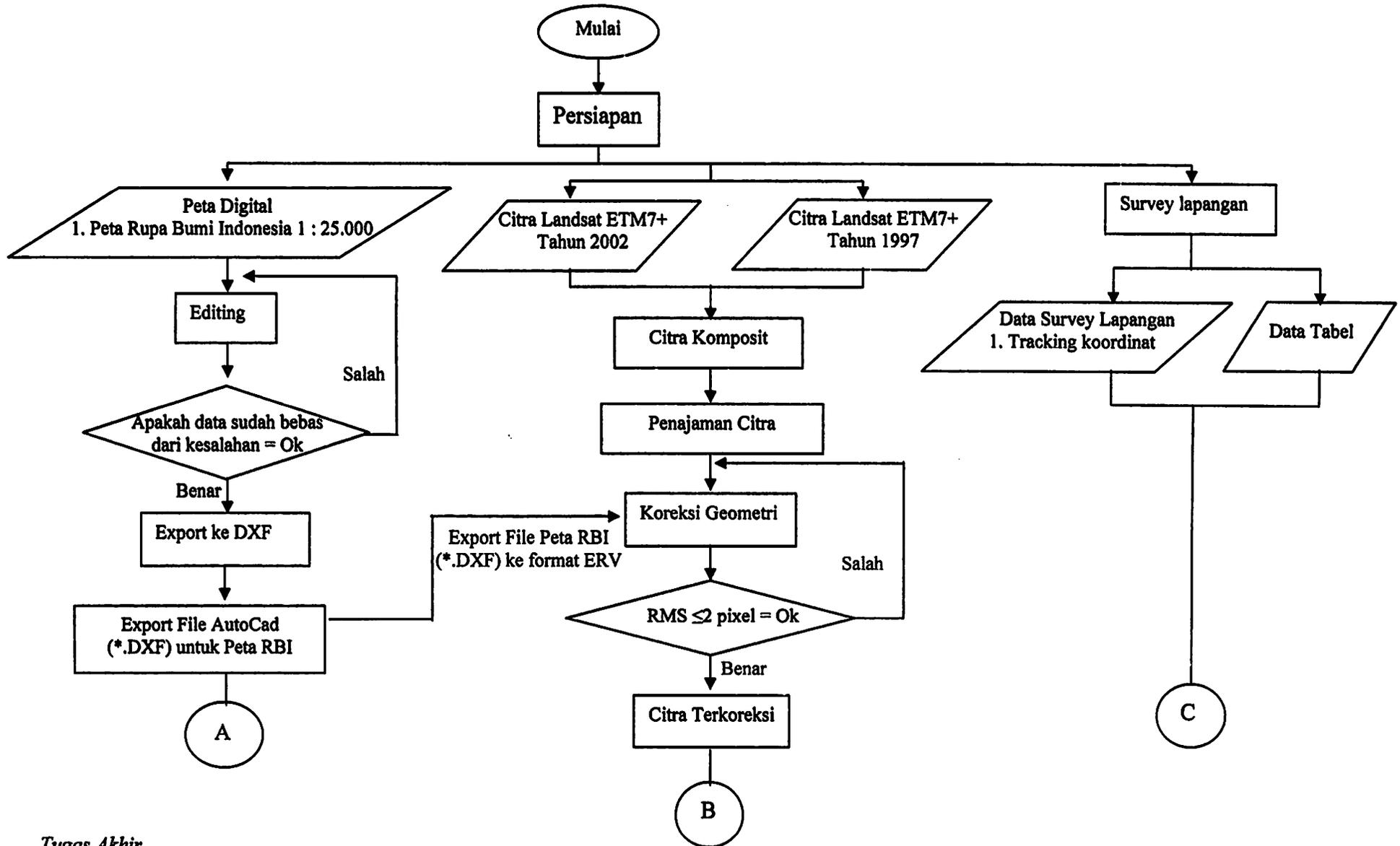
III.2. Kegiatan Yang Dilakukan dalam Proses Alir Penelitian

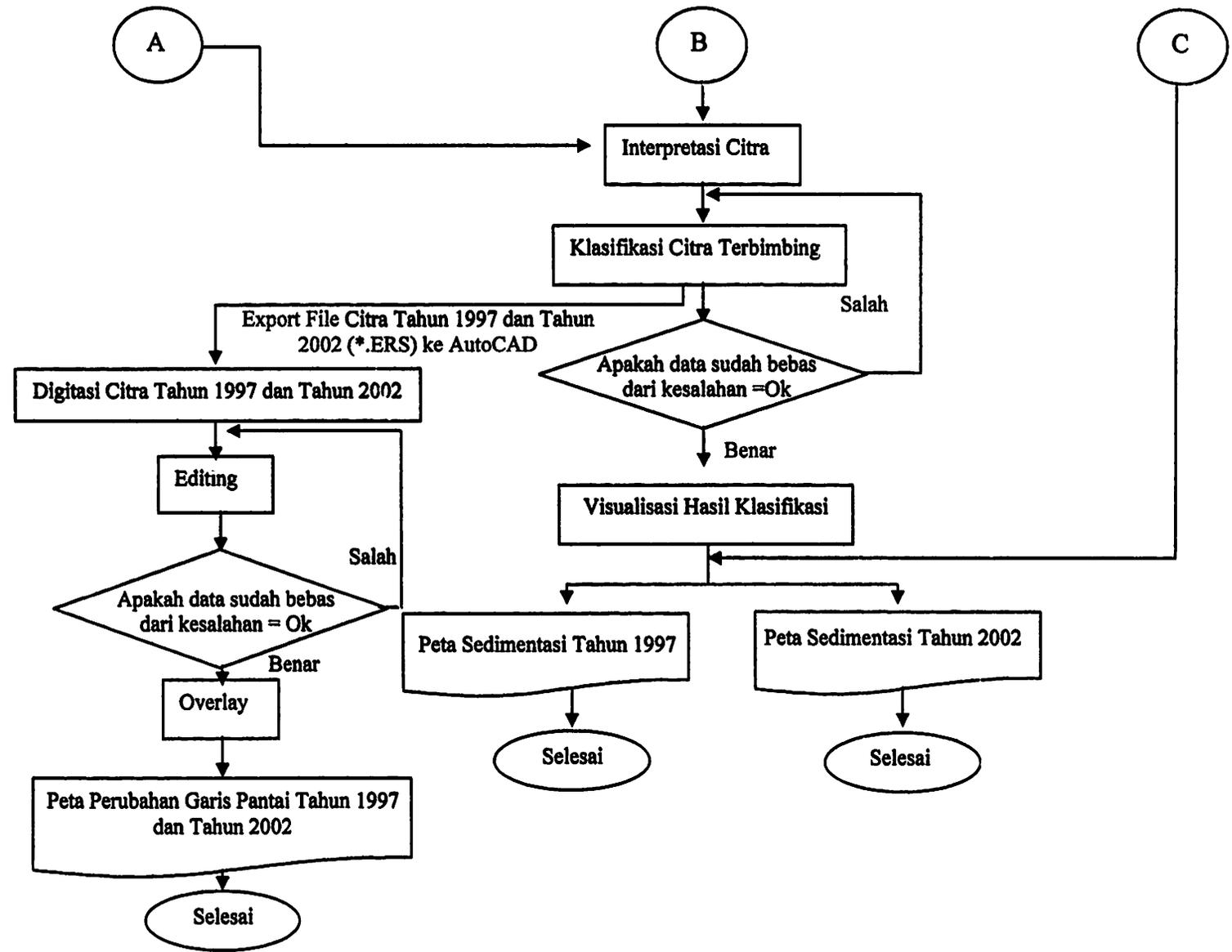
1. Persiapan, meliputi kegiatan pengumpulan data *raster* (Data citra Landsat 7 ETM), data *vektor* (Peta Rupa Bumi Indonesia Digital), persiapan perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Citra komposit, yaitu penyusunan citra komposit dimaksudkan untuk memperoleh gambaran visual yang lebih baik seperti halnya melihat foto udara inframerah berwarna, sehingga pengamatan obyek, pemilihan sampel dan aspek estetika citra dapat diperbaiki. Dalam teori warna, dikenal ada 3 (tiga) warna dasar, yaitu biru, hijau dan merah. Kombinasi dari ketiga warna tersebut akan menghasilkan warna-warna lain, pada penelitian ini menggunakan komposit band 4 3 2, dimana band tersebut merupakan yang paling baik untuk tujuan kenampakan klas sedimentasi.
3. Penajaman citra, yaitu proses peningkatan kualitas visual citra.
4. Melakukan koreksi geometrik dengan menggunakan data peta referensi pada citra Landsat 7 ETM.
5. Melakukan overlay citra terkoreksi dengan data *vektor* dari peta RBI (Rupa Bumi Indonesia).
6. Cropping, yaitu pemotongan citra hasil overlay kemudian disimpan dalam suatu file.
- 7a. Interpretasi citra, yaitu Merupakan pengkajian foto udara atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek dan menilai arti pentingnya obyek tersebut.
- 8a. Klasifikasi tingkat kerapatan kekeruhan air dengan menggunakan metode Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*).
- 9a. Diperoleh Citra Hasil Klasifikasi Tingkat kekeruhan air untuk pemantauan tingkat kualitas kenampakan air.

- 10a. Verifikasi lapangan, yaitu Pekerjaan *Ground Truth* atau Cek Lapangan untuk beberapa kenampakan dari hasil klasifikasi yang meragukan, dapat dilakukan untuk mendapatkan kepastian akan kenampakan tersebut dan dilakukan juga pengambilan sampel air. Cek lapangan ini dapat dilakukan berdasarkan peta Rupa Bumi Indonesia terbaru atau dengan mengecek langsung pada daerah yang hasil klasifikasinya meragukan tersebut.
- 11a. Visualisasi hasil klasifikasi, yaitu hasil dari semua proses klasifikasi yang disusun sedemikian rupa pada masing-masing citra untuk persiapan overlay dalam hal ini untuk mengetahui perubahan garis pantai akibat sedimentasi.
- 12a. Dari proses visualisasi hasil klasifikasi didapat peta sedimentasi tahun 1997 dan tahun 2002.
- 7b. Export file citra Landsat tahun 1997 dan tahun 2002 ke AutoCAD
- 8b. Setelah proses *export* ke AutoCAD lakukan proses digitasi pada citra tahun 1997 dan tahun 2002.
- 9b. Setelah digitasi selesai lakukan proses overlay.
- 10b. Dari proses overlay maka didapat peta perubahan garis pantai tahun 1997 dan tahun 2002.

Diagram Alir Penelitian disajikan sebagai berikut :

Gambar 3.1. Diagram alir penelitian





III.3. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan pekerjaan yang dilakukan, yaitu :

1. Proses Pengolahan Citra

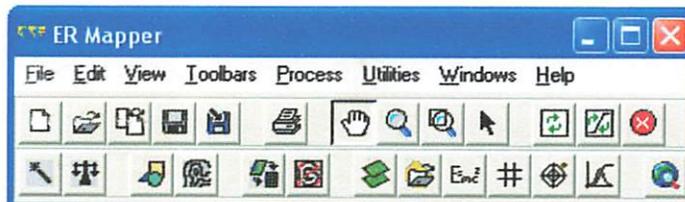
Proses pengolahan citra ini bertujuan untuk memperoleh informasi perubahan sedimentasi yang terjadi di daerah muara sungai Bengawan solo, dan juga dilakukan proses koreksi geometri yang bertujuan untuk memperoleh citra dengan sistem koordinat dan proyeksi seperti pada peta dasar dalam hal ini yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia. Dari proses koreksi geometri citra dengan peta dasar didapatkan citra terkoreksi, kemudian kedua citra tersebut dikoreksi geometri lagi maksudnya untuk menyamakan sistem koordinat dan proyeksi dan dapat dengan mudah melakukan proses overlay.

2. Proses pengambilan sampel dan analisa data

Dalam penelitian kali ini pengambilan sampel dilakukan secara langsung (diambil langsung dari lokasi penelitian).

III.3.1. Pengolahan Data Citra Tingkat Kekerusuhan air

Dalam pengolahan ini menggunakan *software* Er Mapper 6.4 dengan tampilan menu sebagai berikut :



Gambar 3.2. Tampilan Menu Er Mapper

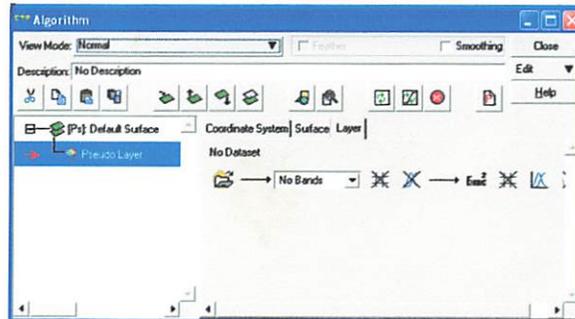
Tahap ini dimulai dari menampilkan data *raster* dan *vektor*, memperbaiki tampilan citra yang berupa kombinasi band yang ada pada citra, koreksi geometri dilakukan untuk menyamakan sistem proyeksi citra pada bidang datar dengan proyeksi peta dan dalam tahapan ini juga dilakukan interpretasi digital. Adapun tahapan pekerjaan pada pengolahan data citra Landsat7-ETM Kecamatan Ujung Pangkah adalah sebagai berikut :

III.3.1.1. Menampilkan Citra

Menampilkan data Citra Landsat7-ETM Kecamatan Ujung Pangkah ke layar monitor dengan perangkat lunak Er Mapper 6.4.

Adapun tahapan pekerjaannya adalah sebagai berikut :

1. Aktifkan program Er Mapper 6.4;
2. Dari Toolbars klik *New* dan klik *Edit Algorithm*;



Gambar 3.3. Tampilan Menu Algorithm

3. Pada layar monitor akan muncul kotak dialog *Algorithm* dan klik *Load a dataset*;



Gambar 3.4. Tampilan Citra

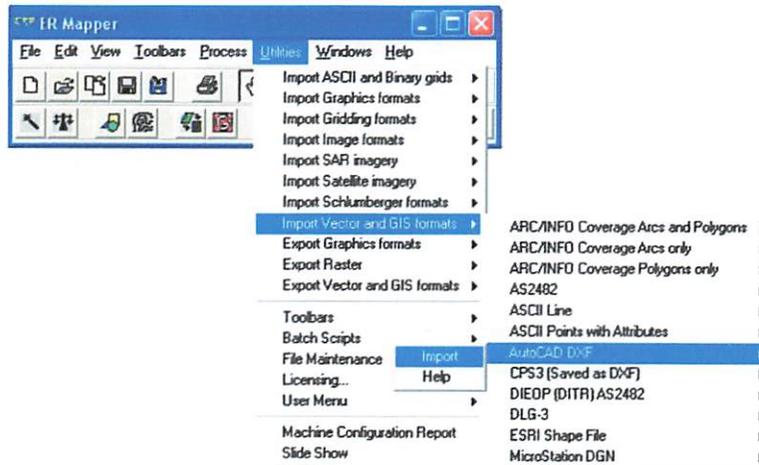
4. Pilih file *Citra_2002.ers/ Citra_1997.ers*, klik *OK*. Pada toolbar klik *Refresh* untuk menampilkan gambar citra dengan jelas pada layar monitor.

III.3.1.2. Import Data Vektor

Data vektor yang diimport adalah data spasial Sungai dan Jalan dari Peta topografi digital daerah Kecamatan Ujung Pangkah yang digunakan untuk koreksi geometri.

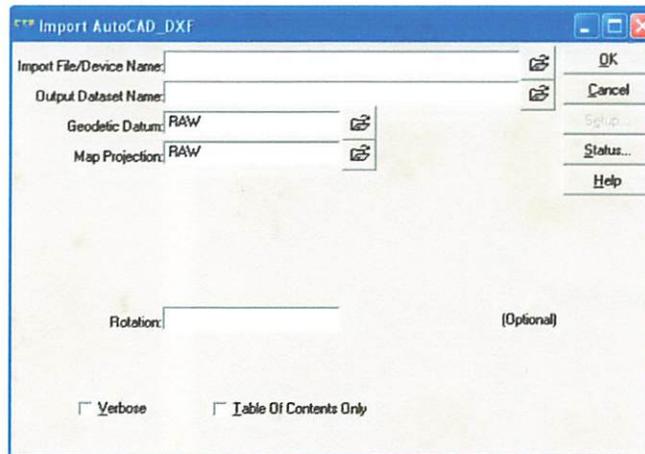
Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pilih menu *Utilities*, pilih sub menu *Import Data Vektor and GIS Format*, pilih *Import*;



Gambar 3.5. Kotak Dialog *Import Vector and GIS Format*

2. Akan muncul kotak dialog *Import Autocad DXF*, isikan file Sungai.dxf yang akan diimport pada kolom *Impprt File/Device Name*, dan isikan file hasil Sungai.erv pada kolom *Output Dataset Name*, setelah itu pilih *Geodetic Datum* (menggunakan WGS 84) serta *Map Projection* (menggunakan SUTM49) sesuai dengan daerah studi. Langkah yang sama juga dilakukan untuk *mengimport data spasial jalan*;

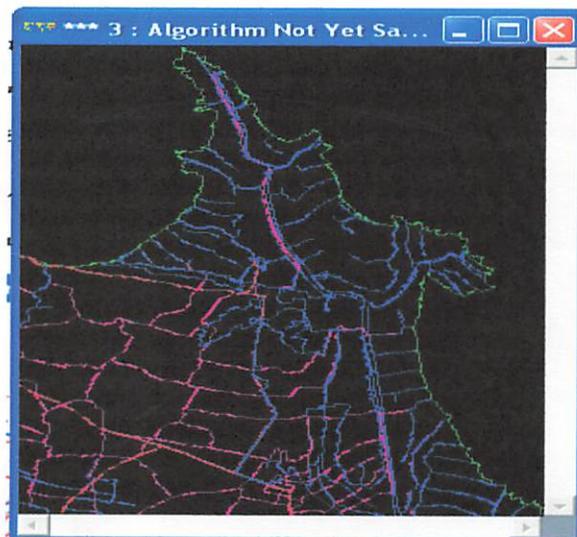


Gambar 3.6. Kotak Dialog Import Autocad_DXF

III.3.1.3. Menampilkan Data Vektor

Data spasial sungai, garis pantai, Batas Desa dan jalan daerah Ujung Pangkah hasil import dapat ditampilkan dengan langkah–langkah sebagai berikut :

1. Pilih icon  setelah muncul kotak dialog algorithm pilih *Edit* → *Add Vektor Layer* → *Annotation/Map Composition*;
2. Akan muncul layer *Annotation Layer*, pilih file Sungai dan Jalan yang akan ditampilkan lewat icon  *Dynamic Link Chooser*;
3. Hasil tersebut disimpan dengan nama file *Vector.alg*.



Gambar 3.7. Tampilan Data Vektor Sungai, batas administrasi dan Jalan Hasil Import

III.3.1.4. Pembuatan Citra Komposit

Dalam tahap ini dibuat kombinasi dari band yang ada pada Citra untuk membantu mengidentifikasi dan interpretasi penampakan objek dipermukaan bumi.

Adapun langkah-langkahnya sebagai berikut :

1. Buka Citra Landsat7-ETM dengan icon  akan nampak tampilan citra dalam window algorithm yang masih berwarna *Greyscale*, dalam kotak dialog *algorithm* akan tampak bahwa jenis *surfacenya Pseudocolor* dan *layernya* juga *Pseudocolor*;
2. Untuk membuat kombinasi warna kita harus membuat kombinasi dalam *layer Red*, *Layer Green* dan *Layer Blue* yaitu dengan mengaktifkan kelompok *toolbar forestry* dalam *menu toolbar*, lalu pilih  maka secara otomatis akan tampil citra sudah terkombinasi warna, dalam kotak dialog *algorithm* terlihat jenis *surfacenya Red*, *Green* dan *Blue* dengan setiap *layer* diisi *band* sesuai dengan kebutuhan interpretasinya dalam hal ini menggunakan kombinasi *band 4 3 2*.



Gambar 3.8. Citra Hasil Kombinasi

III.3. Tahapan Penelitian

Adapun tahapan pekerjaan yang dilakukan, yaitu :

1. Proses Pengolahan Citra

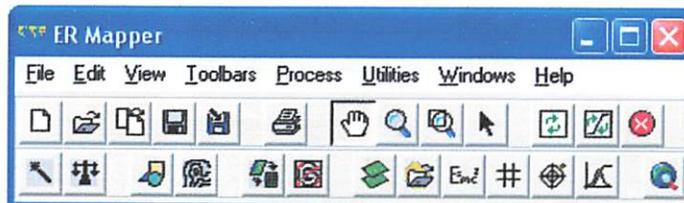
Proses pengolahan citra ini bertujuan untuk memperoleh informasi perubahan sedimentasi yang terjadi di daerah muara sungai Bengawan solo, dan juga dilakukan proses koreksi geometri yang bertujuan untuk memperoleh citra dengan sistem koordinat dan proyeksi seperti pada peta dasar dalam hal ini yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi Indonesia. Dari proses koreksi geometri citra dengan peta dasar didapatkan citra terkoreksi, kemudian kedua citra tersebut dikoreksi geometri lagi maksudnya untuk menyamakan sistem koordinat dan proyeksi dan dapat dengan mudah melakukan proses overlay.

2. Proses pengambilan sampel dan analisa data

Dalam penelitian kali ini pengambilan sampel dilakukan secara langsung (diambil langsung dari lokasi penelitian).

III.3.1. Pengolahan Data Citra Tingkat Keketukan air

Dalam pengolahan ini menggunakan *software* Er Mapper 6.4 dengan tampilan menu sebagai berikut :



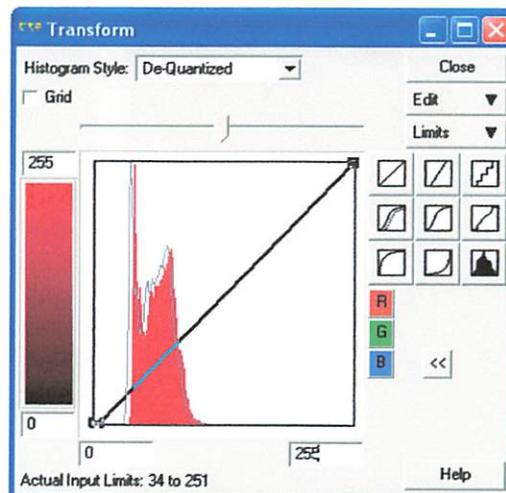
Gambar 3.2. Tampilan Menu Er Mapper

Tahap ini 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 proyeksi peta dan dalam tahapan ini juga dilakukan interpretasi digital. Adapun tahapan pekerjaan pada pengolahan data citra Landsat7-ETM Kecamatan Ujung Pangkah adalah sebagai berikut :

III.3.1.5. Penajaman Citra

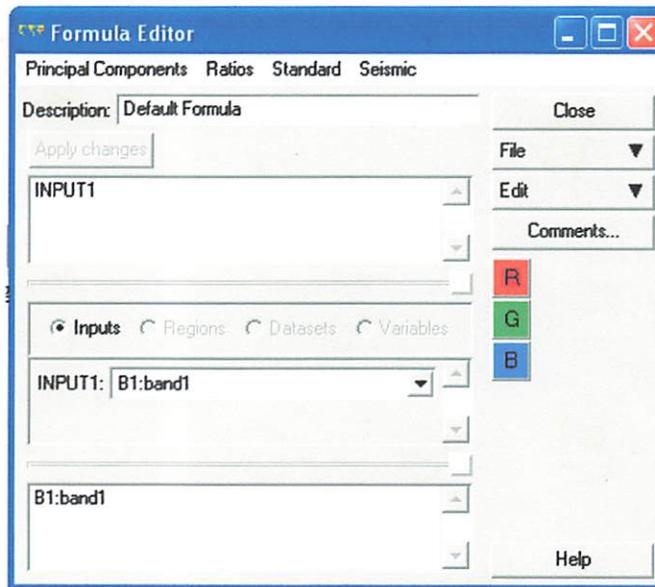
Pada citra Landsat ETM7+ Gresik dilakukan koreksi Radiometrik, yang bertujuan untuk menghilangkan *Haze* dengan cara membatasi nilai spektral yang terekam pada citra dalam tiap band/ salurannya. Adapun langkah-langkah koreksi radiometrik adalah sebagai berikut :

1. Buka citra Landsat ETM7+ Gresik dengan icon  ;
2. Pilih icon  setelah muncul kotak dialog Algorithm, arahkan kursor ke *layer psedo colour*, kemudian duplikat layer tersebut sebanyak saluran yang digunakan
3. Ganti nama tiap *layer psedocolour* menjadi *Band1*, *band2*, ... dan seterusnya, isikan ulang tiap *layer Band* tersebut sesuai dengan Band yang ada ;
4. Pada kotak dialog *Algorithm*, kemudian catatlah nilai spektral yang paling kecil dengan cara memilih tombol icon  pada tiap *band/ saluran*, sehingga akan tampil grafik nilai spektralnya/ histogram ;



Gambar 3.9. Kotak dialog transform

5. Lalu tekan tombol icon  pada masing-masing *band/ saluran* sehingga akan tampil kotak dialog Formula Editor ;



Gambar 3.10. Grafik nilai spektral

- Dimana nilai spektral citra pada tiap *band*/ saluran akan dikurangkan dengan nilai spektral terkecilnya, maka diisi rumus :

$$\text{INPUT 1} - \text{BV}_{\min}$$

- kemudian tekan tombol *Apply Change* untuk menjelaskan perintah formula tersebut sehingga tampilan citra di windows akan berubah ;
- Simpan kembali *band-band* yang telah dikoreksi radiometrik tersebut menjadi satu dataset, pilih *icon Save as*  , pilih file of *type* *Er Mapper Dataset (.ers)* serta letak file akan disimpan.

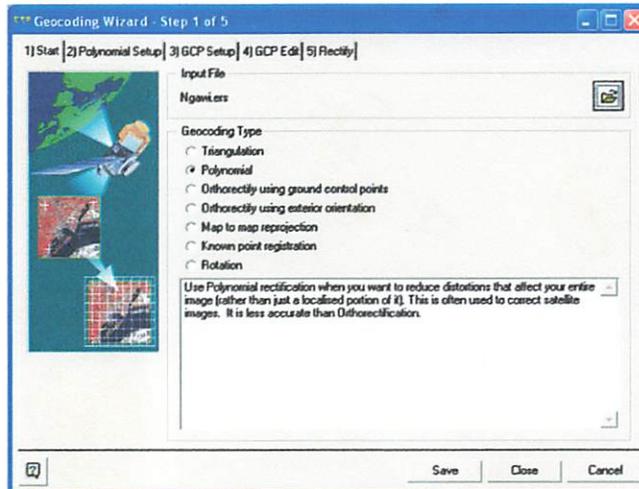
III.3.1.6. Koreksi Geometri

Koreksi Geometri Citra dengan data spasial garis pantai, sungai dan jalan dari peta topografi digital. Adapun langkah-langkah dalam proses koreksi geometri tersebut adalah sebagai berikut :

Pilih menu *Process* → *Geocoding Wizard* dan akan muncul kotak dialog *Geocoding Wizard*. Pada kotak dialog *Geocoding Wizard* terdapat lima tahapan sebagai berikut :

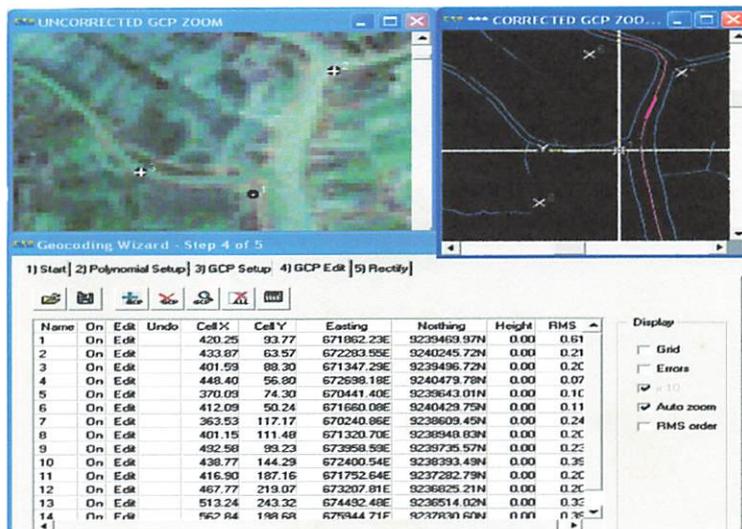
- Pilih file *Citra_2002.ers/ Citra_1997.ers* yang akan dikoreksi geometri dari icon  serta tentukan *Geocoding Type*-nya adalah *Polynomial*.
- Tentukan *type Polynomial Order* adalah *Linier*.

3. Tentukan *GCP Picking Method* dengan memilih *Geocoded Image*, *vector or algorithm* dan tentukan nama file acuan yaitu *Vector.alg*. Pada *Output Coordinate Space* akan nampak datum dan sistem proyeksi dari hasil citra akhir.



Gambar 3.11. *GCP Setup*

4. Menentukan titik kontrol yang merupakan titik sekutu yang sama pada citra dengan acuan *vektor*, yaitu lekukan garis pantai, belokan sungai, titik perempatan jalan, perpotongan antara jalan dan sungai.
- Gunakan icon  untuk membuat atau menambah titik kontrol baru, kemudian dengan menggunakan icon  tentukan titik kontrol pada windows citra dan selanjutnya ke windows acuan *vektor*. Untuk menghapus titik kontrol yang salah pilih icon .



Gambar 3.12. Proses Koreksi Geometri

➤ Demikian selanjutnya sampai diperoleh penyebaran titik kontrol yang banyak dan merata.

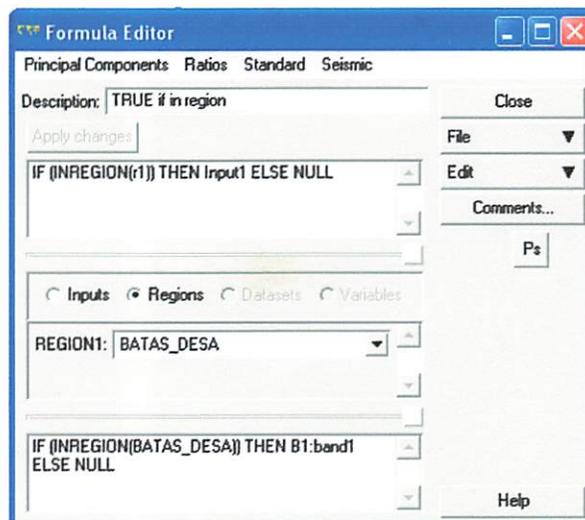
5. Proses rektifikasi dilakukan pada saat pelaksanaan koreksi geometri dengan menampilkan titik-titik kontrol yang banyak dan merata pada obyek dipermukaan bumi.

III.3.1.7. Cropping Citra Landsat ETM

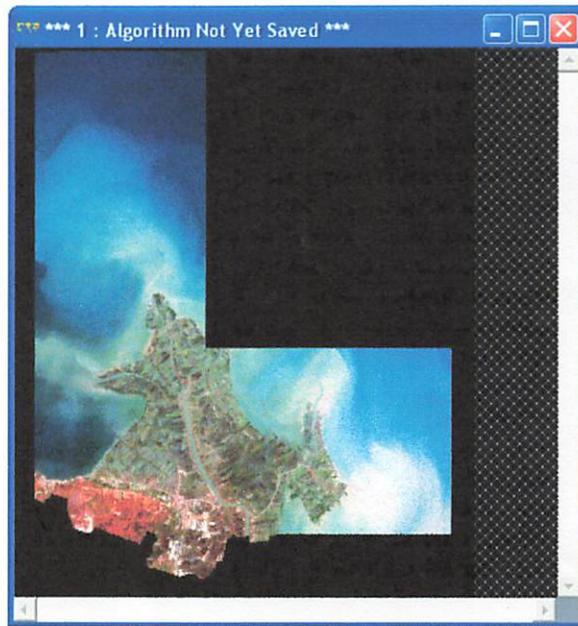
Untuk dapat melakukan pekerjaan *cropping* Citra Landsat ETM sesuai dengan daerah penelitian, maka terlebih dahulu antra Citra Landsat ETM yang terkoreksi dengan peta digital harus *dioverlaykan*. Langkah pekerjaannya adalah sebagai berikut :

1. Tampilkan citra melalui "View Algorithm" lalu pilih file yang berekstension "*.ers" misal "Citra_2002kor.ers/ Citra_1997kor.ers" (file ini masih terdiri dari 6 *band*) lalu klik "Edit" → "Info" ganti sistem koordinat lokal dengan sistem koordinat UTM dan zone 49 S serta datum menggunakan WGS 84 lalu klik "Ok".
2. Open "Edit" pada box menu "View Algorithm" → "Add Vector Layer" → "Annotation" → "Load Dataset" pilih file yang berekstensi "*.erv" misal "Coba.erv" kemudian klik "Edit" → "Info" ganti sistem koordinat seperti diatas dan klik "Ok" untuk menyimpan hasil perubahan.

3. Setelah Citra terkoreksi yang terdiri dari 6 *band* overlay dengan peta dgita, kemudian klik “*Edit*” pada menu box “*View Algorithm*” maka akan muncul “*Defaulr surface*” yang didalamnya terdapat “*Pseudo Layer*”, kemudian *copy layer* tersebut menjadi 6 *layer* dan ganti nama “*Pseudo Layer*” dengan nama band mulai band 1 s/d band 5 dan band 7.
4. Sesuaikan band dari citra 6 band dengan band-band yang baru dibuat dari “*Pseudo Layer*”.
5. Setiap penyamaan band masukkan persamaan rumus dengan menekan tombol ”Emc²” lalu klik toolbar “*Standard*” → “*Inside region polygon test*” lalu klik “*Region*” pilih *input* sesuai dengan peta digital yang menjadi batas penelitian. Klik icon “Ps” untuk memotong citra pada band selanjutnya sampai seluruh band terpotong.
6. Untuk menyimpan hasil cropping klik toolbar “*File*” → “*Save as dataset*” masukkan nama file baru, misalnya “*Crop_jadi97.ers*” lalu klik “*Ok*” dan tunggu prosesnya.



Gambar 3.13. Tampilan Menu Formula



Gambar 3.14. Citra Hasil Cropping

III.3.1.8. Proses Klasifikasi

III.3.1.8.1. *Supervised Classification* (Klasifikasi Terbimbing)

Proses klasifikasi dilakukan dengan metode klasifikasi *supervised* (terbimbing). Metode ini digunakan ketika mempunyai pengetahuan yang cukup dari dataset dan pada posisi atau area mana suatu wilayah atau kelas-kelas tersebut berada di lapangan. Klasifikasi *supervised* memerlukan kelas-kelas yang menspesifikasikan wilayah-wilayah yang diinginkan (*Training Sampel*) dengan menggunakan sistem notasi dan menyimpannya dalam *dataset raster*.

Klasifikasi *supervised* kemudian akan mencari semua pixel dengan karakteristik-karakteristik spektral yang sama, sesuai dengan yang telah didefinisikan.

Langkah-langkah pekerjaannya adalah :

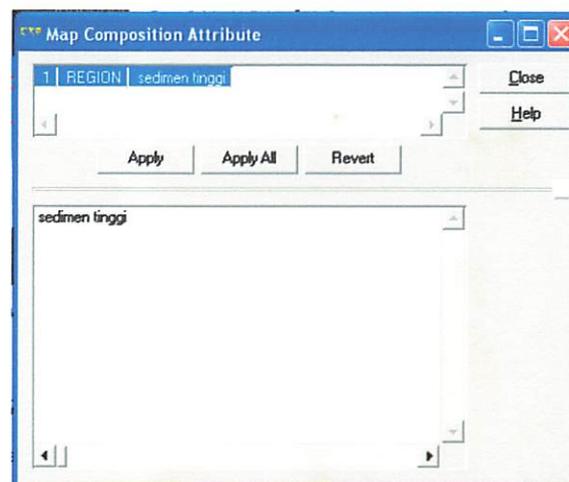
1. Buka file yang akan diklasifikasikan, buat komposit warnanya agar memudahkan dalam membedakan obyek yang akan dikelaskan. Komposit yang umum digunakan adalah RGB 432.
2. Kemudian dari menu bars pilih "Edit" → "Edit/Creat Regions...", maka akan muncul kotak "New Map Composition", kemudian klik "Ok".

3. Kemudian akan muncul kotak “Tools”, pada kotak “Algorithm” akan muncul “Region Layer (Outline)”.



Gambar 3.15. Tampilan New Map Composition

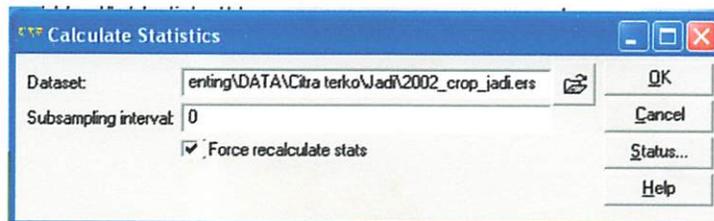
4. Dari kotak *tools* ini buat poligon *training area* yang mewakili obyek-obyek yang akan kita kelaskan. Klik icon “Region Layer” untuk memulai pengambilan poligon *training area*.
5. Buat poligon dengan mengklik kiri untuk memulai poligon dan seterusnya lalu diakhiri dengan mengklik kiri dua kali, maka poligon akan menutup. Misalnya kelas pertama adalah vegetasi rendah, maka buat poligon pada daerah vegetasi rendah. Kemudian klik icon “ABC” akan muncul kotak “Map Composition Attribute”.



Gambar 3.16. Tampilan Kotak Map Composition Attribute

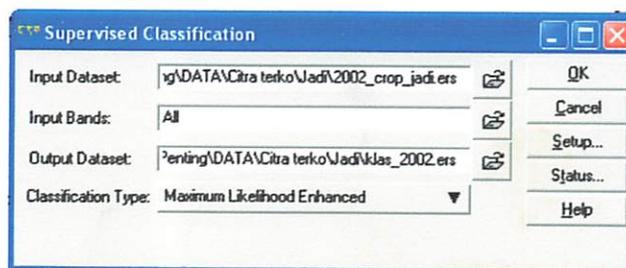
6. Ketikkan nama kelasnya, misal : sedimen tinggi, kemudian klik “Apply”.

7. Setelah itu *save region* ke dalam *file*. Akan muncul *message* yang menandakan poligon tersebut telah tersimpan dalam file.
8. Lakukan proses yang sama untuk obyek-obyek yang lain. Setelah semua obyek terwakili melalui poligon training area, kemudian klik “Close” pada kotak “Tools”. Kemudian pada *menubars* pilih “Process” → “Calculate Statistic...” dan akan muncul kotak dialog baru.



Gambar 3.17. Tampilan Calculate Statistic

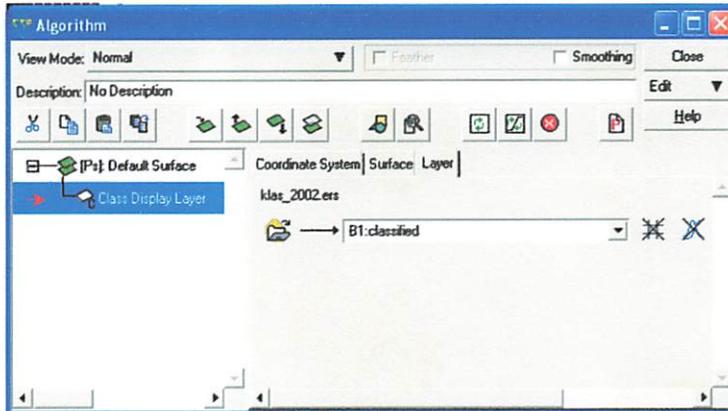
9. Klik “Load Dataset” pada “Dataset”, kemudian pilih file tadi yang telah kita training area.
10. Isikan nilai 1 pada “Subsampling Interval”, kemudian pada kotak “Force Recalculate Stats” klik sehingga seperti pada gambar 3.17. kemudian klik “Ok”.
11. Pada *menu bars* pilih “Process” → “Classification” → “Supervised Classification”.



Gambar 3.18. Tampilan Box Supervised

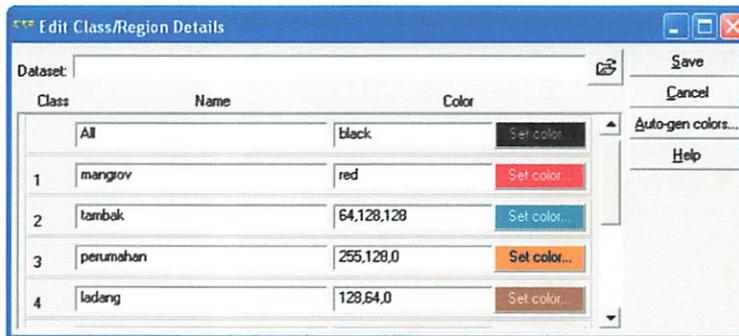
12. Klik “Load Dataset” pada “Input Dataset”. Pilih file yang telah di Calculate Statistic.
13. “Input band” pilih “all” karena hanya terdapat satu *band* saja (*Pseudo Layer*).
14. “Output Dataset” biasanya sudah memberi nama secara otomatis dengan menambahkan akhiran “*klass _*” pada nama file input. Kemudian klik “Ok”.

15. Untuk menampilkan hasil klasifikasi, klik “load dataset” atau dari menu bars klik “View” → “Algorithm...”.
16. Kemudian ubah “Pseudo Layer” dengan mengklik kanan menjadi “Class Display Layer”.



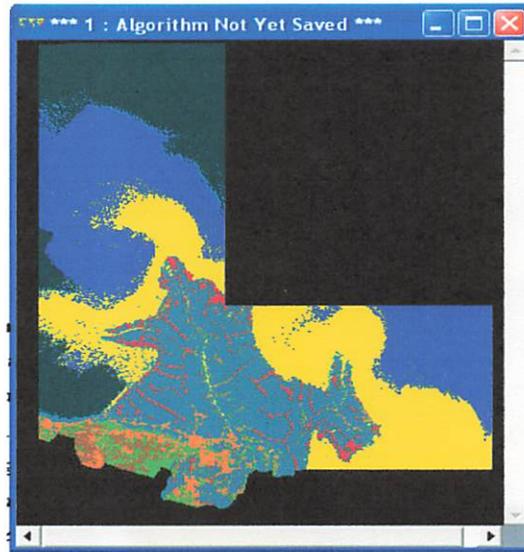
Gambar 3.19. Tampilan Class Display Layer pada Box Algorithm

17. Akan muncul kotak image berwarna putih, karena kelas-kelas tersebut belum diberi warna.
18. Untuk memberi warna, pada menu bars pilih “Edit” → “Edit Class/Region Color and Name...”.



Gambar 3.20. Tampilan Kotak Edit Class/Region Details

19. Ganti warna dengan mengklik “Set Color” sesuai dengan warna yang diinginkan. Kemudian “Save” lalu “Cancel” untuk menutup kotak.
20. Klik “Load Dataset” kembali pada file yang sama pada kotak “Algorithm”.

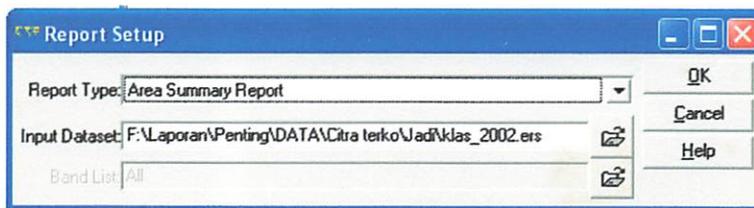


Gambar 3.21. Citra Hasil Klasifikasi Terbimbing

III.3.1.9. Menghitung Luasan dari Setiap Kelas

Setelah pemrosesan klasifikasi tingkat kekeruhan air menjadi 8 kelas, maka dilakukan proses perhitungan luasan dari masing-masing kelas tersebut. Langkah-langkah pekerjaannya adalah :

1. File yang berisikan kelas-kelas kekeruhan air yang akan dihitung luasnya, klik “*Calculate Statistic*” terlebih dahulu. Dari *menu bars* pilih “*View*” → “*Statistic*” → “*Area Summary Report*”.



Gambar 3.22. Tampilan Proses Menghitung Luasan

2. Kemudian pilih *file* yang akan dihitung luasnya, lalu klik “*Ok*”. Maka akan muncul luasan pada setiap kelas dalam satuan hektar, kilometer, persegi, area dan mil persegi.

III.3.1.10. Overlay

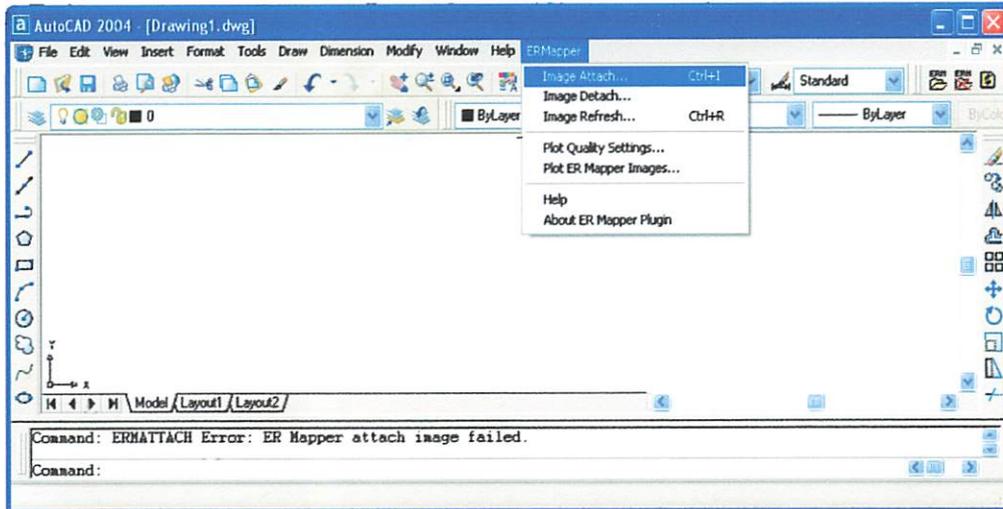
III.3.1.10.1. Digitasi On Screen

Dalam tahap ini dilakukan proses merubah data dari hasil pengolahan citra digital kedalam data *vektor*, yaitu dengan melakukan digitasi. Semua proses dalam

tahapan ini menggunakan software Autocad 2004 dan Acad Plug in ER Mapper 6.4., sehingga data raster format di ER Mapper 6.4. hasil pengolahan citra bisa langsung dibaca.

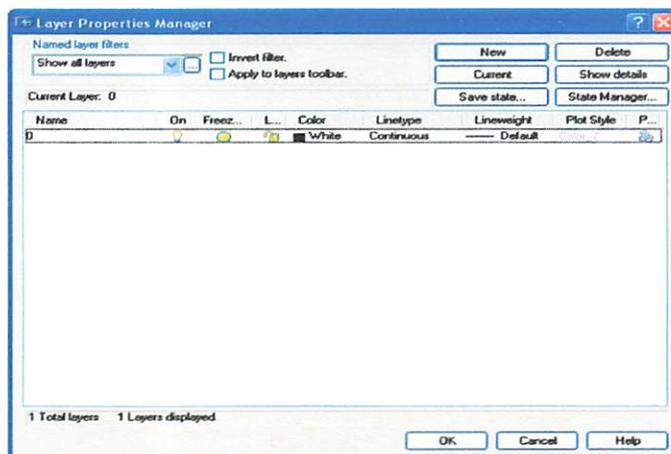
Langkah – langkah yang dilakukan :

1. Klik “File” → “New” untuk membuat lembar kerja baru.
2. Kemudian dari menu bars pilih “ERMapper” → “Image Attach”, pilih file yang akan digitasi misal :”2002_crop.ers”.



Gambar 3.23. Tampilan menu autocad

3. Kemudian membuat layer baru untuk masing–masing unsur yang akan digitasi . Klik “Layer Properties Manager” → pilih menu “New”(beri nama, sesuai dengan unsur yang akan digitasi) → Ok.



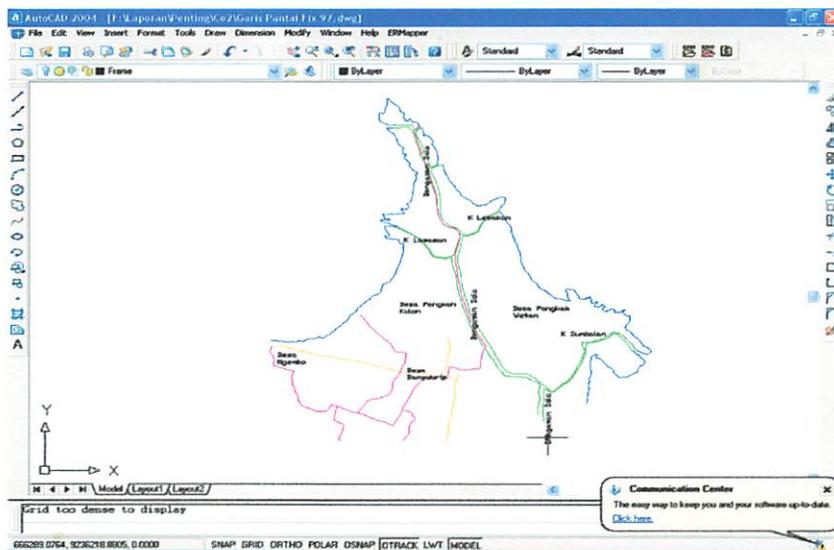
Gambar 3.24. Tampilan Layer Properties Manager

4. Memulai melakukan digitasi, klik kanan pilih “Zoom” → “Zoom Window” untuk melihat lebih jelas area yang akan didigitasi .
5. Selanjutnya Klik “Draw” → “Polyline” untuk memulai langkah digitasi.
6. Setelah proses digitasi selesai simpan file hasil digitasi pilih “File” → “Save AS”.

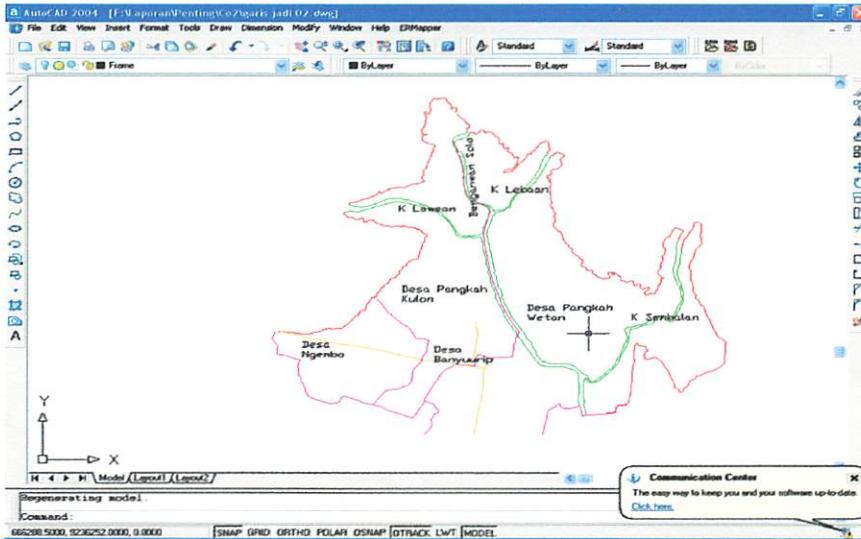
III.3.1.10.2. Penyajian Peta Garis Pantai.

Hasil akhir berupa final/ plotting akhir dari peta perubahan garis pantai antara tahun 1997 sampai tahun 2002 adalah sebagai berikut :

1. Buka file satu persatu hasil digitasi garis pantai tahun 1997 dan tahun 2002 pada program Autocad 2004.

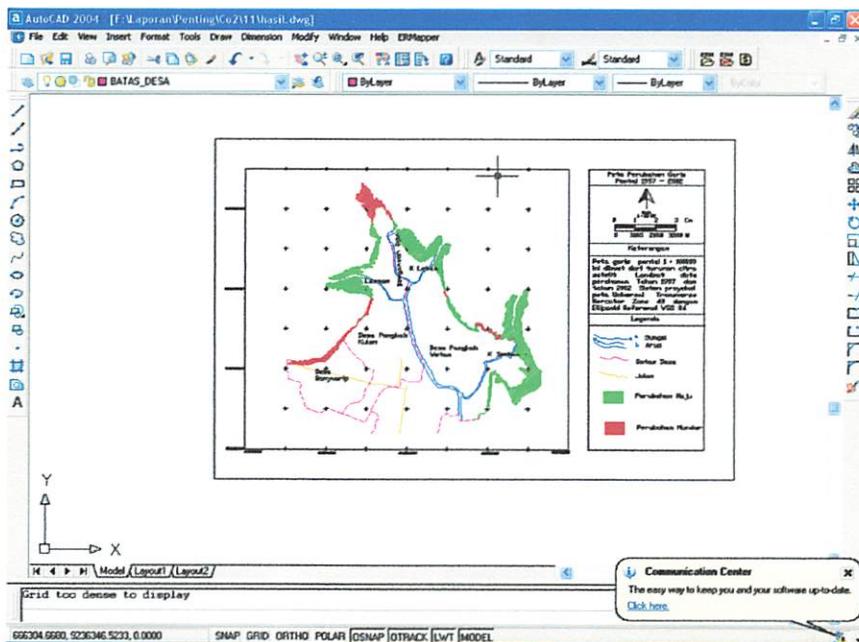


Gambar 3.25. Tampilan Garis Pantai Tahun 1997



Gambar 3.26. Tampilan Garis Pantai Tahun 2002

2. Copy semua file peta garis pantai tahun 2002.
3. Hasil peta garis pantai 2002 overlaykan dengan peta garis pantai tahun 1997 dengan menekan klik kanan "Paste to Original Coordinates".



Gambar 3.27. Tampilan Overlay Garis Pantai Tahun 1997 dan Tahun 2002

4. Untuk menghitung perubahan garis pantai ketik “*Command : Area*” → muncul “*Specify first corner point or [Object/Add/Subtract]:pilih A*”
5. Klik daerah yang akan dihitung sampai selesai, setelah selesai akan “*Enter*” → akan muncul total area.

III.3.2. Proses Pengambilan Sampel dan Analisa Data

III.3.2.1. Proses Pengambilan Sampel

Dalam penelitian ini *sampel* diambil secara langsung dari lokasi penelitian. Titik *sampel* untuk perairan diambil dengan dasar dari hasil citra komposit. Dari hasil citra komposit di dapatkan bahwa warna putih adalah konsentrasi sedimen (www.balitbang-das.or.id), dengan dasar itu lah diambil sampel, untuk konsentrasi *suspended load* sedimen. Dari masing-masing muara diambil 5 sampel dan sungai 2 *sampel*, dengan dasar pengambilan *sampel* warna pada citra Landsat yang berbeda.

Setelah didapat *sampel* yang berupa air dengan tingkat kekeruhan berbeda-beda, langkah selanjutnya adalah menganalisis *sampel* tersebut di laboratorium mekanika tanah teknik sipil. Hasil konsentrasi *suspended load* didapatkan untuk masing-masing sampel yang mewakili kekeruhan pada masing-masing posisi titik *sampel* (mg/liter).

III.3.2.2. Analisa Data

$$\text{Konsentrasi } \textit{suspended load} \text{ (mg/l)} = \frac{\text{Berat Bahan (gr)}}{\text{Volume air (lt)}} \times 100 \dots\dots\dots (3-1)$$

$$\text{Berat bahan} = (\text{Berat Cawan} + \text{Bahan}) - \text{Berat Cawan} \dots\dots\dots (3-2)$$

$$\text{Volume air (lt)} = \frac{\text{Berat air}}{\text{Berat jenis air}} \dots\dots\dots (3-3)$$

$$\text{Berat air} = (\text{Berat cawan} + \text{berat air } \textit{sampel}) - \text{berat cawan} \dots\dots\dots (3-4)$$

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

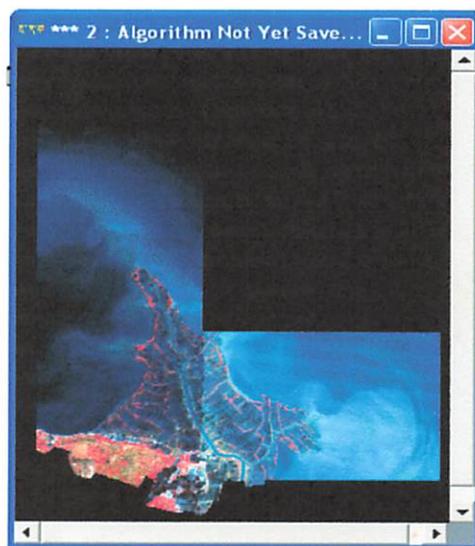
IV.1. Proses Pengolahan Citra

Proses pengolahan citra bertujuan untuk memperbaiki kualitas citra sehingga menghasilkan citra siap dipakai untuk *proses ekstras informasi*. Tahapan pengolahan citra ini meliputi pembuatan citra komposit dan penajaman citra serta koreksi geometri interpretasi visual citra.

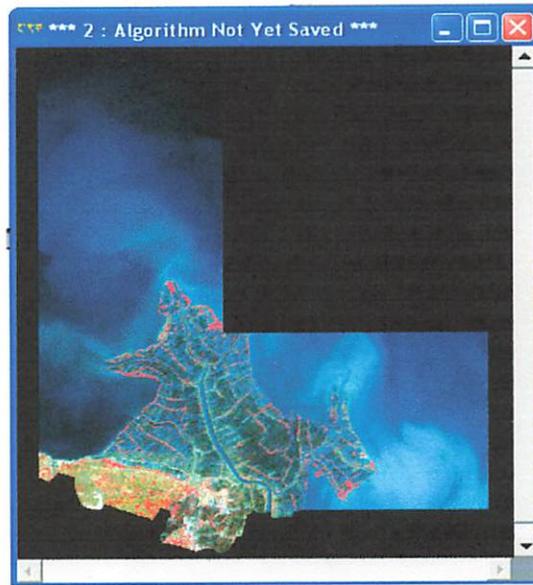
IV.1.1. Citra Komposit dan Penajaman Citra

Pembuatan citra komposit bertujuan untuk menonjolkan kenampakan-kenampakan pada citra sehingga mempermudah dilakukannya proses interpretasi visual citra untuk unsur-unsur yang akan digunakan pada proses koreksi geometri.

Pada penelitian ini komposit warna yang digunakan adalah citra komposit 432 (RGB). Pada citra komposit 432 yang merupakan kombinasi dengan saluran infamerah dekat, merah dan hijau sehingga citra yang dihasilkan adalah suatu citra yang memiliki kenampakan seperti pada warna aslinya yang menonjolkan unsur-unsur sedimentasi (*Naturale Color*) dengan rona yang lebih cerah yang berfungsi untuk menunjukkan unsur sedimentasi berada pada puncak pantulan spektralnya dan *delineasi* tubuh air. Hasil komposit dapat dilihat pada gambar 4.1. dan 4.2.



Gambar 4.1. Citra Landsat Kecamatan Ujung Pangkah Tahun Pemotretan 1997 dengan Kombinasi Band 432



Gambar 4.2. Citra Landsat Kecamatan Ujung Pangkah Tahun Pemotretan 2002 dengan Kombinasi Band 432

IV.1.2. Koreksi Geometri

Pekerjaan koreksi geometri bertujuan untuk menghilangkan kesalahan-kesalahan yang diakibatkan oleh rotasi bumi, penyimpangan sensor, wahana dan obyek yang direkam. Pada penelitian ini koreksi geometri dilakukan dengan mengkoreksi antara data citra dengan data *vektor* digital yang mempunyai ellipsoid WGS 84 dan proyeksi peta UTM (*Universal Transversal Mercator*).

Pada penelitian ini menggunakan 25 titik kontrol lapangan (*Ground Control Point/ GCP*) dengan memanfaatkan kenampakan-kenampakan yang sama pada citra maupun pada data vector dan 21 titik kontrol lapangan (*Ground Control Point/ GCP*) dengan memanfaatkan kenampakan-kenampakan pola yang sama pada citra tahun 1997 dengan tahun 2002, karena citra yang digunakan dalam penelitian ini adalah citra Landsat ETM7+ yang memiliki resolusi spasial 30 meter, maka ketelitian GCPs yang diharapkan sesuai dengan resolusi citra tersebut yaitu 30 meter. Data selengkapnya mengenai *Ground Control Point* (GCPs) dapat dilihat pada gambar 4.3. dan 4.4.

ID	Status	Action	X (m)	Y (m)	X (UTM)	Y (UTM)	X Error (m)	Y Error (m)
8	On	Edit	486.66	597.76	676226.88E	9236384.59N	0.00	0.61
9	On	Edit	480.39	597.76	676017.88E	9236365.59N	0.00	0.32
10	On	Edit	410.68	640.71	673870.91E	9235054.60N	0.00	0.54
11	On	Edit	317.52	486.43	671096.94E	9239709.55N	0.00	0.31
12	On	Edit	333.70	378.40	671609.93E	9242996.51N	0.00	0.41
13	On	Edit	341.32	593.28	671802.21E	9236478.41N	0.00	0.43
14	On	Edit	369.66	590.64	672642.44E	9236573.17N	0.00	0.47
15	On	Edit	340.59	624.39	671776.71E	9235538.54N	0.00	0.65
16	On	Edit	372.92	628.38	672740.77E	9235412.29N	0.00	0.13
17	On	Edit	434.38	686.65	674588.56E	9233644.85N	0.00	0.56
18	On	Edit	444.76	718.98	674886.96E	9232692.26N	0.00	0.67
19	On	Edit	449.55	752.10	675036.16E	9231670.82N	0.00	0.15
20	On	Edit	499.84	784.03	676562.58E	9230718.23N	0.00	0.09
21	On	Edit	512.61	930.91	676918.37E	9226242.24N	0.00	0.44
23	On	Edit	267.15	537.78	669550.19E	9238143.79N	0.00	0.07
23	On	Edit	294.29	493.08	670388.01E	9239521.02N	0.00	0.36
24	On	Edit	291.50	433.21	670319.15E	9241322.90N	0.00	0.25
25	On	Edit	292.70	380.92	670353.58E	9242918.19N	0.00	0.44

Gambar 4.3. Tabel *Ground Control Point* untuk Koreksi geometri Citra dengan Data Vektor

Berdasarkan tabel *ground control point* untuk koreksi geometri citra dengan data vektor (gambar 4.3.) mempunyai kesalahan akar pangkat rata-rata/ *Root Mean Square* (RMS). Dengan *RMS Error* Terendah sebesar 0.07 dan *RMS Error* tertinggi sebesar 0.67, dengan ukuran piksel 30 meter.

Sehingga :

$$\text{RMS Error Rata-rata} = \frac{\text{RMS Error Terkecil} + \text{RMS Error Tertinggi}}{2} \dots\dots\dots (4-1)$$

$$= \frac{0.07 + 0.67}{2}$$

$$= 0.37$$

$$\text{RMS Error Citra} = \text{RMS error rata-rata} \times 30 \text{ meter}$$

$$= 0.37 \times 30 \text{ meter}$$

$$= 11.1 \text{ meter}$$

ID	Status	Action	Easting	Northing	UTM Easting	UTM Northing	RMS Error	
4	On	Edit	244.06	283.44	672236.56E	9240230.21N	0.00	0.30
5	On	Edit	230.21	309.26	671789.62E	9239559.80N	0.00	0.53
6	On	Edit	159.67	272.11	669517.67E	9240919.24N	0.00	0.45
7	On	Edit	147.71	362.17	669070.73E	9238405.20N	0.00	0.21
8	On	Edit	94.18	413.18	667282.96E	9237176.12N	0.00	0.55
9	On	Edit	192.42	433.96	670467.42E	9236170.50N	0.00	0.60
10	On	Edit	281.85	452.22	673335.29E	9235276.62N	0.00	0.28
11	On	Edit	243.43	376.02	672143.44E	9237623.06N	0.00	0.67
12	On	Edit	286.26	246.29	673633.25E	9241105.47N	0.00	0.32
13	On	Edit	303.26	318.71	674136.05E	9238963.88N	0.00	0.33
14	On	Edit	391.43	365.94	676948.06E	9237250.61N	0.00	0.27
15	On	Edit	372.54	415.07	676296.27E	9235928.41N	0.00	0.58
16	On	Edit	327.82	471.75	674806.47E	9234531.72N	0.00	0.33
17	On	Edit	366.24	501.35	676016.93E	9233526.10N	0.00	0.09
18	On	Edit	332.86	566.84	674880.96E	9231812.83N	0.00	0.03
19	On	Edit	395.84	624.78	676854.94E	9229913.33N	0.00	0.58
20	On	Edit	412.84	670.12	677376.38E	9228553.88N	0.00	0.41
21	On	Edit	444.33	724.29	678344.75E	9226859.23N	0.00	0.56

Gambar 4.4. Tabel *Ground Control Point* untuk Koreksi geometri Citra dengan Citra

Berdasarkan tabel *ground control point* untuk koreksi geometri citra dengan citra (gambar 4.4.) mempunyai kesalahan akar pangkat rata-rata/ *Root Mean Square* (RMS). Dengan RMS *Error* Terendah sebesar 0.03 dan RMS *Error* tertinggi sebesar 0.67, dengan ukuran piksel 30 meter.

Sehingga :

$$\begin{aligned} \text{RMS Error Rata-rata} &= \frac{\text{RMS Error Terkecil} + \text{RMS Error Tertinggi}}{2} \\ &= \frac{0.03 + 0.67}{2} \\ &= 0.35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{RMS Error Citra} &= \text{RMS error rata-rata} \times 30 \text{ meter} \\ &= 0.35 \times 30 \text{ meter} \\ &= 10.5 \text{ meter} \end{aligned}$$

Penyebab terjadinya kesalahan untuk koreksi geometrik adalah nilai dari *Root Mean Square* yang diakibatkan karena beberapa hal, antara lain :

1. Faktor Manusia

Kesalahan yang ditimbulkan oleh manusia dalam melaksanakan koreksi geometrik dapat berupa kesalahan dalam pengidentifikasian obyek yang

dijadikan sebagai patokan dalam pembuatan Titik Sekutu, selain itu juga pada saat penentuan titik sekutu yang kurang tepat sehingga akan menghasilkan nilai RMS (*Root Mean Square*) yang besar. Dalam hal ini pekerjaan interpretasi peta dan citra betul-betul harus diperhatikan, karena sangat berhubungan dalam penentuan titik sekutu.

2. Metode yang Digunakan

Nilai kesalahan (*RMS Error*) juga akan semakin besar jika dalam pelaksanaan koreksi geometrik metode yang digunakan tidak sesuai dengan bentuk kesalahan geometrik yang ada pada citra Landsat 7 ETM. Dimana jika dilakukan penggunaan metode yang tepat akan menghasilkan nilai RMS yang kecil dan hasil koreksi yang teliti.

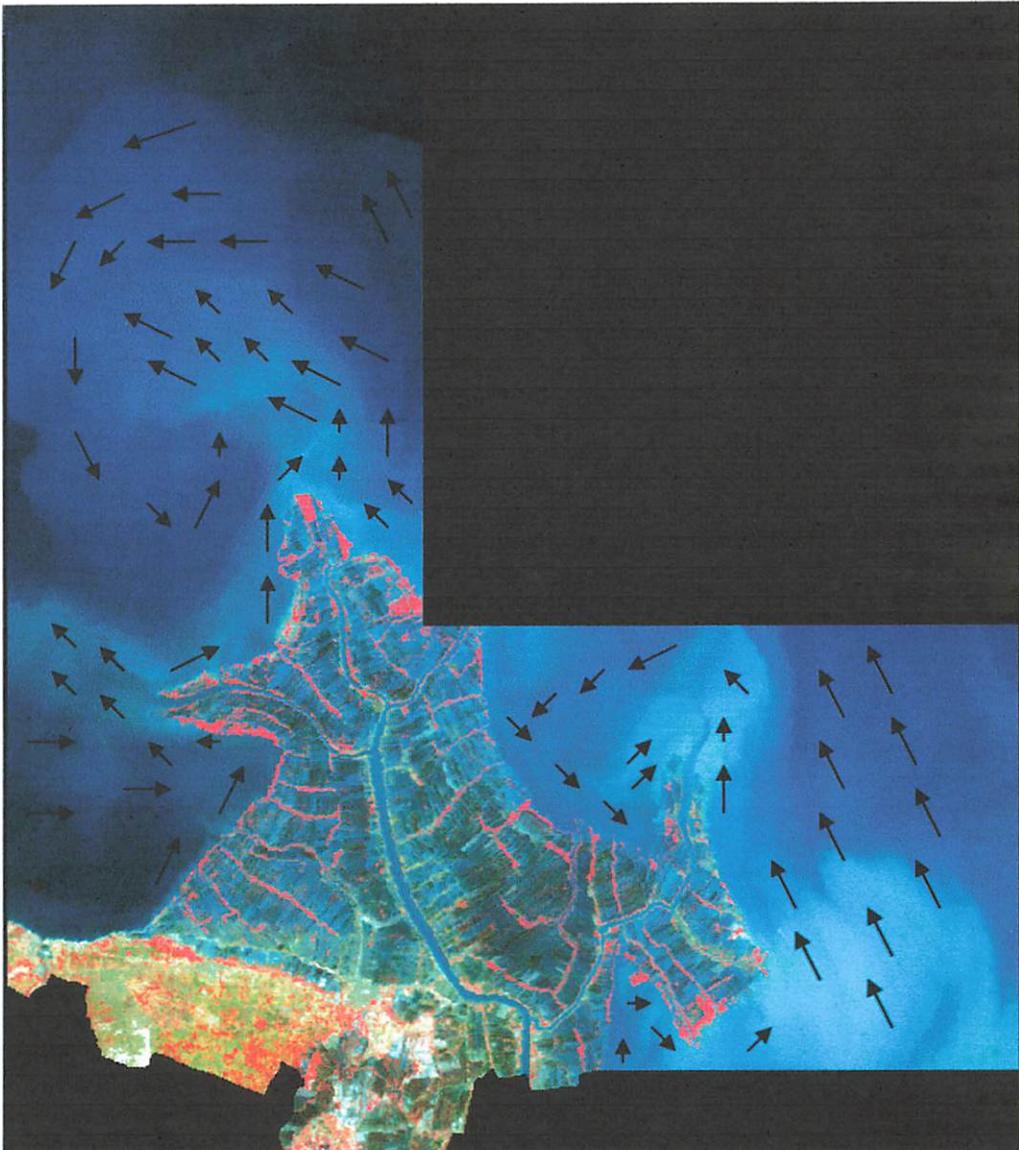
3. Distribusi Titik Sekutu yang Kurang Baik

Penentuan Titik Sekutu diusahakan merata pada seluruh daerah citra Landsat 7 ETM, sehingga kesalahan geometrik dapat terkoreksi keseluruhan serta seimbang.

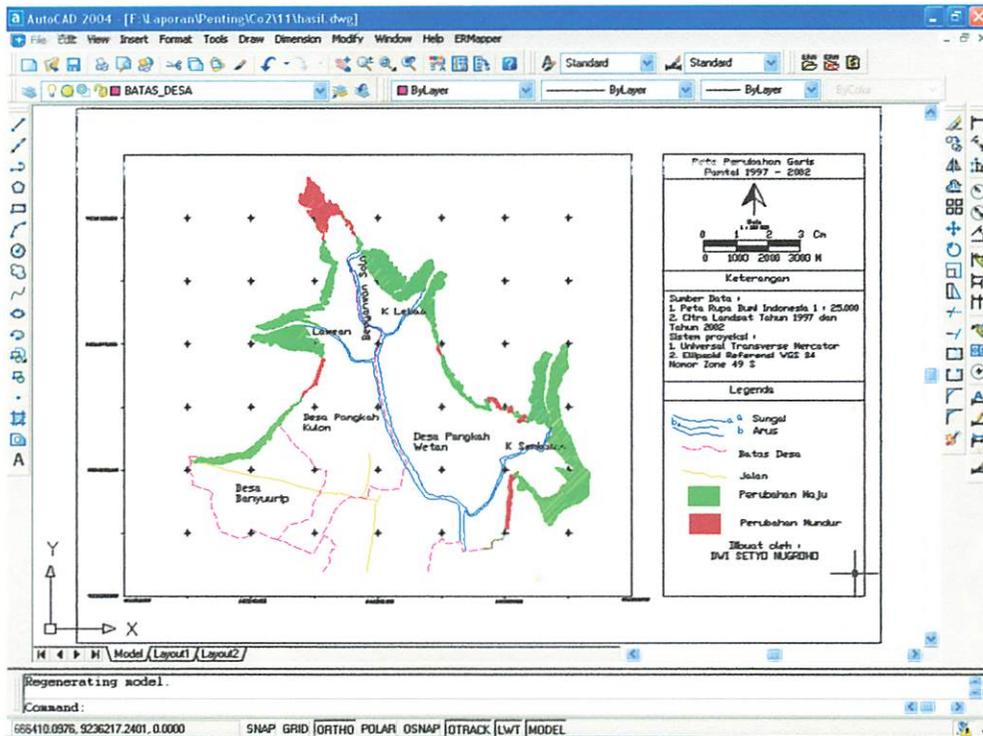
Jadi besarnya nilai kesalahan (*RMS Error*) untuk koreksi geometrik pada citra dan *data vektor* adalah 11.1 meter dan koreksi geometri pada citra dengan citra adalah 10.8 meter. Jadi kedua koreksi geometri masuk dalam toleransi yang diijinkan yaitu 2 piksel atau 60 meter.

IV.1.2.1. Perubahan Garis pantai

Perubahan garis pantai yang terjadi di Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik salah satu faktor penyebabnya adalah dari pola arus. Untuk menampilkan perubahan garis pantai prosesnya seperti : penyamaan sistem koordinat pada ciura dengan peta dan citra dengan citra, maka dengan menggunakan langkah-langkah *overlay* secara otomatis akan terlihat perubahan yang terjadi antara citra tahun 1997 dan tahun 2002. Pola arah arus , hasil *overlay* dan tabel perubahan garis pantai dapat dilihat pada gambar 4.5., gambar 4.6. dan tabel 4.1.



Gambar 4.5. Pola Arah Arus yang Terjadi Pada Tahun 2002



Gambar 4.6. Perubahan Garis Pantai Tahun 1997 dengan Tahun 2002

Tabel 4.1. Perubahan garis pantai Kecamatan Ujung Pangkah tahun 1997 sampai tahun 2002

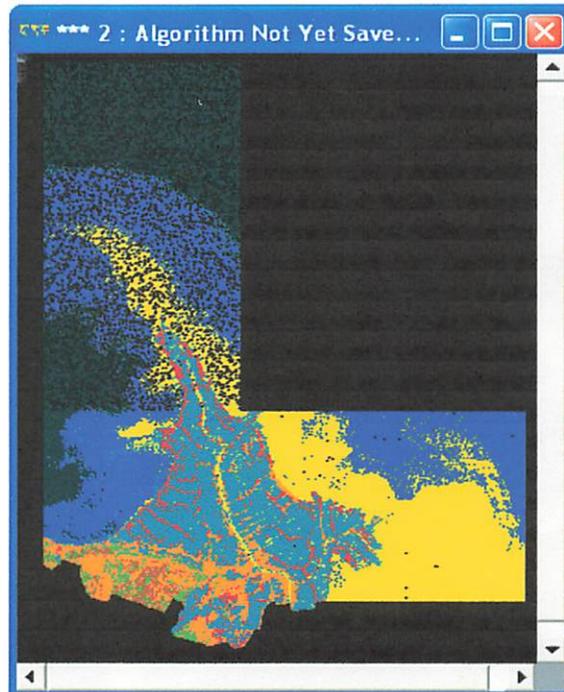
No	Nama Desa	Pertambahan Area (H)	Penyusutan Area (H)
1	Banyu Urip		164.2367292
2	Pangkah Kulon	141.7994224	205.0742343
3	Pangkah Wetan	714.2207676	26.43654611
	Jumlah	856.02019	395.74750961

Dari gambar (4.5.), gambar (4.6.) dan tabel (4.1.) diatas dapat diketahui perubahan garis pantai diduga dipengaruhi oleh pola arah arus dan muara sungai sebagai sumber sedimen (dari Kali Lawean, Kali Lebakan, Sungai Bengawan Solo, Kali Sumbalan). Disamping itu pola arah arus juga mempengaruhi pola pengangkutan dan pola penyebaran sedimentasi. Dari tabel diatas perubahan yang terjadi pada garis pantai di Kecamatan Ujung Pangkah dari tahun 1997 ke tahun 2002 terjadi pertambahan area di Desa Pangkah Kulon sebesar 141.7994224 Ha, Desa Pangkah Wetan sebesar 714.2207676 Ha sehingga total pertambahan area sebesar 856.02019 Ha dan terjadi penyusutan area di Desa Banyu Urip sebesar

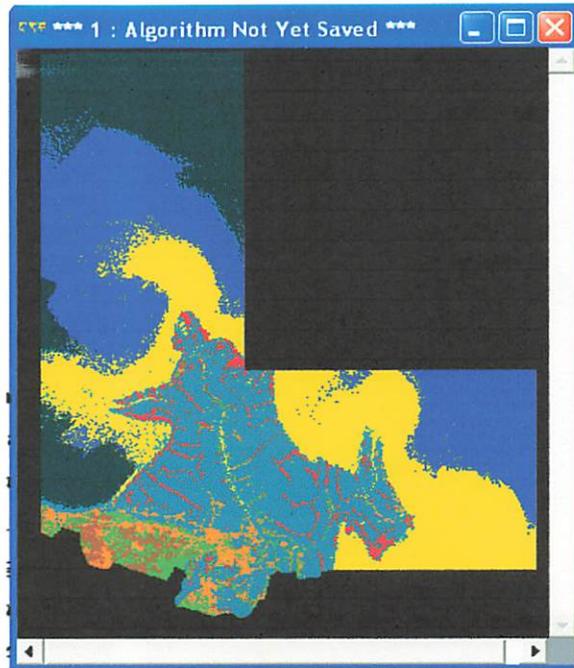
164.2367292 Ha, Desa Pangkah Kulon sebesar 205.0742343 Ha, Desa Pangkah Wetan sebesar 26.43654611 Ha sehingga total penyusutan area sebesar 395.74750961 Ha.

IV.1.3. Citra Hasil Klasifikasi

Klasifikasi terbimbing dilakukan dalam penelitian ini menggunakan metode *maximum likelihood*, karena metode ini adalah metode yang paling optimal dibandingkan dengan metode-metode lainnya. Hal ini disebabkan metode *maximum likelihood* dapat mengatasi yang tidak dapat diselesaikan secara teliti oleh metode-metode lainnya. Suatu *pixel* akan masuk menjadi suatu anggota klas yang paling mungkin berdasarkan ketetapan atau kaidah Bayesian. Prinsip pada kaidah Bayesian antara lain adalah *pixel* yang memiliki peluang maksimum suatu klas ditetapkan sebagai anggota klas yang baru, *pixel* yang mungkin dapat masuk ke dalam beberapa klas maka dimasukkan ke dalam klas *overlap* dan *pixel* yang tidak berada dalam jangkauan *probabilitas* seluruh klas yang ada, maka dimasukkan ke dalam klas null. Hasil klasifikasi memiliki kualitas yang baik jika, tidak terlalu banyak klas null-nya. Hasil klasifikasi citra dapat dilihat pada gambar 4.7. dan gambar 4.8.



Gambar 4.7. Citra Landsat ETM7+ Tahun 1997 Hasil Klasifikasi



Gambar 4.8. Citra Landsat ETM7+ Tahun 2002 Hasil Klasifikasi

IV.1.4. Analisa Luasan dari Setiap Kelas

Untuk memperoleh luasan dari setiap kelas, maka file yang berisikan kelas-kelas dilakukan “*Calculate Statistic*” terlebih dahulu. Kemudian dari menubars pilih “*View*” → “*Statistic*” → “*Area Summary Report*” maka secara otomatis diperoleh luasan tiap kelas, dimana terdiri dari kelas Sedimen tinggi ; kelas sedimen rendah; dan kelas laut dalam. Hasil luasan tiap kelas dapat dilihat pada tabel 4.2. dan 4.3.

Tabel 4.2. Data Nilai Luasan Tiap Kelas untuk Citra Tahun 1997

Class/Region	Hectares	Sq. Km	Acres	Sq. Miles
1. Sedimen Tinggi	5714.64	57.147	14121.184	21.151
2. Sedimen Rendah	6771.600	67.716	16732.989	26.145
3. Laut Dalam	5152.680	51.527	12732.551	19.895
Jumlah	17638.92	176.39	43586.72	67.191

Tabel 4.3. Data Nilai Luasan Tiap Kelas untuk Citra Tahun 2002

Class/Region	Hectares	Sq. Km	Acres	Sq. Miles
1. Sedimen Tinggi	6196.860	61.969	15312.776	23.926
2. Sedimen Rendah	6360.480	63.605	15717.090	24.558
3. Laut Dalam	4245.030	42.450	10489.698	16.390
Jumlah	16802.37	168.024	41519.56	64.874

Dari tabel diatas dapat dihitung perubahan yang terjadi, dengan perhitungan sebagai berikut :

1. Perubahan sedimen tinggi = sedimen tinggi tahun 2002 – sedimen tinggi tahun 1997 (4-2)

$$= 6196.860 - 5714.64$$

$$= 482.220 \text{ hektar} = 4822200 \text{ m}$$

$$= \frac{4822200}{900}$$

$$= 5358 \text{ piksel}$$
2. Perubahan sedimen rendah = sedimen rendah tahun 2002 – sedimen rendah tahun 1997 (4-3)

$$= 6360.480 - 6771.600$$

$$= - 411.12 \text{ hektar} = 4111200 \text{ m}$$

$$= \frac{4111200}{900}$$

$$= 4568 \text{ piksel}$$
3. Perubahan laut dalam = laut dalam tahun 2002 – laut dalam tahun 1997 (4-4)

$$= 4245.030 - 5152.680$$

$$= - 907.650 \text{ hektar} = 9076500 \text{ m}$$

$$= \frac{9076500}{900}$$

$$= 10085 \text{ piksel}$$

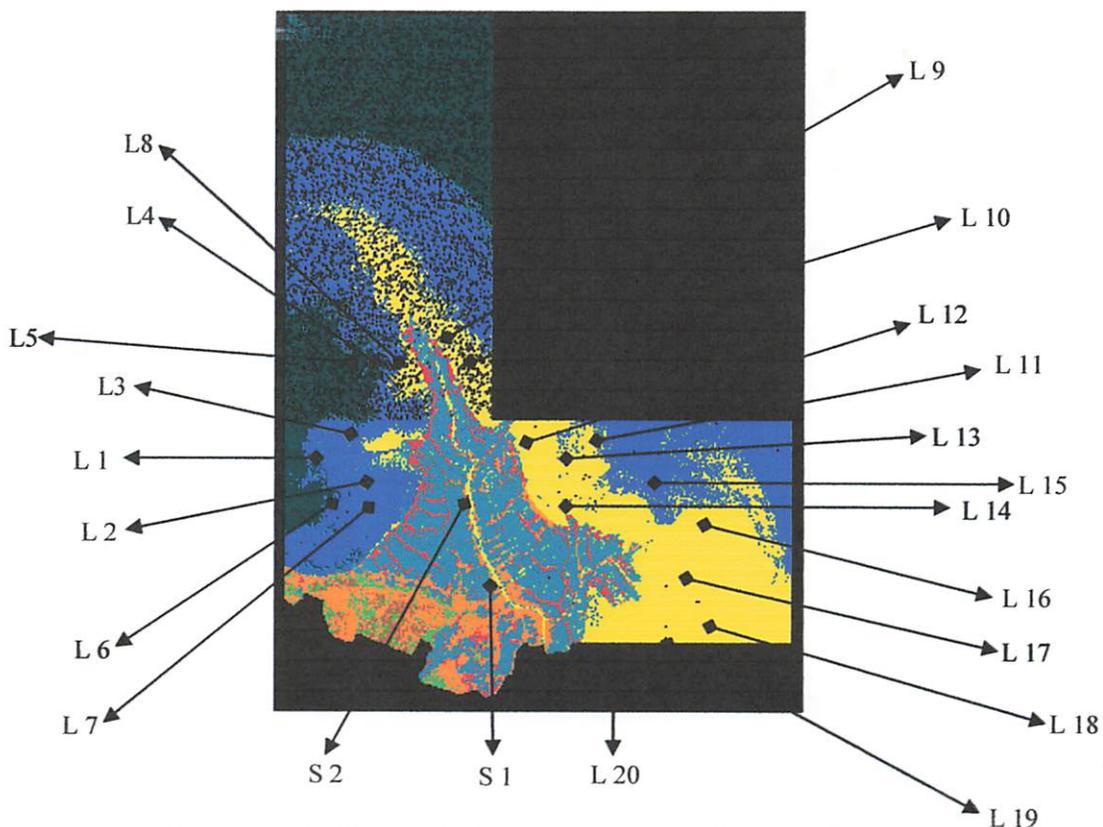
keterangan :

nilai (-) = berkurang

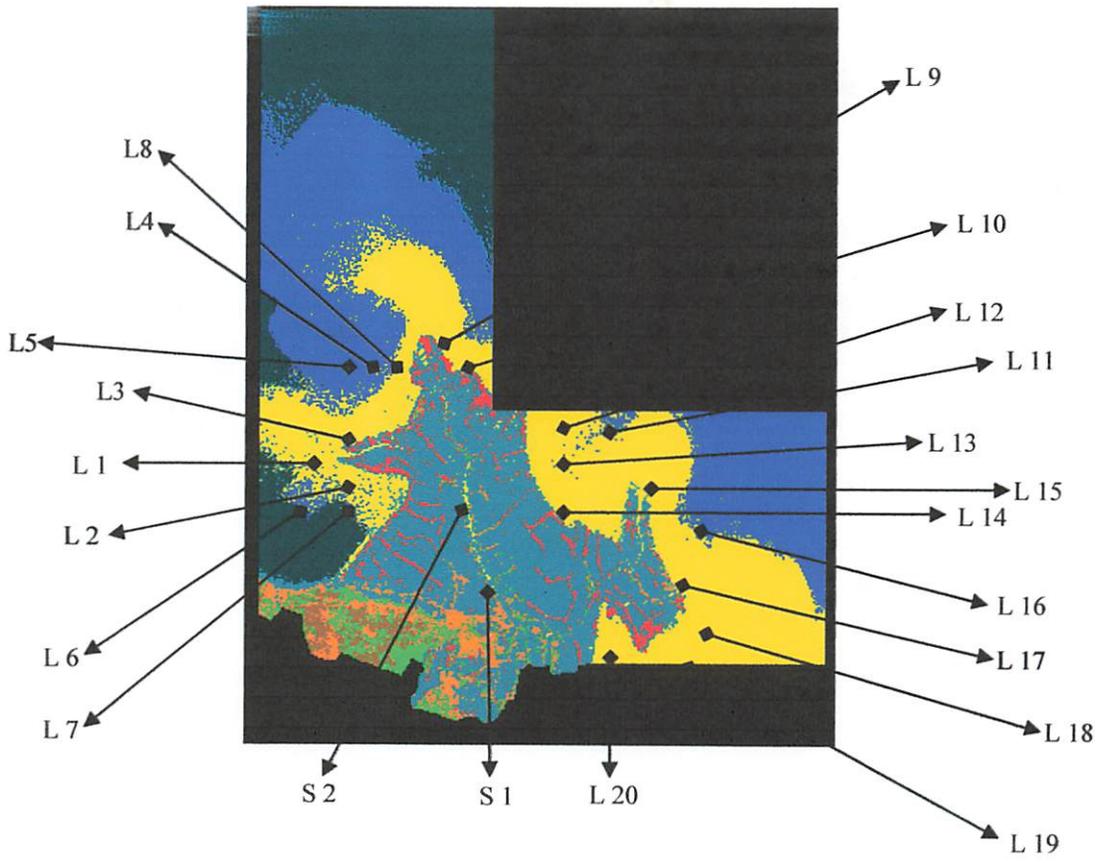
Dari gambar (4.7. dan 4.8.) dan tabel (4.2. dan 4.3.) dapat diketahui dari perbandingan tahun 1997 dan tahun 2002 terjadi *distribusi spasial* konsentrasi sedimen (pertambahan/ pengurangan piksel). Pada pertambahan sedimen tinggi sebesar 482.220 Ha atau 5358 piksel, sedimen rendah mengalami penyusutan sebesar 411.12 Ha atau 4568 piksel dan Laut dalam mengalami penyusutan sebesar 907.650 Ha atau 10085 piksel.

IV.2. Pengecekan Lapangan atau *Verifikasi Lapangan*

Tujuan dari pengecekan lapangan atau *verifikasi lapangan* adalah untuk mendapat kepastian dari hasil proses klasifikasi yang telah dilakukan apakah sudah benar atau masih salah, dalam penelitian ini *verifikasi lapangan* dilakukan pada daerah yang sudah diketahui koordinatnya kemudian dicari untuk diambil sampel air, dan sebaran titik-titik *verifikasi lapangan*nya dapat dilihat pada gambar 4.9. dan 4.10. berikut ini :



Gambar 4.9. Titik Cek Lapangan Citra ETM7+ Tahun 1997



Gambar 4.10. Titik Cek Lapangan Citra ETM7+ Tahun 2002

Data tabel di titik verifikasi lapangan tahun 1997 dan tahun 2002 dapat dilihat dari tabel 4.4. dan 4.5.

Tabel 4.4. Verifikasi lapangan tahun 1997

Titik Cek Lapangan	Koordinat		Hasil Klasifikasi Citra	Data di Lapangan	Ket.
	Easting	Northing			
S 1	672776.85	9236570.09	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
S 2	672042.10	9239402.27	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 1	667469.00	9240583.04	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 2	668466.08	9239710.59	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 3	668543.98	9241097.16	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 4	668846.61	9242953.22	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 5	667675.36	9242891.57	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 6	667105.89	9238748.34	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 7	668523.11	9238728.93	Sedimen Rendah	Laut Dalam	-
L 8	670164.23	9243543.13	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 9	671285.95	9244446.73	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 10	672096.08	9243449.65	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 11	678996.79	9238849.78	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+

Tabel 4.4. Verifikasi lapangan tahun 1997 (lanjutan)

Titik Cek Lapangan	Koordinat		Hasil Klasifikasi Citra	Data di Lapangan	Ket.
	Easting	Northing			
L 12	676668.68	9241343.30	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 13	674915.95	9241673.60	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 14	674557.63	9240598.62	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 15	675585.87	9238993.94	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 16	678000.67	9239679.43	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 17	678951.02	9237093.25	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 18	679761.15	9235878.06	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 19	678592.69	9234460.33	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 20	676832.22	9234849.82	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+

Tabel 4.5. Verifikasi lapangan tahun 2002

Titik Cek Lapangan	Koordinat		Hasil Klasifikasi Citra	Data di Lapangan	Ket.
	Easting	Northing			
S 1	672776.85	9236570.09	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
S 2	672042.10	9239402.27	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 1	667469.00	9240583.04	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 2	668466.08	9239710.59	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 3	668543.98	9241097.16	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 4	668846.61	9242953.22	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 5	667675.36	9242891.57	Sedimen Rendah	Sedimen Rendah	+
L 6	667105.89	9238748.34	Sedimen Rendah	Sedimen Tinggi	-
L 7	668523.11	9238728.93	Sedimen Rendah	Sedimen Tinggi	-
L 8	670164.23	9243543.13	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 9	671285.95	9244446.73	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 10	672096.08	9243449.65	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 11	678996.79	9238849.78	Sedimen Rendah	Sedimen Tinggi	-
L 12	676668.68	9241343.30	Sedimen Rendah	Sedimen Tinggi	-
L 13	674915.95	9241673.60	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 14	674557.63	9240598.62	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 15	675585.87	9238993.94	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 16	678000.67	9239679.43	Sedimen Tinggi	Sedimen Rendah	-
L 17	678951.02	9237093.25	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 18	679761.15	9235878.06	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 19	678592.69	9234460.33	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+
L 20	676832.22	9234849.82	Sedimen Tinggi	Sedimen Tinggi	+

Keterangan tabel (4.4. dan 4.5.) :

+ = nilai kebenaran

- = nilai kesalahan

Berikut adalah tabel data konsentrasi *suspended load* pada masing-masing titik, dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Data Konsentrasi Suspended load pada Masing-masing Titik Sampel

DATA KONSENTRASI SUSPENDED LOAD

Kode	Berat cawan (gr)	Berat cawan + bahan (gr)	Berat bahan (gr)	Berat cawan + air sampel (gr)	Berat air (gr)	Volume air (gr)	Konsentrasi per lt (gr)	Konsentrasi (mg/lt)	Klasifikasi
S 1	224.160	226.340	2.180	404.350	180.190	0.180	12.098	12098.341	Sedimen Tinggi
S 2	196.190	198.780	2.590	335.420	139.230	0.139	18.802	18602.313	Sedimen Tinggi
L 1	234.780	237.420	2.640	406.310	171.530	0.172	15.391	15390.894	Sedimen Tinggi
L 2	180.560	182.880	2.320	340.200	159.640	0.160	14.533	14532.699	Sedimen Tinggi
L 3	208.690	210.950	2.260	390.500	181.810	0.182	12.431	12430.559	Sedimen Tinggi
L 4	164.590	166.010	1.420	337.170	172.580	0.173	8.228	8228.068	Sedimen Rendah
L 5	161.460	162.850	1.390	335.260	173.800	0.174	7.998	7997.699	Sedimen Rendah
L 6	171.090	172.820	1.730	331.450	160.360	0.160	10.788	10788.226	Sedimen Rendah
L 7	214.360	215.840	1.480	401.610	187.250	0.187	7.904	7903.872	Sedimen Rendah
L 8	186.190	188.880	2.690	342.330	156.140	0.156	17.228	17228.129	Sedimen Tinggi
L 9	218.750	221.510	2.760	401.800	183.050	0.183	15.078	15077.848	Sedimen Tinggi
L 10	193.550	196.560	3.010	400.210	206.660	0.207	14.565	14564.986	Sedimen Tinggi
L 11	218.390	219.810	1.420	401.920	183.530	0.184	7.737	7737.155	Sedimen Rendah
L 12	174.280	175.730	1.440	335.230	160.940	0.161	8.947	8947.434	Sedimen Rendah
L 13	171.570	174.250	2.680	331.620	160.050	0.160	16.745	16744.767	Sedimen Tinggi
L 14	161.090	163.820	2.730	335.110	174.020	0.174	15.688	15687.852	Sedimen Tinggi
L 15	220.660	223.340	2.680	403.250	182.590	0.183	14.678	14677.693	Sedimen Tinggi
L 16	186.590	188.780	2.190	342.350	155.760	0.156	14.060	14060.092	Sedimen Tinggi
L 17	234.780	237.420	2.640	406.580	171.800	0.172	15.367	15366.705	Sedimen Tinggi
L 18	184.560	187.880	3.320	333.220	148.660	0.149	22.333	22332.840	Sedimen Tinggi
L 19	219.490	221.950	2.460	401.950	182.460	0.182	13.482	13482.407	Sedimen Tinggi
L 20	164.590	167.610	3.020	337.170	172.580	0.173	17.499	17499.131	Sedimen Tinggi

Sumber : Hasil Perhitungan Dilakukan di Lab. Mekanika Tanah Jurusan Teknik Sipil ITN Malang (2006)

Keterangan :

$$\begin{aligned}
 \text{Batas sedimen tinggi dan rendah} &= \frac{\text{Nilai Konsentrasi Sedimen Tinggi Minimum} + \text{Nilai Konsentrasi Sedimen Rendah Maksimum}}{2} \\
 &= \frac{12098.341 + 10788.226}{2} \\
 &= 11443.2835
 \end{aligned}$$

Tugas Akhir

Berikut ini akan ditunjukkan beberapa contoh (gambar 4.11. dan gambar 4.12.) daerah yang dijadikan titik-titik untuk *verifikasi* lapangan dan untuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran foto *verifikasi*.



Gambar 4.11. *Foto Hasil Pengambilan sampel pada Titik S 1*



Gambar 4.12. *Foto Hasil Pengambilan Sampel pada Titik L 3*

Dari tabel (4.4., 4.5.dan 4.6.) diketahui bahwa jumlah nilai kebenaran adalah 16 titik dari total titik *verifikasi* lapangan yaitu 22 titik. Dari tabel 4.6 didapat batas nilai sedimen tinggi dan rendah sebesar 11443.2835 mg/lt.

IV.2.1. Uji Ketelitian Hasil Klasifikasi

Pada tahapan ini dilakukan uji ketelitian hasil klasifikasi dengan hasil *verifikasi* lapangan untuk menentukan apakah hasil interpretasi digital kita sesuai dengan hasil *verifikasi* lapangan.

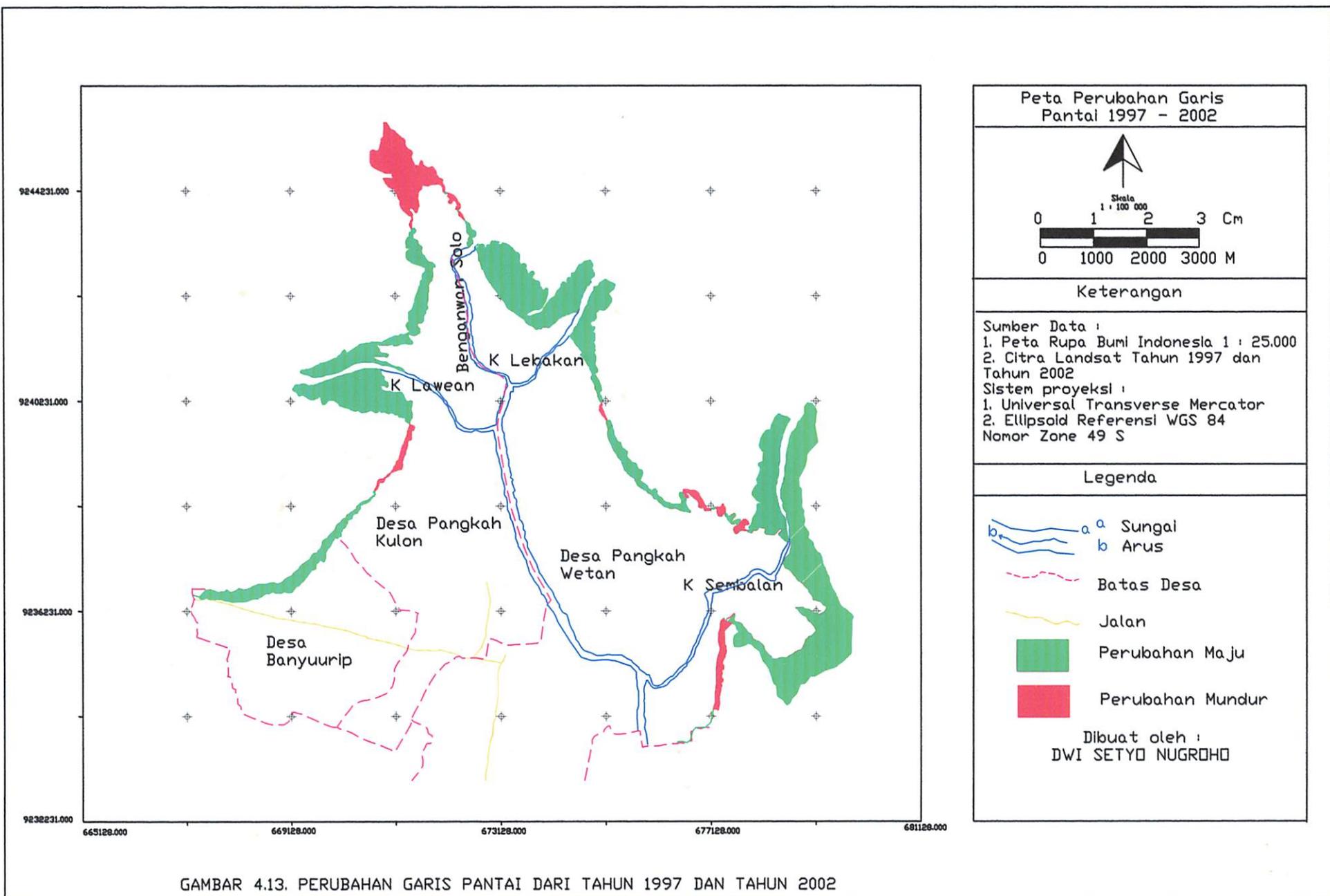
Ketelitian seluruh hasil verifikasi lapangan tahun 1997 adalah :

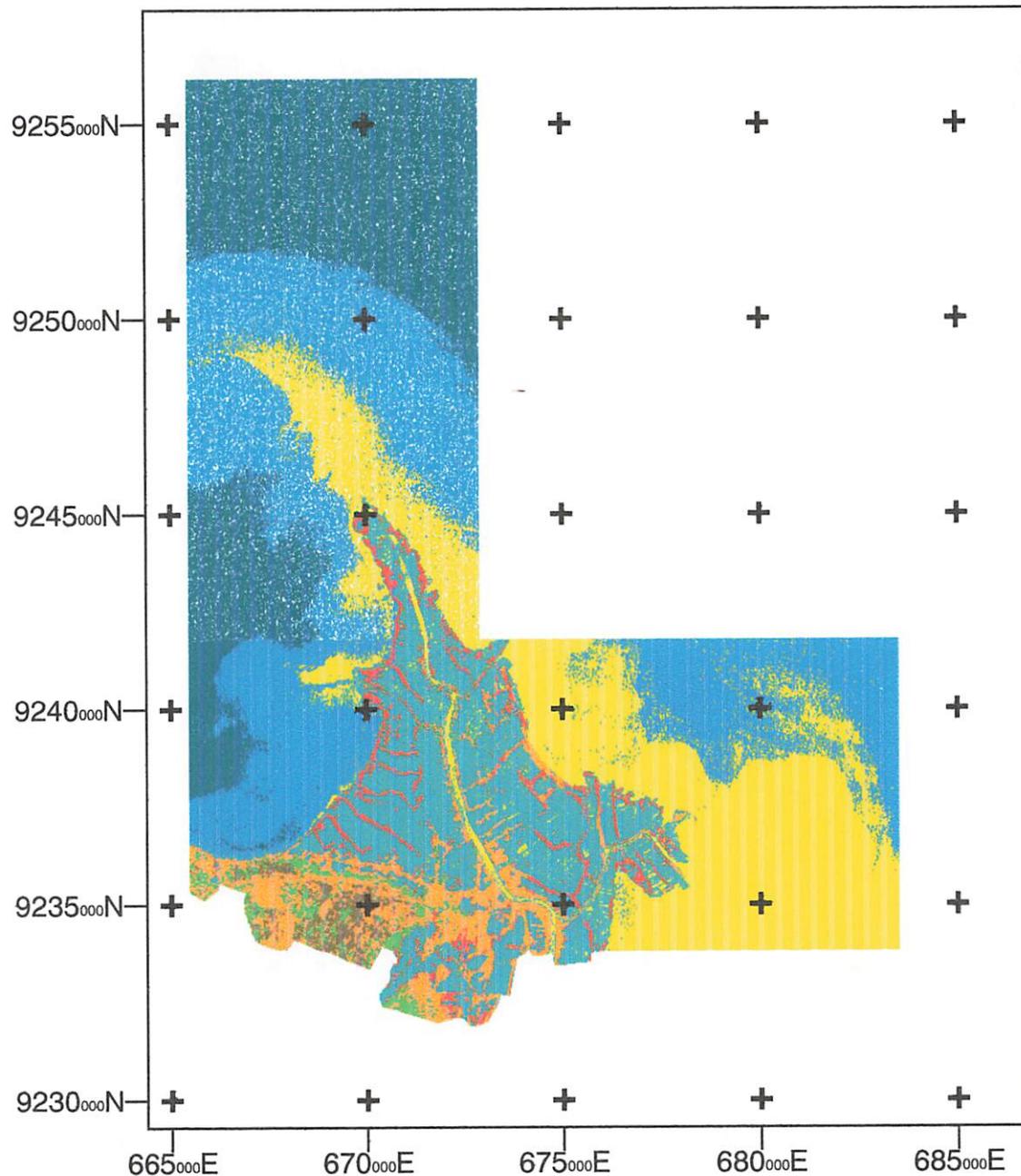
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Nilai Kebenaran}}{\text{Jumlah Nilai Keseluruhan}} \times 100\% \dots\dots\dots (4-5) \\
 &= \frac{16}{22} \times 100\% \\
 &= 72 \%
 \end{aligned}$$

Ketelitian seluruh hasil verifikasi lapangan tahun 2002 adalah :

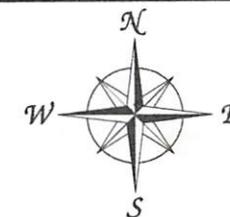
$$\begin{aligned}
 &= \frac{\text{Jumlah Nilai Kebenaran}}{\text{Jumlah Nilai Keseluruhan}} \times 100\% \\
 &= \frac{16}{22} \times 100\% \\
 &= 72 \%
 \end{aligned}$$

Dari ketelitian seluruh hasil *verifikasi* lapangan dari tahun 1997 dan tahun 2002 didapat 72 % tingkat kepercayaannya.





PETA SEDIMENTASI TAHUN 1997



Scale 1:175 000



Kilometers

LEGENDA

	sedimen rendah		mangrov		perumahan		tambak
	sedimen tinggi		laut dalam		sawah		ladang

Lokasi : Ujung Pangkah Kab. Gresik

Sumber Data :

1. Citra Landsat 7 ETM Tahun 1997
2. Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000

Proyeksi : UTM

Datum : WGS 84

Zona : 49 S

Dibuat Oleh

Dwi Setyo Nugroho

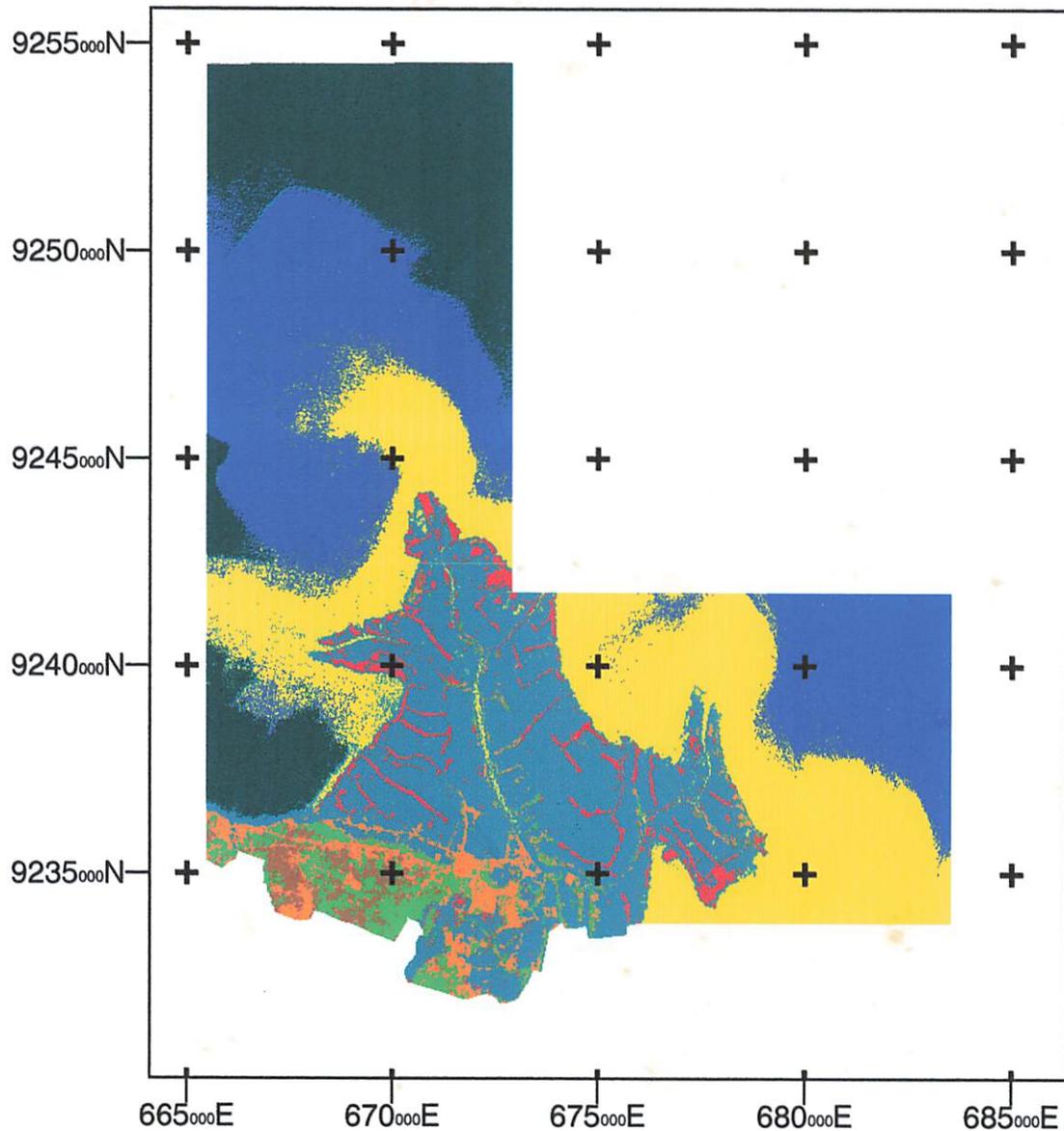
THE NATIONAL BUREAU OF STANDARDS



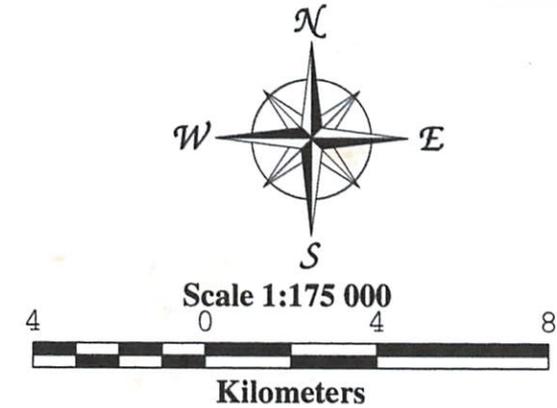
CONFIDENTIAL

RECORD

CONFIDENTIAL



PETA SEDIMENTASI TAHUN 2002



Legenda :



Lokasi : Kec. Ujung Pangkah, Kab. Gresik

Sumber Data :

1. Citra Landsat ETM 7 Tahun 2002
2. Peta Rupa Bumi Indonesia Skala 1 : 25.000

Proyeksi : UTM

Datum : WGS 84

Zona : 49 S

Dibuat Oleh :

Dwi Setyo Nugroho

BAB V
PENUTUP

V.1. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan untuk mengetahui besarnya perubahan sedimentasi yang terjadi di muara Sungai Bengawan Solo Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik dengan menggunakan citra Landsat 7 ETM dapat diketahui beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Pada proses koreksi geometri dari citra dengan *data vektor* (peta Rupa Bumi Indonesia) dan citra dengan citra, didapatkan *RMS error* citra sebesar 11.1 meter dan 10.8 meter yang masuk dalam toleransi yang diijinkan yaitu kurang dari 2 piksel citra atau 60 meter, 1 piksel sama dengan 30 meter.
2. Perubahan garis pantai di pengaruhi oleh pola arah arus dan muara sungai sebagai sumber sedimentasi, selain mempengaruhi perubahan garis pantai pola arus juga mempengaruhi pola pengangkutan dan penyebaran sedimentasi. Hasil perubahan garis pantai pada daerah muara Sungai Bengawan Solo Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik didapatkan perubahan sebesar 856.02019 Ha untuk penambahan area dan untuk penyusutan area sebesar 395.74750961 Ha.
3. Hasil analisa luasan pada daerah muara Sungai Bengawan Solo Kecamatan Ujung Pangkah Kabupaten Gresik dari perbandingan citra tahun perekaman tahun 1997 dan perekaman tahun 2002 terjadi *distribusi spasial* konsentrasi sedimen (pertambahan/ pengurangan piksel). Perubahan/ bertambah sebesar 482.220 Ha atau 5358 piksel untuk sedimen tinggi, perubahan/ berkurang untuk sedimen rendah sebesar 411.12 Ha atau 4568 piksel, perubahan/ berkurang untuk laut dalam sebesar 907.650 atau 10085 piksel.
4. Dari hasil uji ketelitian hasil *verifikasi* lapangan terhadap hasil klasifikasi dapat diketahui besarnya nilai ketelitian yaitu sebesar 72 % untuk citra

tahun perekaman 1997 dan untuk citra tahun perekaman 2002 sebesar 72 %.

V.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan ada beberapa saran untuk instansi maupun peneliti lain yang akan meneliti mengenai pemanfaatan teknologi penginderaan jauh untuk mengetahui perubahan sedimentasi di daerah masing-masing, yaitu :

1. Sebelum melaksanakan penelitian, hendaknya data yang dibutuhkan sudah terkumpul terlebih dahulu agar memudahkan di dalam melakukan proses penelitian.
2. Dalam melakukan penelitian sebaiknya pengetahuan dan pemahaman akan software yang digunakan lebih ditingkatkan.
3. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai karakteristik spektral tiap band dapat menunjang proses pengolahan citra.
4. Dalam melakukan interpretasi citra untuk menentukan klas kenampakan pada citra seorang interpreter harus memiliki kemampuan yang baik.
5. Data yang digunakan sebaiknya bebas dari tutupan awan sehingga kenampakan-kenampakan yang ada dapat dilihat dengan baik.
6. Dalam melakukan proses klasifikasi seorang *operator* harus dapat mengetahui warna yang dihasilkan oleh pantulan nilai spektral sehingga memudahkan dalam pemberian nama klas klasifikasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Longman Inc., 1986. Penerjemah : Bambang, **Penginderaan Jauh Terapan**. Universitas Indonesia.
- Sri Hardiyanti Purwadhi. F, APU, 2001. **Interpretasi Citra Digital**.
- Anonim, November 1997. **Warta Inderaja Vol. IX No.1**.
- Dwi Priyantoro, 1987. **Teknik Pengangkutan Sedimen** ; Penerbit Himpunan Mahasiswa Pengairan UniBraw-Malang
- Suripin, 1998. **Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air** ; Penerbit Andi
- Lillesand dan Kiefer, 1990. **Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sutanto, 1986a. **Penginderaan Jauh, Jilid 1**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Sutanto, 1986b. **Penginderaan Jauh, Jilid 2**, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Purwadhi F.S.H., 2001, **Interpretasi Citra Digital**, PT Grasindo, Anggota IKAPI.
- Danoedoro P., 1996, **Pengolahan Citra Digital**, Fakultas Geografi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Ismail K, Studi Pola Sedimen pada Muara Sungai dengan Pemanfaatan Penginderaan Jauh, Tugas Akhir 1998, Teknik Pengairan Institut Teknologi Nasional, Malang

**FOTO
VERIFIKASI LAPANGAN**



Foto S1



Foto S2



Foto L1



Foto L2



Foto L3



Foto L4



Foto L5



Foto L6



Foto L7

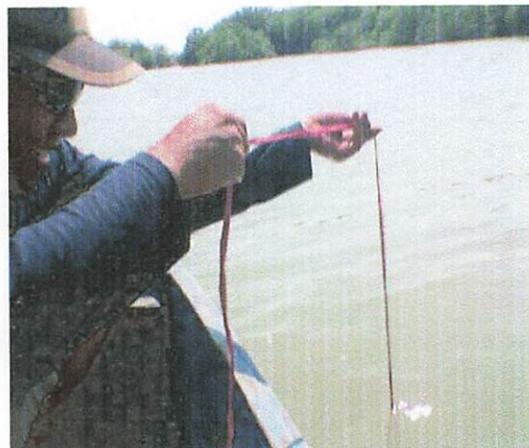


Foto L8



Foto L9



Foto L10



Foto L11



Foto L12



Foto L13



Foto L14



Foto L15



Foto L16

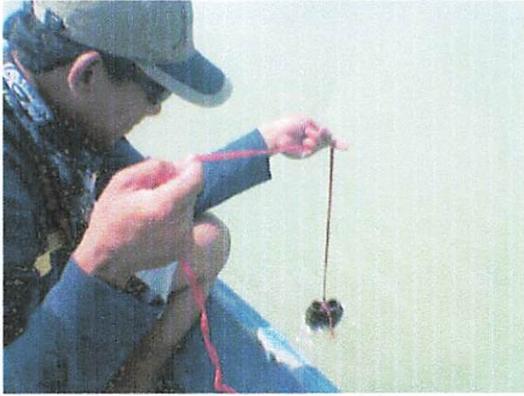


Foto L17

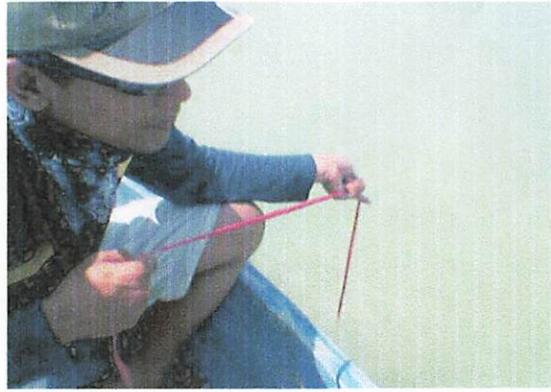


Foto L18



Foto L19



Foto L20