

17.625 / H / 03



**ANALISIS NILAI SPEKTRAL CITRA SATELIT UNTUK
KLASIFIKASI PENGGUNAAN LAHAN DENGAN
ALGORITMA MAKSIMUM LIKELIHOOD
DI KABUPATEN SIDOARJO**

TUGAS AKHIR



RSF
621.367
K/1h
a-1

2002

Oleh :

WIWIK WIHARTI

2400 109 515

**JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA**

2002

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	26-8-2002
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	216014

**ANALISIS NILAI SPEKTRAL CITRA SATELIT UNTUK
KLASIFIKASI PENGGUNAAN LAHAN DENGAN
ALGORITMA MAKSIMUM LIKELIHOOD
DI KABUPATEN SIDOARJO**

TUGAS AKHIR

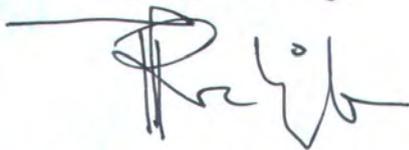
Oleh :

WIWIK WIHARTI
2400 109 515

Surabaya, Agustus 2002

Mengetahui / Menyetujui

Co. Pembimbing,



Totok Ruki Biyanto, ST
NIP. 132 206 692

Dosen Pembimbing,

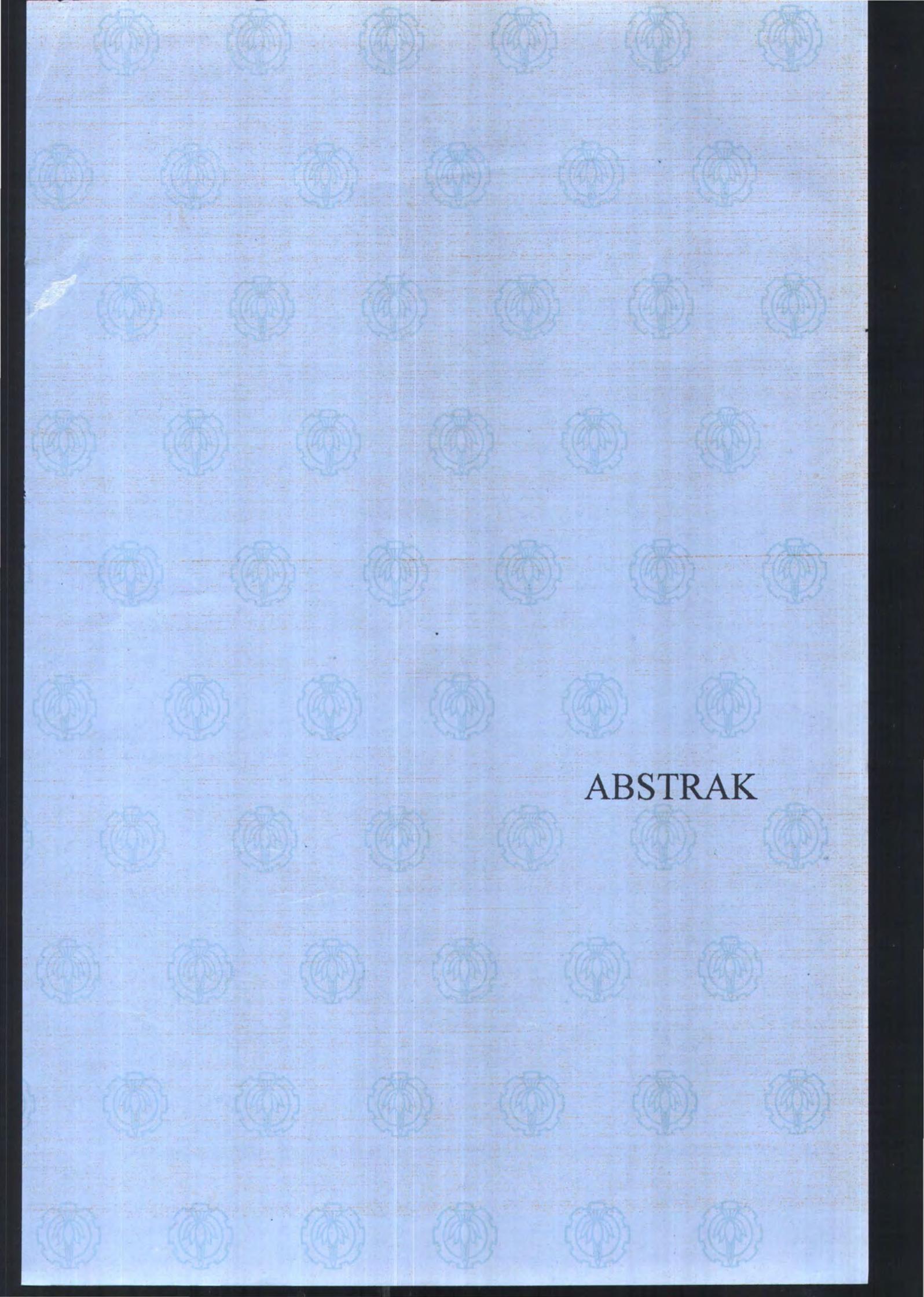


Hendra Cordova, ST. MT
NIP. 132 125 672

**Ketua Jurusan
Teknik Fisika FTI-ITS**



Ir. Ya'umar, MT.
NIP. 130 937 708



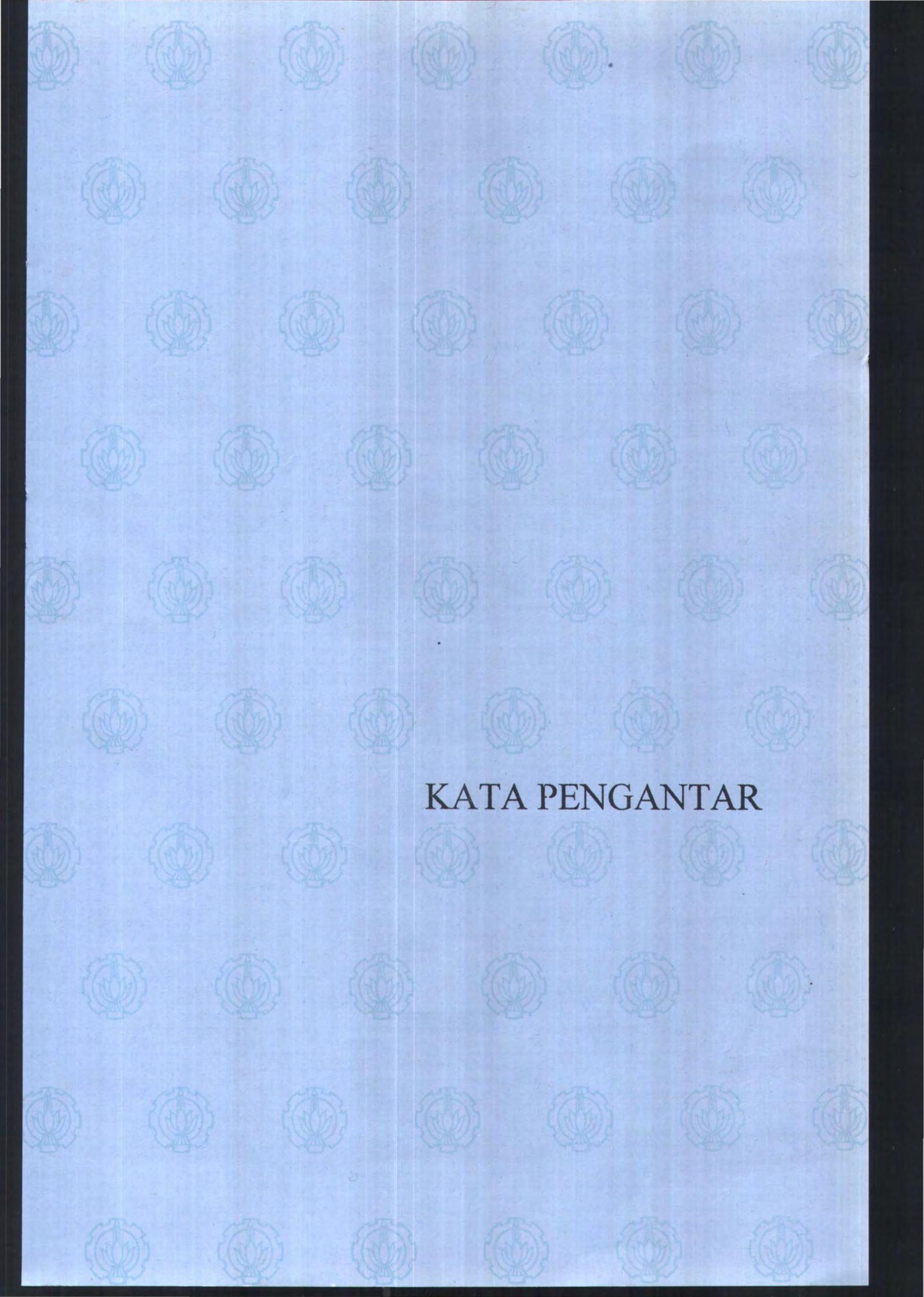
ABSTRAK

ABSTRAK

Untuk dapat membantu pemerintah kabupaten Sidoarjo menyusun tata ruang kota dalam mengelola penggunaan lahan di wilayah kabupaten Sidoarjo perlunya dukungan posisi yang akurat. Dalam hal tersebut perlu adanya pemantauan kontinyu tentang penggunaan lahan dengan diketahui luasannya yang meliputi : pemukiman, vegetasi, tambak, lahan kosong, rawa dan tubuh air. Dengan menggunakan metode klasifikasi algoritma maksimum likelihood dapat diketahui data atau informasi yang dihasilkan oleh satelit penginderaan jauh secara periodik, cepat, dan lebih efisien dibandingkan data konvensional. Penelitian tugas akhir ini bertujuan dapat mengetahui luas keseluruhan penggunaan lahan di wilayah kabupaten Sidoarjo dengan klasifikasi algoritma maksimum likelihood.

Dalam penelitian ini menggunakan data input citra landsat TM 5 Propinsi Jawa Timur, data tersebut akan diambil daerah yang diteliti maka dipotong. Data tersebut adalah wilayah kabupaten Sidoarjo dengan koordinat $112,5^{\circ} - 112,5^{\circ}$ BT dan $7,3^{\circ} - 7,5^{\circ}$ LS, disamping itu digunakan juga peta rupa bumi wilayah kabupaten Sidoarjo yang diperoleh dari Bakosurtanal. Pengolahan citra dilakukan pada software ErMapper dengan menggunakan klasifikasi algoritma maksimum likelihood. Data lapangan yang diperoleh dari survei lapangan digunakan untuk mendapatkan kesesuaian data citra dengan data manual hanya ketampakan mata.

Dari Penelitian yang dilakukan diperoleh data algoritma maksimum likelihood yang merupakan keluasan keseluruhan penggunaan lahan dan nilai intensitas masing-masing piksel dari ke-7 band dengan komposit 5,4,2 adalah pemukiman 17127,63 ha, vegetasi 1342,17 ha, tambak 9504,81 ha, lahan kosong 959,67 ha, rawa 214,62 ha dan tubuh air 4979,61 ha. Pemetaan penggunaan lahan dihasilkan dengan proses klasifikasi supervise.



KATA PENGANTAR

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Allah SWT atas terselesainya tugas Akhir ini yang berjudul **“Analisis Nilai Spektral Citra Satelit Untuk Klasifikasi Penggunaan Lahan Dengan Algoritma Maksimum Likelihood di Kabupaten Sidoarjo”**. Penyusunan tugas akhir ini merupakan prasyarat guna menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya.

Untuk itu saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas bantuan dan perhatian yang diberikan dalam penyusunan buku tugas akhir ini kepada :

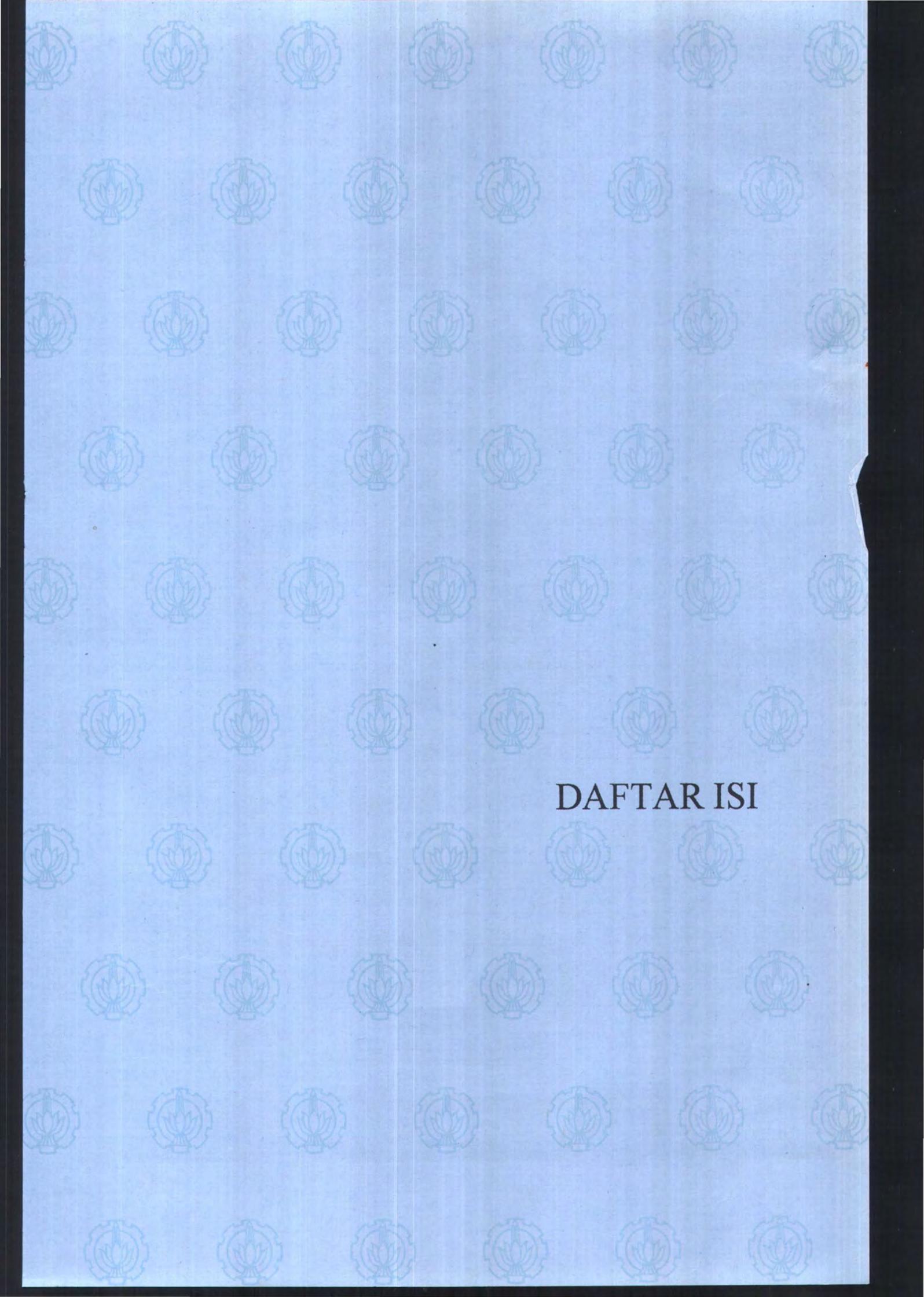
- ♣ Ir. Ya'umar, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Fisika - FTI-ITS
- ♣ Ir. Ali Musyafa, Msc, selaku dosen wali.
- ♣ Hendra Cordova, ST.MT, selaku dosen pembimbing tugas akhir.
- ♣ Totok Ruki Bianto, ST, selaku dosen co pembimbing tugas akhir.
- ♣ Bapak dan Ibu tercinta beserta Adikku, yang tak henti-hentinya memberikan do'a dan nasehat yang sangat berarti.
- ♣ Bapak atau Ibu dosen dan karyawan Teknik Fisika ITS.
- ♣ Sahabatku yang tak terlupakan “AA“ yang setia membantu dan mendoakan setiap kesulitan sehingga terwujudnya tugas akhir ini.
- ♣ Temanku Budi, Risqul, Anne, Riski dan Condik yang telah membantu dan memberikan semangat.

- ♣ Sohibku Fifid dan mas Agus, memberikan waktu luang untuk sebuah nasihat dan dorongan semangat.
- ♣ Teman-teman ext. 2000, yang tidak dapat saya sebut satu persatu telah memberikan persahabatan yang manis.
- ♣ Semua pihak yang telah membantu baik secara langsung maupun tak langsung.

Saya menyadari dalam penyusunan dan penulisan tugas akhir ini masih mempunyai kekurangan. Namun harapan saya, semoga tugas akhir ini bermanfaat untuk dikembangkan lagi demi kepentingan orang banyak. Saran dan kritik dari pembaca saya nantikan untuk penyusunan selanjutnya. Atas perhatiannya saya ucapkan terima kasih.

Surabaya, Agustus 2002

Penulis

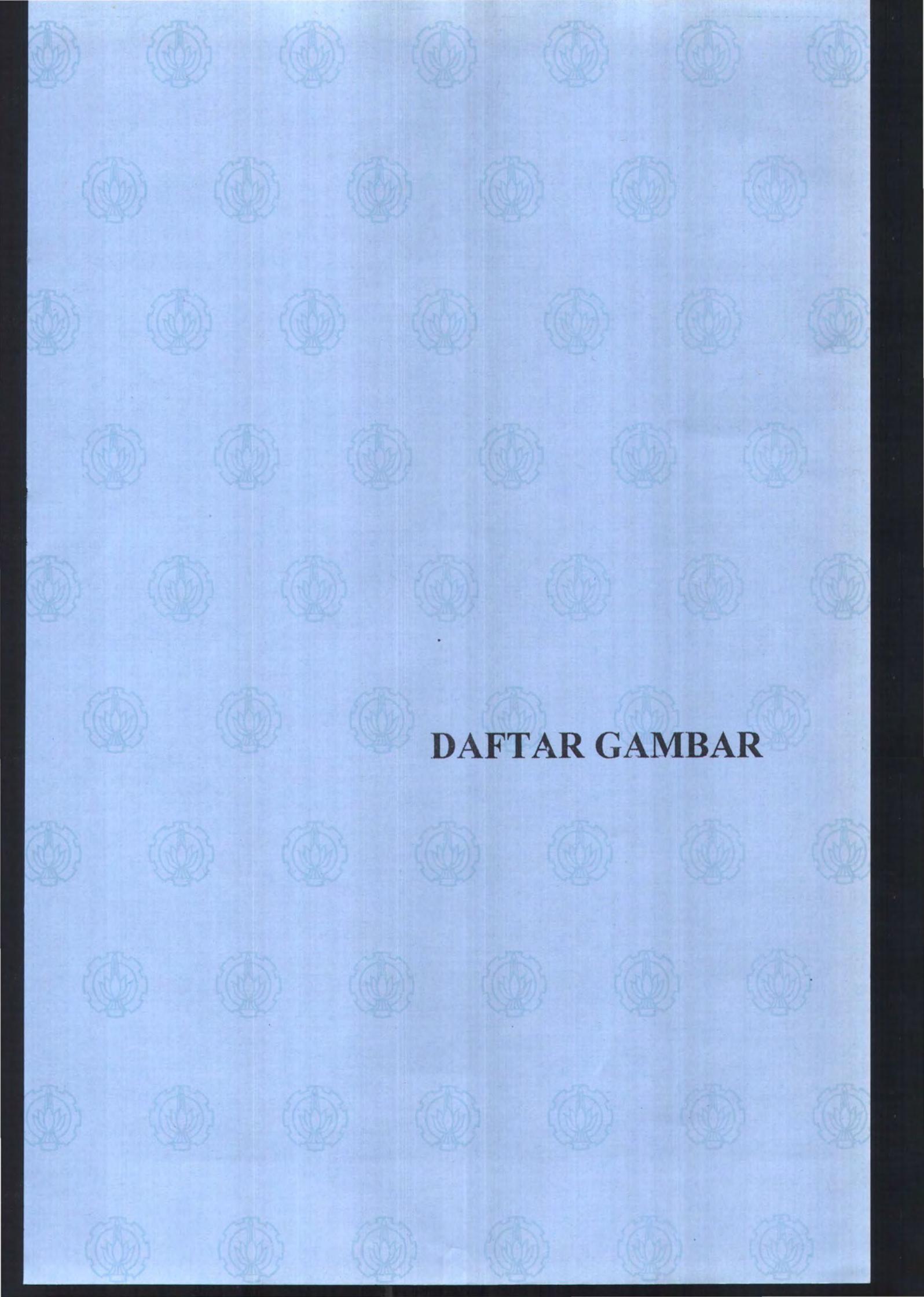


DAFTAR ISI

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Abstrak	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	vi
Daftar Gambar	viii
Daftar Tabel	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Permasalahan	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan	3
1.5 Sistematika Laporan	3
BAB II DASAR – DASAR PENGINDERAAN JAUH	
2.1 Gelombang Elektromagnetik	6
2.2 Sensor Penginderaan Jauh	19
2.3 Sistem Satelit Penginderaan Jauh	22
2.4 Teori Pengolahan Citra Digital	26
2.5 Klasifikasi Terselia (Supervised Classification)	36
2.6 Maksimum Likelihood	39
2.7 Modul Statistik	41

BAB III METODOLOGI PENELITIAN		
3.1	Blok Diagram Proses	43
3.2	Data Input	44
3.3	Koreksi Geometri	45
3.4	Transformasi Citra	48
3.5	Maksimum Likelihood	49
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Pengambilan GCP dan Citra ke Citra	53
4.2	Hasil Koreksi Geometri	54
4.3	Hasil Transformasi Citra	57
4.4	Hasil Klasifikasi Supervise	59
4.5	Analisa Daerah Luas	63
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	65
5.2	Saran	66
DAFTAR PUSTAKA		67
LAMPIRAN A Citra Hasil Klasifikasi Digital dan Manual		
LAMPIRAN B Gambar Survei Lapangan		
LAMPIRAN C Data Statistik		

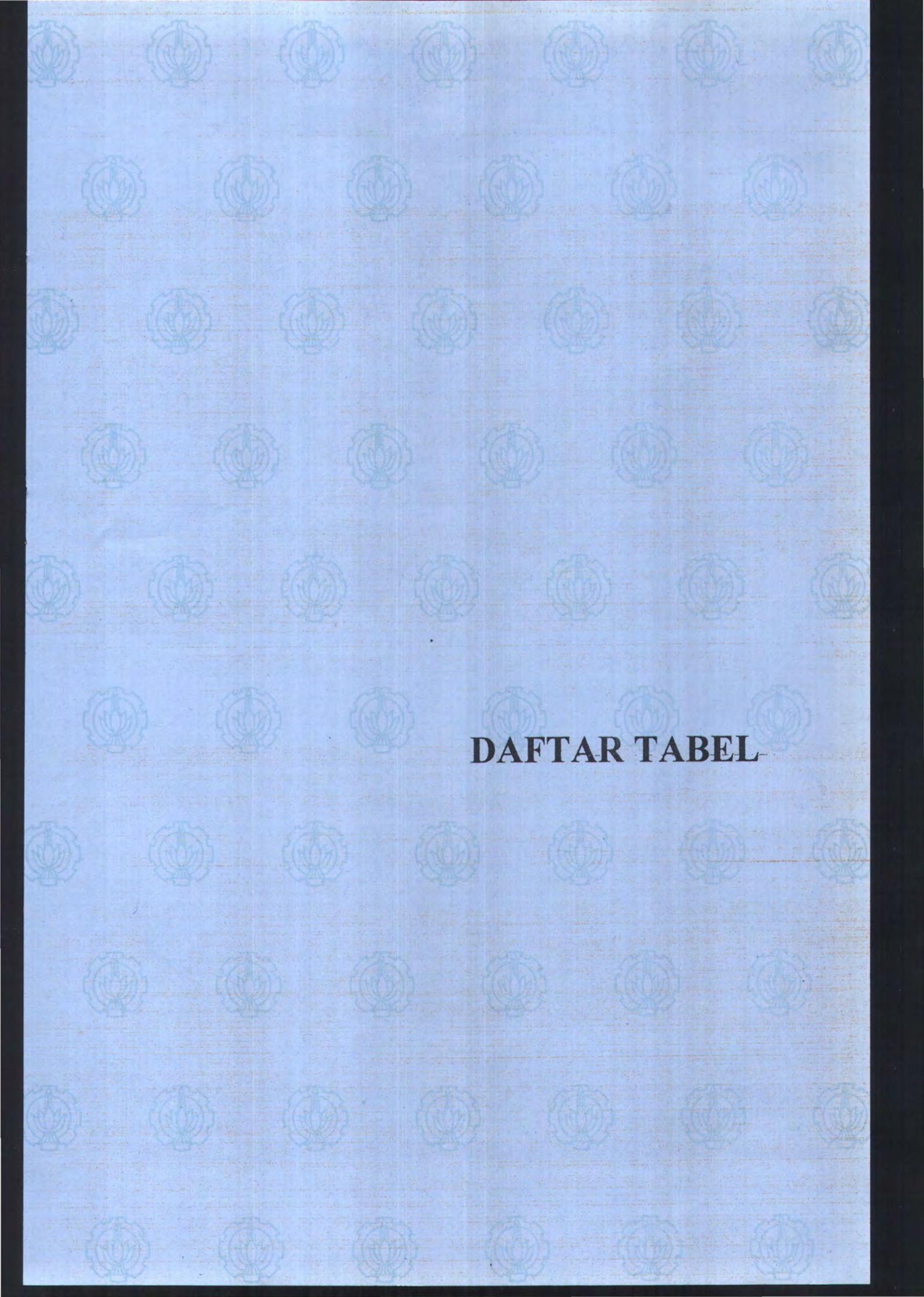


DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya	5
Gambar 2.2 Gelombang Elektromagnetik	7
Gambar 2.3 Pengaruh Atmosfer terhadap Transmisi Gelombang Elektromagnetik yang terlewat	12
Gambar 2.4 Karakteristik Absorpsi Molekul Atmosfer pada Daerah Inframerah	13
Gambar 2.5 Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dan Objek Di Permukaan Bumi	14
Gambar 2.6 Kurva pantulan Spektral yang mencirikan untuk Objek Vegetasi, Tanah, dan Air	15
Gambar 2.7 Daerah panjang Gelombang yang dipakai Penginderaan Jauh	16
Gambar 2.8 Distribusi Spektral yang dipancarkan Benda Hitam	18
Gambar 2.9 Perbedaan Pengertian Resolusi Spasial, Resolusi Spektral Resolusi radiometri dan Resolusi Temporal	21
Gambar 2.10 Sistem Penginderaan Jauh	25
Gambar 2.11 Format Data Citra	28
Gambar 2.12 Adisi Warna Primer Sekunder	29
Gambar 2.13 Perbandingan Citra yang di koreksi dan yang belum di koreksi	33

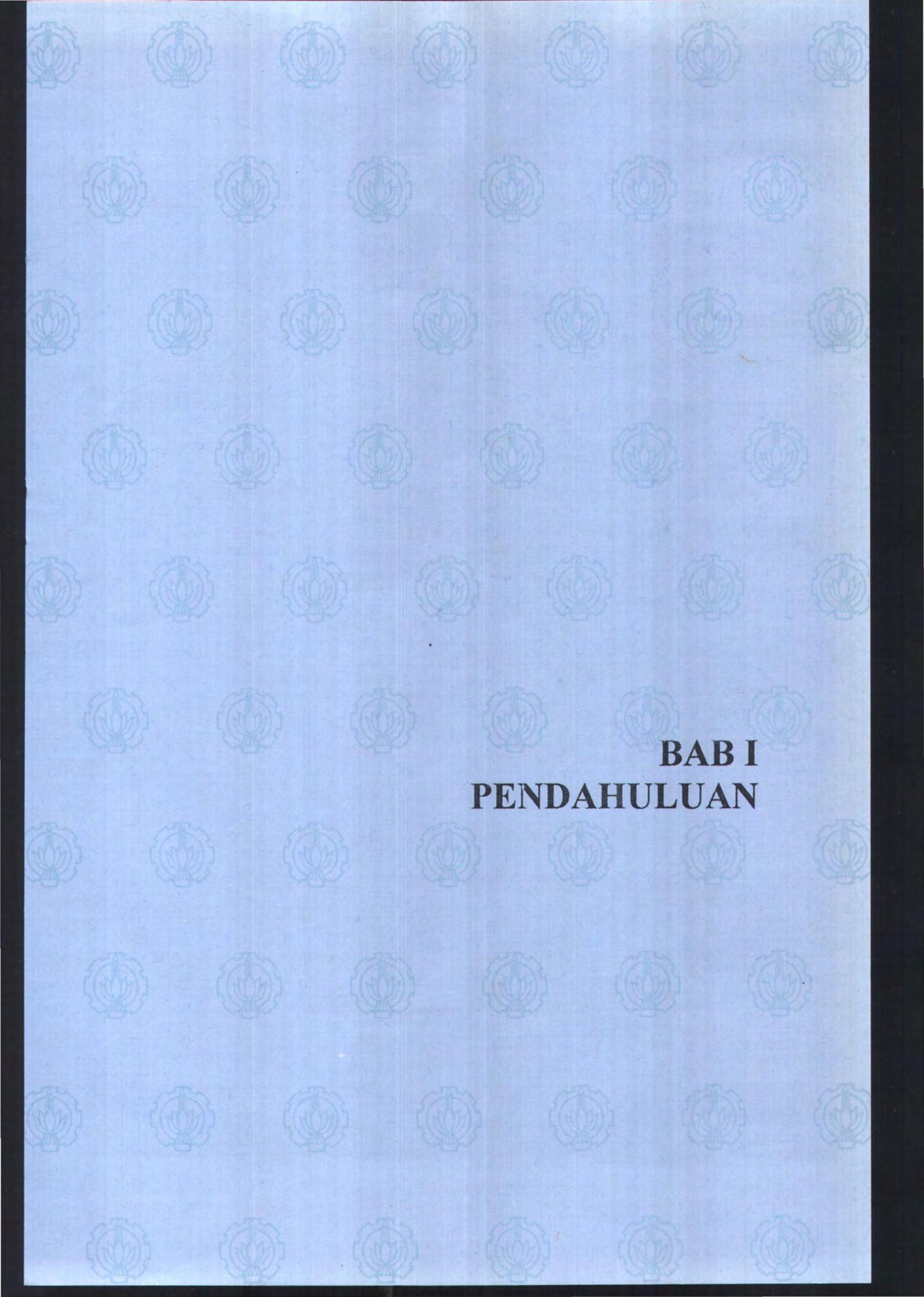
Gambar 2.14	Pengukuran Objek Luas Lahan dibawah Garis	
	Penyiaman	37
Gambar 2.15	Histogram Kumulatif	38
Gambar 2.16	Probabilitas Nilai Densitas Berdasarkan	
	Maksimum Likelihood	39
Gambar 2.17	Kontur Probabilitas Nilai Densitas Pikel sama pada	
	Klasifikasi Maksimum Likelihood	40
Gambar 3.1	Diagram Alir Pemrosesan data	43
Gambar 3.2	Diagram Alir Pemrosesan data Input	44
Gambar 3.3	Gambar Data Citra Input Jawa Timur	45
Gambar 3.4	Diagram Alir Koreksi Geometri Citra terhadap Citra	46
Gambar 3.5	Asas Penajaman dengan Perentangan Kontras	48
Gambar 3.6	Diagram Alir Klasifikasi Supervise	51
Gambar 4.1	Contoh Pengambilan GCP	53
Gambar 4.2	Citra Hasil Koreksi Geometri	55
Gambar 4.3	Citra Hasil Pemotongan yang sudah di Koreksi Geometri	56
Gambar 4.4	Citra Komposit 5,4,2	57
Gambar 4.5	Stretching Histogram Band 1 dan 2 (biru)	58
Gambar 4.6	Stretching Histogram Band 3 dan 4 (hijau)	58
Gambar 4.7	Stretching Histogram Band 5 dan 7 (merah)	58
Gambar 4.8	Pengambilan Sample untuk Klasifikasi	59
Gambar 4.9	Contoh Gambar Survei lapangan kec. Buduran	62



DAFTAR TABEL

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik satelit Penginderaan Jauh	24
Tabel 2.2 Contoh Komposisi warna dari data Digital	30
Tabel 4.1 Data Koreksi	54
Tabel 4.2 Karakteristik dari tiap Band pada Landsat TM 5	59
Tabel 4.3 Keluasan Kelas Klasifikasi Supervise	60
Tabel 4.4 Data Klasifikasi Nilai Digital	61
Tabel 4.5 Data Survei Lapangan	61



BAB I
PENDAHULUAN

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan lahan adalah pemanfaatan areal tertentu dari permukaan bumi oleh manusia dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya. Di daerah Sidoarjo pemanfaatan lahan terbagi antara lain : lahan pemukiman, tambak, hutan bakau, dan laut. Peningkatan jumlah penduduk semakin cepat, sedangkan di lain pihak ketersediaan lahan sangat terbatas menyebabkan tantangan untuk pengelolaan penggunaan lahan secara efektif dan efisien.

Hal ini sangat penting agar dapat membantu kebutuhan manusia akan lahan guna dapat mempertahankan kelangsungan hidupnya dengan baik mempertimbangkan aspek ekologis dari sumber daya lahan tersebut. Untuk dapat mengelola lahan secara baik, perlu dukungan informasi yang akurat. Penggunaan data atau informasi yang dihasilkan oleh satelit inderaja merupakan alternatif yang sangat tepat oleh karena beberapa kelebihanannya dibandingkan dengan data konvensional antara lain karena dapat diperoleh secara periodik, lebih cepat dan murah sehingga lebih efisien dari segi waktu maupun biaya.

Klasifikasi pada tugas akhir ini, dititik beratkan dengan menganalisa dan menentukan distribusi nilai spektral satelit, dengan metode klasifikasi maximum likelihood dengan metode ini nilai-nilai spektral yang seragam akan membentuk sekumpulan piksel dengan harga yang bervariasi terhadap lahannya.

Penginderaan jauh selama ini yang menggunakan energi elektromagnetik dalam melakukan kerjanya dapat dimanfaatkan untuk indentifikasi lahan

keseluruhan Sidoarjo. Untuk itu perlu dilakukan penelitian dalam pemanfaatan salah satu citra satelit yang pada saat ini landsat TM untuk mengidentifikasi keluasan lahan

1.2. Permasalahan

Di wilayah Sidoarjo terbagi luasan lahan yang terbagi – bagi, salah satu kendala dalam eksplorasi luasan lahan adalah sulitnya mengetahui luas lahan keseluruhan wilayah Sidoarjo, oleh karena itu :

- ❖ Bagaimana mengetahui penggunaan lahan berdasarkan nilai-nilai spectral yang seragam pada satelit landsat.
- ❖ Bagaimana melakukan analisis nilai spektral berdasarkan algoritma maksimum likelihood.
- ❖ Bagaimana mengetahui luas lahan dan mengklasifikasi penggunaan lahan di wilayah Sidoarjo.

3.1 Batasan Masalah

Dalam pembuatan tugas akhir ini batasan masalah ini yang di bahas adalah :

- ❖ Luasan daerah yang dianalisa sebatas wilayah kabupaten Sidoarjo bagian timur yang terletak secara geografis $112,5^{\circ} - 112,5^{\circ}$ BT dan $7,3^{\circ} - 7,5^{\circ}$ LS.
- ❖ Citra yang digunakan berasal dari satelit penginderaan jauh Landsat TM 5 dengan resolusi 30x30 meter tahun 1997.
- ❖ Klasifikasi data citra yang digunakan untuk pemukiman, tambak, vegetasi, rawa, lahan kosong dan tubuh air.

1.4. Tujuan

Pada tugas akhir ini **tujuan** yang ingin dicapai menganalisis nilai spektral citra satelit untuk klasifikasi penggunaan lahan dengan algoritma maksimum likelihood di kabupaten Sidoarjo. Data ini digunakan untuk membantu atau mendapatkan informasi tentang penggunaan luas lahan. Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini adalah :

- ❖ Mempermudah mengetahui luas keseluruhan wilayah Sidoarjo terhadap masing-masing lahan.
- ❖ Membantu pemerintah daerah dalam pengembangan wilayah berdasarkan klasifikasi penggunaan lahan dengan algoritma maximum likelihood.
- ❖ Mempermudah dalam eksplorasi luasan lahan di wilayah Sidoarjo.

1.5 Sistematika Penulisan

Dalam penyusunan Tugas akhir ini, sebelumnya banyak dilakukan studi literatur yang erat hubungannya dengan masalah penggunaan lahan serta mempelajari Err Mapper 5.5. Adapun format penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

BAB I Pendahuluan

Meliputi latar belakang, tujuan, permasalahan dan batasan masalah dalam penelitian ini disertai dengan sistematika penulisan.

BAB II Tinjauan Pustaka

Meliputi dasar teori atas penginderaan jauh untuk klasifikasi penggunaan lahan dengan algoritma maximum likelihood, prinsip dasar data Landsat TM 5.

BAB III Metodologi Pengolahan Data Satelit Landsat TM 5

Meliputi metode klasifikasi yang digunakan kalibrasi kanal, analisa penggunaan lahan, koreksi geometri citra, dan transformasi citra.

BAB VI Analisa Data dan Pembahasan

Meliputi data-data hasil lanjut dari metodologi yang digunakan untuk mengamati adanya fluktasi luasan penggunaan lahan berupa citra maupun data berupa angka.

BAB V Kesimpulan dan Saran

Meliputi hal-hal yang utama yang dapat diambil dari hasil analisa dan pembahasan berupa penggunaan lahan. Saran berupa rekomendasi lanjut dalam hal penginderaan jauh untuk lingkungan terutama penggunaan lahan yang sesuai dengan tatanan kota.



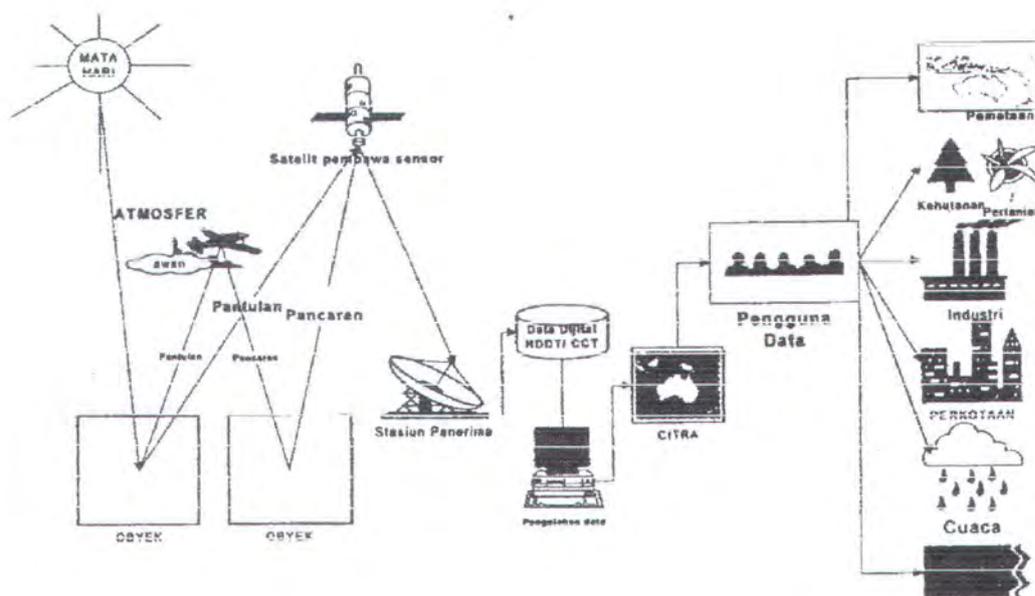


BAB II
DASAR-DASAR
PENGINDERAAN JAUH

BAB II

DASAR – DASAR PENGINDERAAN JAUH

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisa data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kiefer, 1994).



Gambar 2.1 Sistem penginderaan jauh dan penggunaannya ^[6]

Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat penginderaan atau alat pengumpulan data disebut sensor. Berbagai sensor pengumpulan data dari jarak jauh, umumnya dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Objek yang

indera adalah objek yang terletak dipermukaan bumi, di atmosfer (*dirgantara*) dan di antariksa. 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 (*imaginery*), grafik, dan data numerik. Data tersebut dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah, atau fenomena yang diindera atau diteliti (F. Sri Hardiyanti P, 2001).

2.1 Gelombang Elektromagnetik

Semua tenaga pada dasarnya sama, yaitu melakukan radiasi sesuai dengan teori dasar gelombang, seperti pada gambar 2.2. Gambar tersebut mengungkapkan bahwa tenaga elektromagnetik bergerak secara harmonis berbentuk sinusoidal pada suatu kecepatan cahaya c . Jarak dari puncak gelombang ke puncak gelombang berikutnya disebut panjang gelombang (λ), jumlah puncak yang melewati suatu titik tertentu dalam ruang persatuan waktu adalah frekuensi (f). Tenaga elektromagnetik bergerak secara harmonis berbentuk sinusoidal dan memenuhi persamaan dasar gelombang berikut :

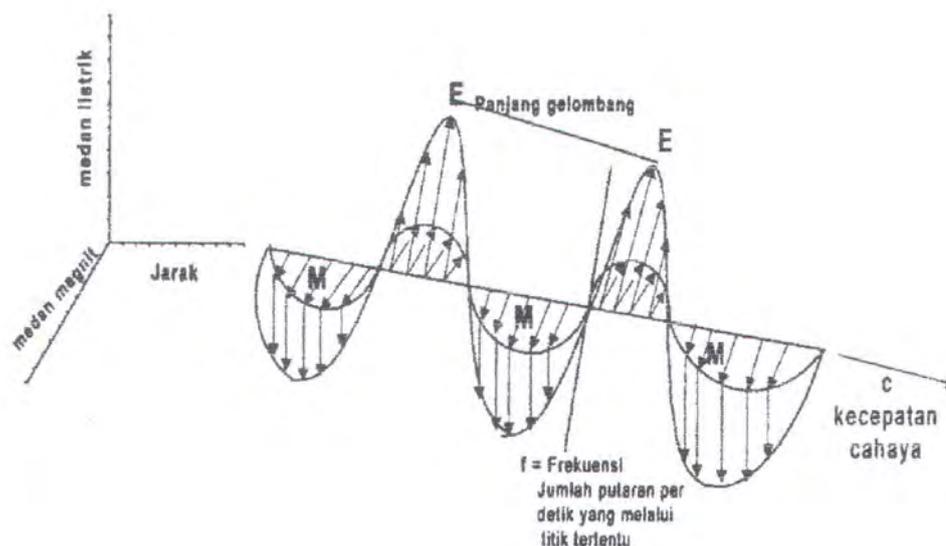
$$c = f\lambda \quad (2.1)$$

dimana : c = suatu tetapan (3×10^8 m/detik)

f = frekuensi (Hz)

λ = panjang gelombang (meter)

Sistem penginderaan jauh pasif menerima tenaga yang dipantulkan dan atau dipancarkan kenampakan bumi. Distribusi spektral tenaga pantulan sinar matahari dan tenaga pancaran dari benda sifatnya tidak seragam. Tingkat tenaga matahari yang sampai di bumi bervariasi menurut waktu (*jam, musim*), tempat (*lokasi*), kondisi cuaca, dan kondisi permukaan buminya (*material, kemiringan, kekasaran permukaan*).



Gambar 2.2 Gelombang elektromagnetik. Komponen meliputi gelombang elektrik sinusoidal (E) dan gelombang magnetic sinusoidal (M), saling tegak lurus terhadap arah radiasi. ^[6]

Pada sistem penginderaan jauh aktif sumber tenaga dapat diatur. Walaupun demikian, pada umumnya sumber tenaga tidak seragam, sesuai dengan karakteristik panjang gelombang yang bervariasi menurut tempat dan waktu. Oleh karena itu diperlukan kalibrasi sumber tenaga dalam setiap penginderaan jauh,

atau menyesuaikan dengan satuan tenaga relatif, objek pada setiap waktu dan tempat.

Distribusi spektral tenaga pantulan sinar matahari dan tenaga pancaran pada sistem penginderaan jauh sesuai dengan letak panjang gelombangnya, yaitu terletak pada bagian-bagian spektrumnya. Pembagian spektrum elektromagnetik yang digunakan pada penginderaan jauh terletak secara berkesinambungan mulai dari ultraviolet hingga gelombang mikro. Masing-masing spektrum dicirikan dengan perubahan pada besaran tenaga radiasinya. Satuan yang paling sering digunakan untuk mengukur panjang gelombang di dalam spektrum elektromagnetik adalah micrometer (μm). Satu micrometer sama dengan 1×10^{-6} meter. Spektrum elektromagnetik yang biasa digunakan dalam penginderaan jauh adalah sebagian dari spectrum ultraviolet (0,3-0,4) μm , spectrum tampak (0,4-0,7) μm , spectrum inframerah dekat (0,7-1,3) μm , dan gelombang mikro (1 mm-1m).

Sifat radiasi elektromagnetik mudah diuraikan dengan menggunakan teori gelombang, namun teori partikel lebih mudah untuk menerangkan bagaimana tenaga elektromagnetik berinteraksi dengan benda. Teori yang menyatakan bahwa radiasi elektromagnetik terdiri atas beberapa bagian terpisah disebut teori kuantum (*quantum*) atau foton. Teori tersebut dapat ditulis dengan suatu formula :

$$E = hf \quad (2.2)$$

dimana : E = tenaga kuantum (dalam satuan Joule = J)

h = tetapan Plank sebesar $6,626 \times 10^{-34}$ Joules / detik

f = frekuensi (Hz)

Apabila model teori gelombang dan teori kuantum di dalam perilaku radiasi elektromagnetik digabungkan atau substitusi persamaan 2.1 ke dalam persamaan 2.2 dengan menggantikan f , maka diperoleh :

$$E = \frac{hc}{\lambda} \quad (2.3)$$

Dengan demikian, tenaga kuantum secara proporsional berbanding terbalik dengan panjang gelombangnya, sehingga makin panjang gelombang yang digunakan semakin rendah kandungan tenaga kuantum atau tenaga fotonnya. Sifat ini penting untuk implikasi di dalam penginderaan jauh, karena radiasi yang dipancarkan secara alamiah pada spektrum gelombang panjang seperti pancaran gelombang mikro oleh obyek permukaan bumi sulit diindera. Matahari merupakan sumber radiasi elektromagnetik yang paling penting untuk penginderaan jauh, tetapi semua benda pada suhu nol derajat absolut (0°K atau -273°C) memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus menerus. Hal ini disebabkan karena semua objek di bumi juga merupakan sumber radiasi, walaupun besar dan komposisi spektralnya berbeda dengan radiasi matahari. Besarnya tenaga radiasi suatu objek di permukaan bumi merupakan fungsi suhu permukaan objek tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan hukum Stefan Boltzman yang menyatakan bahwa :

$$W = \sigma T^4 \quad (2.4)$$

dimana : W = Jumlah tenaga yang dipancarkan oleh permukaan objek

setiap detik per satuan luas : Wm^{-2}

σ = tetapan Stefan Boltzman = $5,6697 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$

T = suhu absolut objek ($^{\circ}\text{K}$)

Hukum ini dikemukakan untuk sumber tenaga yang berlaku sebagai benda hitam sempurna (black body), yaitu benda yang hipotetik ideal menyerap dan memancarkan kembali seluruh tenaga yang mengenainya (*Lillesan dan kiefer, 1994*).

2.1.1 Interaksi Gelombang Elektromagnetik di dalam Atmosfer

Di dalam atmosfer ada hambatan yang berupa hamburan pada spektrum tampak, dan serapan pada spektrum inframerah. Pengaruh atmosfer seperti halnya pengaruh pada sumber tenaga, yaitu merupakan fungsi panjang gelombang, sensor yang digunakan, dan terapan pengindraannya. Hamburan merupakan penyebaran arah radiasi oleh partikel-partikel di atmosfer, yang tidak dapat diprakirakan. Tiga macam hamburan yang terdapat pada atmosfer, yaitu hamburan Rayleigh, hamburan Mie, dan hamburan non-selektif.

❖ Hamburan Rayleigh

Biasanya terjadi apabila radiasi tenaga berinteraksi dengan molekul dan partikel kecil di atmosfer, yang garis tengah (*diameter*) partikel jauh lebih kecil dari panjang gelombang radiasi yang berinteraksi. Pengaruh hamburan Rayleigh berbanding terbalik dengan pangkat empat panjang gelombang yang berinteraksi, yang dapat dinyatakan dalam formula berikut :

$$H = 1/\lambda^4 \quad (2.5)$$

dimana : H = besarnya hamburan

λ = panjang gelombang



Hamburan Rayleigh pada panjang gelombang pendekakan lebih kuat. Hamburan Rayleigh terjadi pada cuaca cerah. Hal ini yang membuat langit berwarna “biru”. Perwujudan itu dapat diterangkan bahwa sinar matahari yang berinteraksi dengan atmosfer bumi, di mana spektrum panjang gelombang tampak yang terpendek adalah gelombang biru, maka spektrum panjang gelombang biru akan dihamburkan lebih besar dibandingkan dengan spektrum yang lainnya, sehingga kita dapat melihat langit berwarna biru pada cuaca cerah. Hamburan Rayleigh merupakan penyebab utama adanya “kabut tipis” pada citra penginderaan jauh. Kabut dalam pemotretan dapat dihilangkan dengan memasang filter kuning (*Pank-bue*) sebelum pemotretan dilakukan. Namun, pada pengambilan data non-fotografi pengaruh atmosfer dapat dihapus atau dikurangi. Di dalam pengolahan citra disebut koreksi atmosfer. Koreksi atmosfer dapat dilakukan melalui beberapa bentuk kalibrasi seperti metode kalibrasi bayangan awan atau model linier, yang sesuai dengan terapan dan pengamatan sudah wilayah geografis.

❖ Hamburan Mei

Bila garis tengah (*diameter*) partikel atmosfer sama atau sedikit lebih besar dari panjang gelombang yang diindera. Penyebab utama hamburan Mei adalah uap air dan debu di atmosfer. Jenis hamburan Mei cenderung mempengaruhi panjang gelombang yang lebih panjang bila dibandingkan hamburan Rayleigh. Hamburan Mei sangat berpengaruh pada cuaca agak gelap.

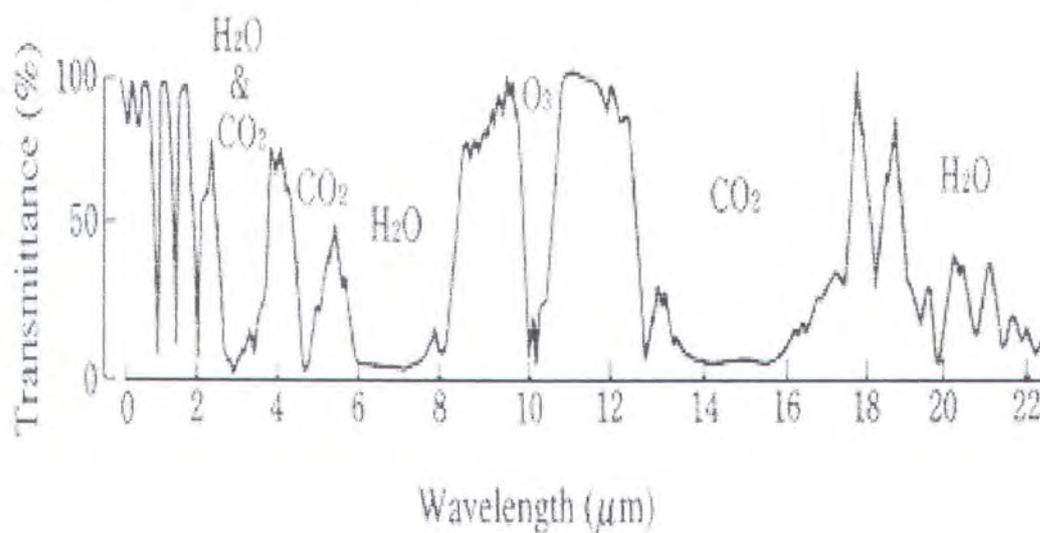
❖ Hamburan non-selektif

Terjadi apabila garis tengah (*diameter*) partikel penyebab hamburan jauh lebih besar dari panjang gelombang yang diindera. Contoh nyata adalah air hujan,

menyebabkan hamburan non-selektif dalam hubungannya dengan panjang gelombang. Akibat hamburan ini maka pada panjang gelombang tampak cahaya biru, hijau, merah dihamburkan dalam jumlah yang sama dan menyebabkan awan dan kabut tampak putih pada semua panjang gelombang.

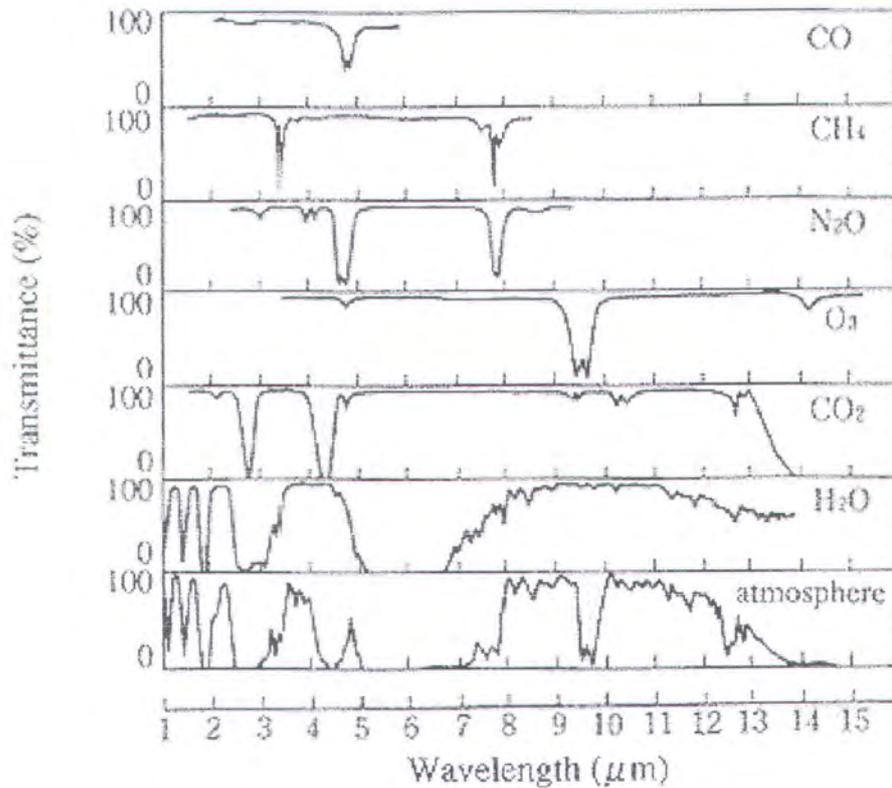
❖ Serapan

Serapan (*absorpsi*) mengakibatkan gangguan yang lebih parah dibandingkan dengan hamburan karena peristiwa ini akan mengakibatkan berkurangnya energi radiasi. Radiasi elektromagnetik di dalam atmosfer akan efektif diserap oleh uap air, karbon dioksida, oksigen dan ozon. Pada daerah panjang gelombang tertentu radiasi elektromagnetik dapat di transmisikan dengan baik misalnya pada daerah panjang gelombang 3 μm sampai 5 μm dan 8 μm sampai 14 μm seperti tampak pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Pengaruh atmosfer terhadap transmisi gelombang elektromagnetik yang terlewat ^[14]

Secara terperinci terpengaruh absorpsi oleh atmosfer terhadap radiasi gelombang elektromagnetik pada daerah inframerah dapat dilihat dari gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4 Karakteristik absorpsi molekul atmosfer pada daerah inframerah ^[14]

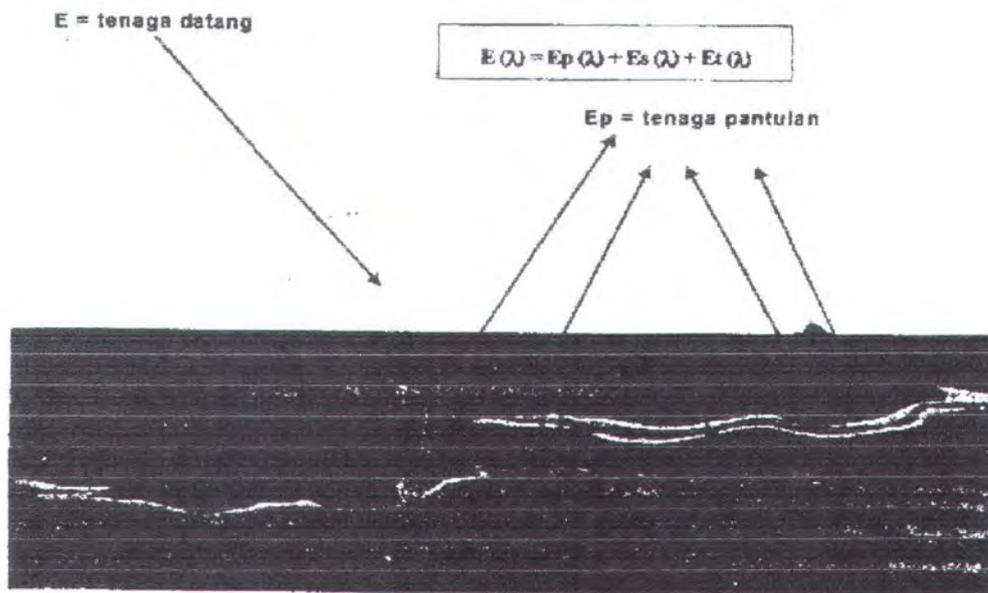
2.1.2 Interaksi Antara Tenaga dan Objek

Interaksi tenaga dengan objek atau benda sesuai dengan asas kekekalan tenaga, maka ada tiga interaksi apabila tenaga mengenai suatu benda, yaitu dipantulkan, diserap, diteruskan atau ditransmisikan. Hubungan timbal balik antara tiga interaksi tersebut merupakan fungsi panjang gelombang, sebagai berikut :

$$E(\lambda) = E_p(\lambda) + E_s(\lambda) + E_t(\lambda) \quad (2.6)$$

- dimana :
- E = tenaga yang mengenai benda
 - E_p = tenaga yang dipantulkan
 - E_s = tenaga yang diserap
 - E_t = tenaga yang diteruskan atau ditransmisikan
 - λ = panjang gelombang

Hal ini dapat diterangkan bahwa suatu objek yang di kenai tenaga elektromagnetik pada panjang gelombang tampak (0,4-0,7) μm maka tenaga yang diterima, dipantulkan, diserap, maupun yang di transmisikan besarnya akan berbeda apabila objek transmisikan besarnya akan berbeda apabila objek tersebut dikenai tenaga pada panjang gelombang inframerah dekat (0,8-1,2) μm .

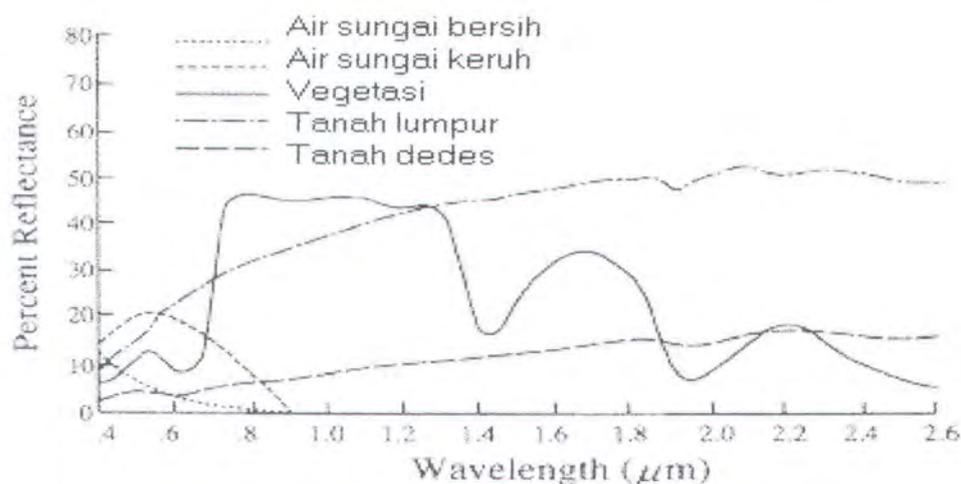


Gambar 2.5 Interaksi antara tenaga elektromagnetik dan objek dipermukaan bumi ^[6]

Sistem penginderaan jauh bekerja pada panjang gelombang bermacam-macam, mulai dari panjang gelombang tampak dan perluasannya (0,4 -1,3) μm ,

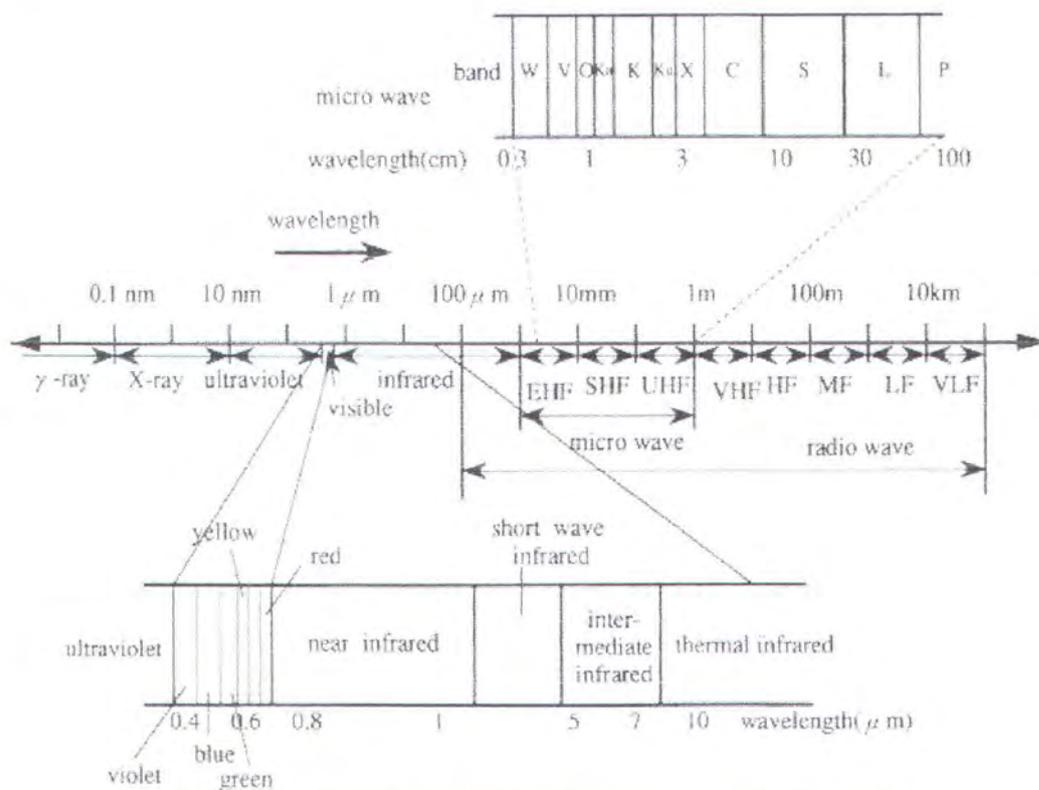
panjang gelombang termal (3-10) μm , hingga gelombang mikro (3-100) cm. Oleh karena itu penginderaan jauh akan menjadi sederhana apabila setiap objek diketahui karakteristiknya dalam memantulkan atau memancarkan tenaga ke sensor ilustrasi interaksi antara tenaga elektromagnetik dengan objek di permukaan bumi digambarkan pada gambar 2.5.

Kebanyakan penginderaan jauh bekerja panjang gelombang pantul sehingga karakteristik gelombang pantulan dari obyek-obyek di permukaan bumi sangat penting. Perbedaan karakteristik pantulan untuk obyek-obyek di permukaan bumi dapat kita lihat pada gambar 2.6. Menunjukkan kurva pantulan dari tiga obyek yang berbeda yakni vegetasi sehat berdaun hijau, tanah gundul, dan air danau yang jernih. Garis pada kurva menunjukkan pantulan rata-rata yang dibuat dengan pengukuran obyek dengan sample yang banyak. Dari perbedaan ini akan memudahkan kita dalam membedakan obyek di permukaan bumi.



Gambar 2.6 Kurva pantulan spektral yang mencirikan untuk obyek vegetasi, tanah, dan air^[14]

Pengamatan untuk membedakan objek-objek dipermukaan bumi harus memperhatikan panjang gelombang yang digunakan. Pada daerah panjang gelombang tampak antara air dan vegetasi akan memantulkan energi yang kurang lebih sama sehingga sulit membedakan pada daerah panjang gelombang ini akan tetapi pada daerah infra merah pantulan kedua obyek tersebut akan dapat dibedakan.



Gambar 2.7 Daerah panjang gelombang yang dipakai pada penginderaan jauh^[14]

Sistem penginderaan jauh yang menggunakan radiasi elektromagnetik pada umumnya mempunyai empat komponen penting yaitu :

- ♣ Sumber radiasi elektromagnetik dapat merupakan sumber alami, seperti panas bumi, dan juga dapat merupakan sumber artifisial seperti gelombang mikro.

- ♣ Interaksi antara bumi dengan penginderaan yaitu jumlah dan karakteristik dari radiasi yang diemisikan atau dipantulkan dari permukaan bumi tergantung dari karakteristik obyek permukaan bumi.
- ♣ Interaksi dengan atmosfer dimana elektromagnetik yang melalui atmosfer akan mengalami gangguan dan hamburan.
- ♣ Interaksi antara bumi dengan penginderaan akan direkam oleh suatu sensor misalnya, radiometer atau kamera.

2.1.3 Distribusi Nilai Spektral

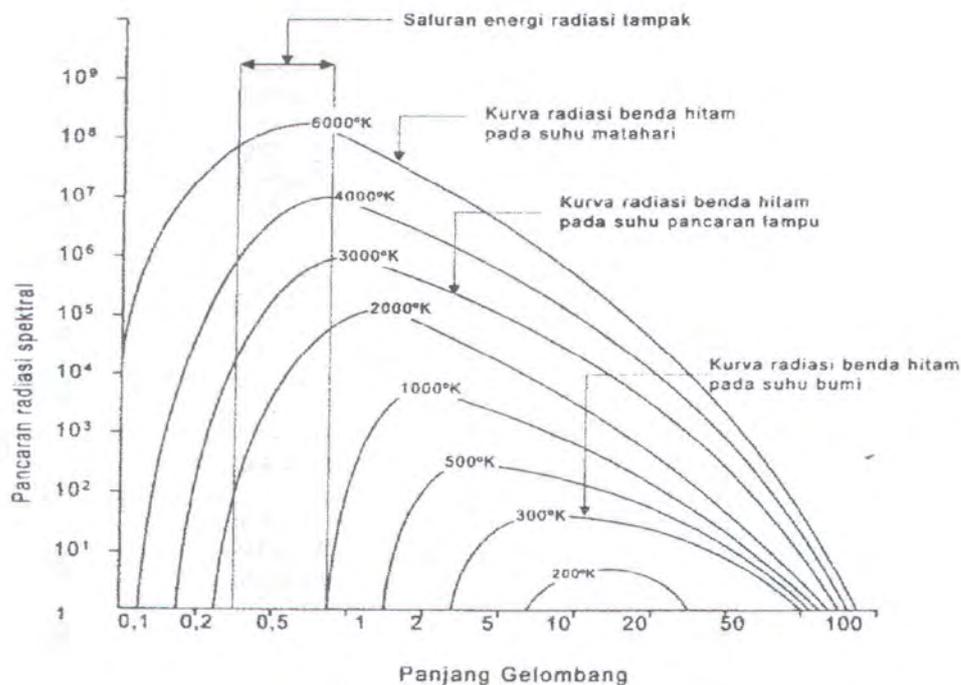
Namun, benda yang semacam itu tidak ada, yang ada hanya mendekati kesempurnaan. Oleh karena itu setiap tenaga yang dipancarkan suatu objek (*benda*) tidak tergantung pada suhu absolutnya, melainkan tergantung pada daya pancarnya atau distribusi spektral tenaga yang dipancarkannya.

Kurva distribusi tenaga untuk benda hitam sempurna pada berbagai suhu (gambar 2.4) bervariasi dari 200^0K hingga 6000^0K . gambar 2.8 pancaran radiasi spectral ($\text{Wm}^{-2} \text{mm}^{-1}$) menunjukkan tenaga radiasi yang datang dari suatu benda hitam sempurna pada setiap interval panjang gelombang 1 mm. Kurva tersebut juga menunjukkan adanya pergeseran puncak distribusi radiasi benda hitam ke arah panjang gelombang yang makin pendek apabila suhu naik. Panjang gelombang yang dominan atau panjang gelombang di mana kurvaradiasi suatu benda hitam mencapai maksimum berkaitan dengan suhunya.

Radiasi berkaitan dengan panas objek di bumi, maka disebut tenaga termal atau inframerah termal. Tenaga ini tidak dapat dilihat atau dipotret, tetapi dapat diindera dengan sensor non-fotografi, yaitu sensor termal atau sensor yang

detektornya peka terhadap panjang gelombang inframerah termal (3-18) μm .

sensor tersebut dapat berupa radiometer atau scanner (*thermal scanner*).



Gambar 2.8 Distribusi spektral yang dipancarkan oleh benda hitam ^[6]

Hubungan antara pancaran maksimum objek, panjang gelombang, dan suhu dinyatakan dalam hukum pergeseran wien, yang dirumuskan dalam formula berikut :

$$\lambda_m = \frac{A}{T} \quad (2.7)$$

dimana : λ_m = panjang gelombang pada pancaran maksimum

A = konstante yang besarnya 2898 m⁰K

T = suhu absolut benda 0⁰K

Sensor termal dapat dioperasikan dalam wahana pesawat atau satelit. Pengoperasian sensor termal yang paling baik pada waktu ini hari, karena pancaran benda ini hari merupakan pancaran panas benda sendiri (*tidak terpengaruh oleh pancaran panas sumber lain*), sehingga kontras pancaran yang direkam sensor, benar-benar merupakan kontras termal objek yang direkam.

❖ Pengenalan Pola Spektral

Pola yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah susunan keruangan yang merupakan ciri (*karakteristik*), menandai berbagai objek, baik objek bentukan manusia maupun objek alamiah. Contoh pola pemukiman transmigrasi, kota, pola aliran sungai dan lain-lain. Pengenalan pola spektral dapat dilakukan dengan cara klasifikasi. Pengenalan pola (*pattern recognition*) secara teknik bertujuan untuk mengklasifikasi dan mendeskripsikan pola atau susunan objek melalui sifat atau ciri objek yang bersangkutan berdasarkan karakteristik spektral yang terekam pada citra. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) adalah mengevaluasi informasi objek berdasarkan ciri spektral yang disajikan oleh citra penginderaan jauh. Pengenalan pola spektral dilakukan dengan bantuan komputer, agar informasi spectral dapat dievaluasi secara kuantitatif. Karakteristik (*ciri*) spektral (*spectral sinature*) dalam penginderaan jauh adalah karakteristik setiap objek dalam inderaan jauh adalah karakteristik setiap objek dalam menyerap dan memantulkan tenaga yang diterimanya.

2.2 Sensor Penginderaan Jauh

Sensor adalah alat perekam objek bumi. Sensor dipasang pada wahana (*platform*) dan letaknya jauh dari objek yang diindera, maka diperlukan tenaga

elektromagnetik yang dipancarkan atau dipantulkan oleh sensor tersebut. Tenaga radiasi yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek dan ditangkap oleh sensor, dapat menghasilkan citra yang sesuai dengan wujud aslinya. Setiap sensor mempunyai kepekaan spektral terbatas. Tidak ada satu sensorpun yang peka terhadap seluruh panjang gelombang. Sensor terbatas kemampuannya untuk menginderaan objek kecil batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam objek. Di dalam citra resolusi merupakan parameter limit atau daya pisah objek yang masih dapat dibedakan empat jenis yaitu :

❖ Resolusi Spasial

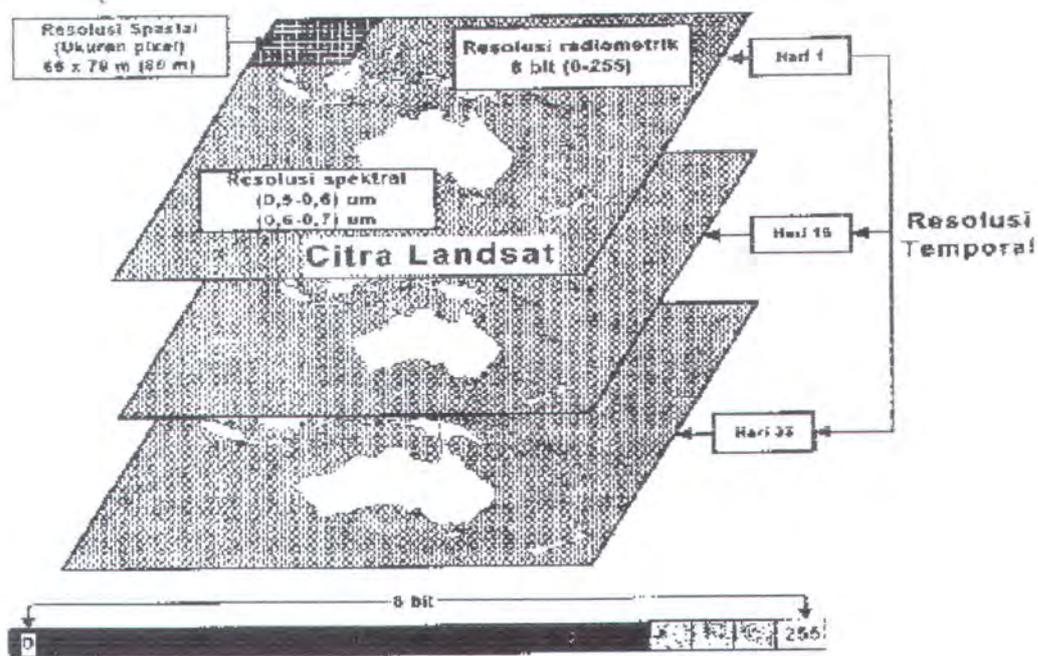
Ukuran objek terkecil yang masih dapat disajikan, dibedakan, dan dikenali citra. Semakin kecil ukuran objek yang dapat direkam, semakin baik kualitas sensornya. Kepekaan sensor terhadap kisaran panjang gelombang yang digunakan juga mempengaruhi kualitas sensornya. Keunggulan dan keterbatasannya merupakan kepekaan sistem sensor terhadap kisaran gelombang elektromagnetik.

❖ Resolusi Spektral

Daya pisah obyek berdasarkan besarnya spectrum elektromagnetik yang digunakan untuk perekam data. Kebanyakan sensor sistem non-fotografi memiliki peralatan optik, mekanik, atau elektronik yang rumit sehingga memerlukan persyaratan tenaga, ruang, dan stabilitas yang serba terbatas. Persyaratan tersebut sering menentang kemampuan sensor sinyal sensor dalam merekam setiap kenampakan di permukaan bumi.

❖ Resolusi radiometrik

Sistem sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil, atau kepekaan sensor terhadap kepekaan terkecil kekuatan sinyal. Persyaratan tersebut juga menentukan jenis wahana untuk mengoperasiannya, sehingga kemampuan untuk perekam ulang suatu daerah dapat diatur seefisien mungkin. Perbedaan kenampakan yang masih dibedakan dalam waktu perekam ulang.



Gambar 2.9 Perbedaan pengertian resolusi spasial, resolusi spektral, resolusi radiometric dan resolusi temporal.^[6]

❖ Resolusi termal

Disebabkan oleh keterbatasan sensor penginderaan jauh yang merekam pancaran tenaga termal. Resolusi termal adalah perbedaan suhu (*temperatur*) yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh sistem termal. Besarnya resolusi termal juga bervariasi tergantung kepekaan sensornya, misalnya 0,5⁰C.

Pada gambar 2.9 merupakan batas kemampuan sensor dalam perekam data permukaan bumi dengan sistem penginderaan jauh.

2.3 Sistem Satelit Penginderaan Jauh

Satelit penginderaan jauh dapat ditinjau menurut peredaran dari satelit maupun dari sensor yang dibawa oleh satelit sesuai dengan kegunaannya. Satelit beredar membentuk pola ellips yang dikenal dengan orbit. Berdasarkan orbitnya menurut Butlet et.al.1998 dalam Didik riswandi, 1998, satelit digolongkan menjadi tiga jenis yaitu :

- ❖ Orbit equatorial, yaitu kedudukannya sejajar dengan bidang ekuator
- ❖ Orbit polar, yaitu kedudukannya sejajar dengan sumbu bumi
- ❖ Orbit nearpolar, yaitu kedudukannya bersilang dengan sumbu bumi. Jenis ini dibedakan lagi menjadi dua kelompok, yaitu progade dan retrogade. Disebut progade jika sudut inklinasi (sudut yang dibentuk antara bidang orbit dengan equator) sebesar 90^0 , dengan pergerakan searah dengan rotasi bumi. Sedangkan retrogade jika sudut inklinasi antara 90^0 - 180^0 , dengan pergerakan berlawanan arah dengan rotasi bumi.

Menurut ketinggian orbitnya satelit inderaja dibagi menjadi dua yaitu :

- ❖ Satelit Geosynchronous yang perputaran searah rotasi bumi, mempunyai sudut inklinasi 0^0 mempunyai ketinggian ± 36.000 km dari ekuator yang digunakan keperluan pengamatan meteorology dan cuaca.
- ❖ Satelit Sunsynchronous yang bergerak mengelilingi bumi secara harmonis dari utara keselatan atau sebaliknya, yang mempunyai ketinggian ± 900 km, satelit

jenis ini banyak digunakan untuk keperluan lingkungan seperti landsat, SPOT, MOS, dan lain-lain.

Selain berdasarkan orbitnya satelit penginderaan jauh dapat ditinjau lebih jauh dari bagian sistem sensor yang digunakan. Sensor adalah suatu alat yang berfungsi untuk mendeteksi emisi dan reflektansi gelombang elektromagnetik yang berasal dari obyek dan merubahnya kedalam suatu nilai fisik yang dapat direkam dan diproses (*Butler et al, 1988*).

Sistem sensor dapat dibedakan menjadi dua kategori pokok (*Riswandi, 1998*) yaitu :

- ♣ Global acquisition system, yaitu perekam lokal, merekam panorama secara keseluruhan secara fotografik dalam waktu singkat, sebagai contoh adalah kamera fotografik dan kamera TV.
- ♣ Sequential acquisition system, yaitu sistem perekam sekuensial, merekam informasi baris demi baris (*non-fotografik*). Sistem sensor ini dibagi menjadi dua yaitu sistem sensor pasif dan sensor aktif. Sistem sensor pasif dikarenakan merekam radiasi gelombang elektromagnetik yang diemisikan atau di reflektansi oleh objek dengan sumber radiasi berasal dari matahari. Contoh sistem ini adalah MSS (*Multi Spektral Scanner*), TM (*Thematic Mapper*) dan CZCS (*Coastal Zone Color Scanner*). Sedangkan sistem sensor aktif dapat mengiluminasi objek dengan radiasi yang berasal dari sumber energi yang terdapat pada alat itu merekam radiasi yang dipancarkan kembali ke objek, contoh sistem sensor ini adalah Echo-Sounder, SONAR, RADAR dan LIDAR.

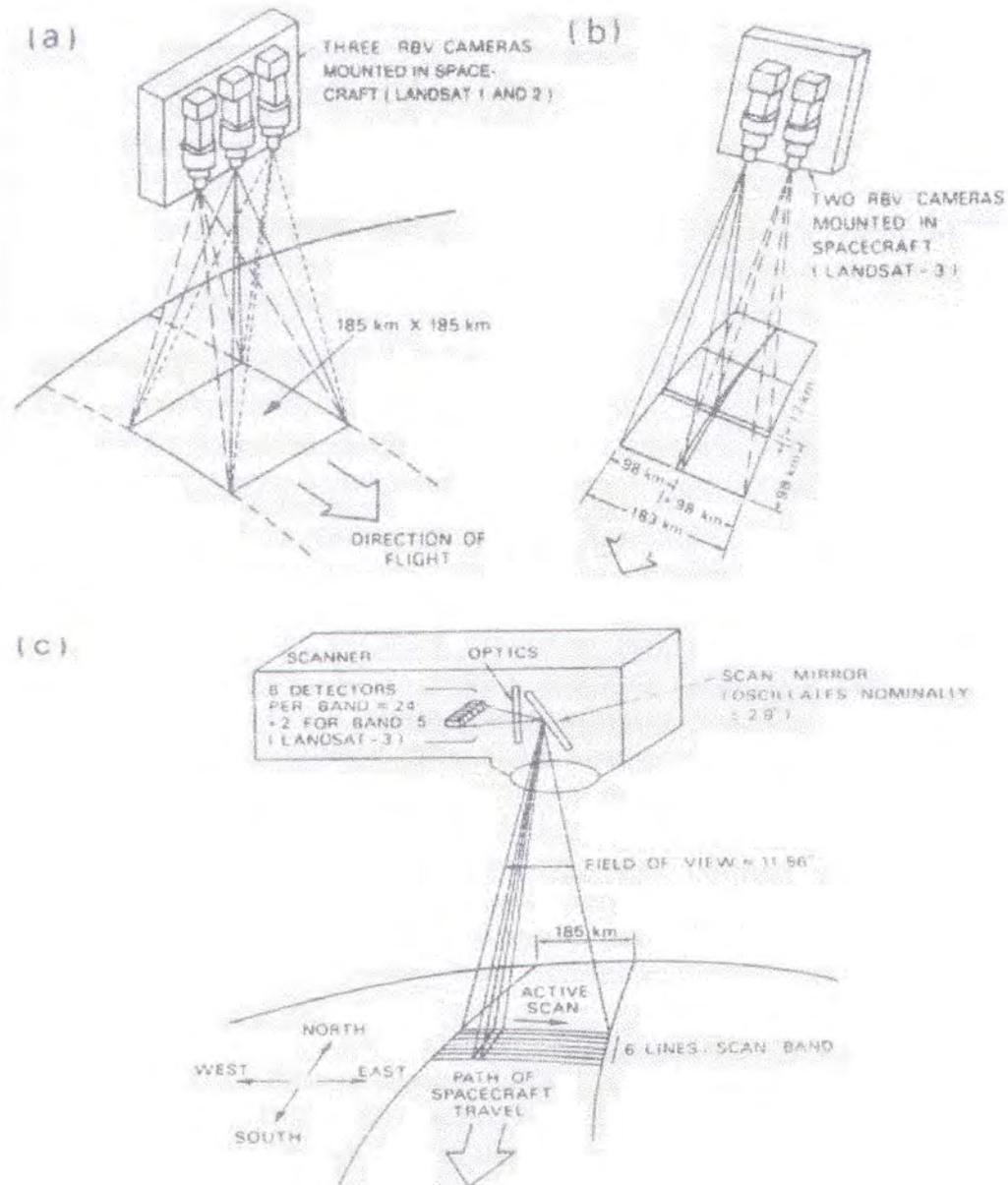
Terdapat dua karakteristik utama yang dimiliki sistem sensor pasif yaitu *Swath Width* dan *IFOV* (*Instantaneous Field of View*). *Swath Width* adalah jarak linier di bumi yang disapu dalam jalur lintasan. Sedangkan *IFOV* adalah sudut (*radian atau derajat*) dimana detektor sensitif untuk menerima radiasi. Dengan mengetahui *IFOV* dan ketinggian satelit maka dapat dihitung besarnya pixel (*picture element*) dipermukaan bumi (*Butler et al*).

Tabel 2.1 Karakteristik satelit penginderaan jauh ^[4]

Band	Panjang Gelombang μm	Resolusi Spasial (m)	Karakteristik
1	0.45 – 0.52	30	Biru. Berguna untuk membedakan antara tanah dan vegetasi dan antara pohon yang daunnya gugur dan pohon berdaun jarum.
2	0.52 – 0.60	30	Hijau. Sama dengan MSS band 4 sesuai puncak reflektansi hijau, bermanfaat untuk perkiraan kegiatan tanaman.
3	0.63 – 0.69	30	Merah. Sesuai absorpsi klorofil yang penting untuk membedakan tipe vegetasi.
4	0.76 – 0.90	30	Inframerah dekat. Berguna untuk menentukan kandungan biomas dan pemetaan garis pantai.
5	1.55 – 1.75	30	Inframerah tengah I. Menunjukkan kandungan kelembaban tanah dan vegetasi.
6	10.40 – 12.50	120	Inframerah termal. Citra malam hari berguna untuk pemetaan termal dan untuk perkiraan kelembaban tanah.
7	2.08 – 2.35	30	Inframerah tengah II. Berguna untuk pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal yang berhubungan dengan endapan mineral.

Dirancang agar mempunyai stabilitas lebih baik dengan peningkatan resolusi spasial, kepekaan radiometrik, laju pengiriman datanya lebih cepat, dan fokus penginderaan informasi yang berkaitan dengan vegetasi. Waktu equator dari jam 11.00, ketinggian orbit dari 705 km, penggunaan sistem penentu posisi global (*Global Positioning System*) yang canggih untuk menghasilkan rekaman letak

ketinggian satelit yang tepat. Interval waktu pemotretan daerah daerah yang sama 16 hari.



Gambar 2.10 Sistem penginderaan jauh (a) Tiga kamera (b) Dua kamera (c) sistem multispektral^[4]

Sistem ini mampu menghasilkan dengan resolusi tinggi yang terdiri 4.125 garis penyiaman dan 4.5 elemen gambar (piksel) per garis penyiaman. Tiga

kamera dapat menerima dapat mencitra areal 185×185 km setiap 25 detik. (gambar 2.10 a). Sistem RBV (*Return Beam Vidicon*) hanya terdiri dari dua kamera dengan dua panjang fokus, di dalam sistem optik, yang merekam hanya pada saluran spektral tunggal $0.505 - 0.750 \mu\text{m}$ (pankromatik). Hal ini menyebabkan penerangan peliputan areal sampai mencapai seperempat areal yang terliput oleh kamera RBV tunggal, (gambar 2.10 b). hal yang terpenting diperhatikan bahwa sistem RBV menggunakan penutup (*shutter*). Menghasilkan satu kerangka citra pada satu saat. Ada enam detektor untuk setiap saluran, sehingga seluruhnya ada 24 detektor yang dipakai. Penyiaman dimungkinkan untuk dilaksanakan dengan gerak ulang-alik cermin datar yang letaknya miring 45° terhadap bumi, dengan optik teleskop reflektor ganda. Cermin ini penyiaman bumi ke arah timur dengan sudut tegak lurus ke arah gerakan satelit (yaitu penyiaman melintang lintas satelit), dan penyiaman sepanjang lintas satelit dihasilkan oleh gerakan satelit ke depan pada arah selatan (gambar 2.10 c). Cermin penyiaman berotasi ke belakang dan ke depan dengan sudut ± 2.9 untuk menghasilkan bidang pandang total 11.6° . Enam garis data tersiam dalam satu waktu untuk jarak sepanjang 185 km di medan.

2.4 Teori Pengolah Citra Digital

Citra adalah suatu sistem perekam data dapat bersifat optik berupa foto, bersifat analog berupa sinyal-sinyal video seperti pada monitor televisi atau bersifat digital yang dapat langsung direkam dan disimpan pada suatu pita magnetic. Citra dapat dibedakan menjadi empat kelas menurut presisi yang

digunakan untuk menyatakan nilai keabuan suatu citra, yaitu : citra kontinu-kontinu, kontinu-diskrit, diskrit-kontinu dan diskrit-diskrit. Citra diskrit-diskrit dikenal dengan citra digital (*Natalia, 2000*).

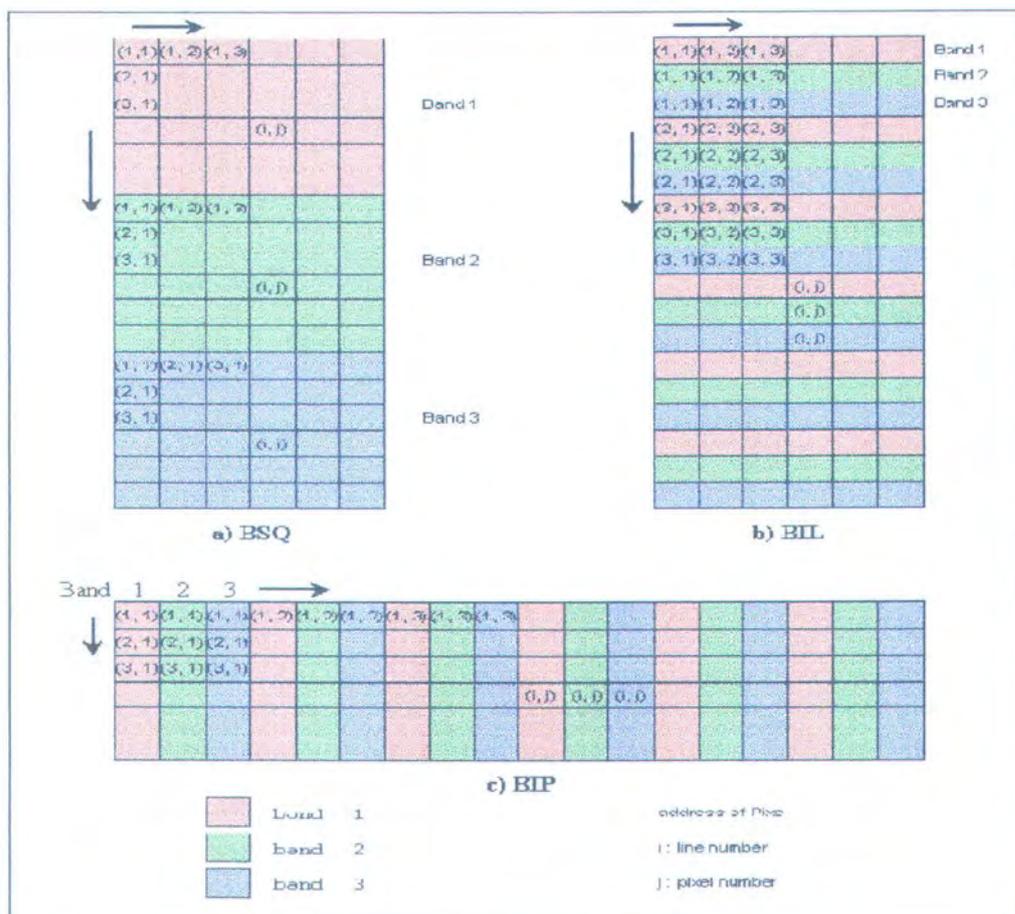
Citra digital merupakan suatu array dua dimensi atau suatu matrik (X,Y) yang elmen didalamnya menyatakan tingkat keabuan dari elemen gambar. Elemen array tersebut dinamakan piksel. Sebuah gambar akan dibagi menjadi beberapa piksel dengan ukuran tertentu sesuai dengan sensor satelit dan kemudian akan menentukan resolusi spatial gambar. Semakin baik resolusi spatial yang didapatkan maka semakin baik gambar yang diperoleh (*Afriyandra, 2001*).

Citra digital yaitu citra yang diperoleh, disimpan, dimanipulasi, dan ditampilkan dengan basis logika biner. Suatu citra digital disusun oleh sel-sel penyusun gambar yang disebut piksel. Setiap piksel mewakili luasan tertentu dan nilai spektral tertentu (*besarnya nilai pantulan yang terekam oleh sensor*). Nilai spektral pada citra digital yang terekam diberi nilai antara 0-255 (*pada sistem 8 bit*). Nilai 0 mewakili nilai pantulan yang sangat lemah sehingga akan tampak pada citra warna yang gelap sedangkan nilai 255 mewakili nilai pantulan yang diterima sensor sangat kuat sehingga akan tampak warna yang sangat terang pada citra yang dihasilkan. Untuk sistem 8 bit tiap piksel akan disimpan dalam byte yang terpisah sehingga tiap piksel disimpan dengan alamat yang jelas menurut baris dan kolom. Sistem penyimpanan seperti ini disebut raster. Sistem penyimpanan seperti ini kelemahan dalam hal pemborosan tempat keuntungan sistem raster yaitu dalam hal kemudahan pengaksesan, pengalihan format dan manipulasi.

Dengan semakin meningkatnya teknologi penginderaan jauh dengan memakai sensor multi band maka kebutuhan akan cara penyimpanan yang lebih efisien semakin terasa. Dengan sensor multi band ini akan didapatkan variasi nilai citra digital dalam sistem raster yaitu :

♣ Band Sequensial (BSQ)

Pada format ini penyimpanan dari tiap kanal dilakukan dengan terpisah. Penyimpanan dilakukan mulai dengan baris pertama, baris kedua, baris ketiga dan seterusnya pada kanal 1, kemudian baris pertama, baris kedua, baris ketiga dan seterusnya pada kanal 2 begitu juga kanal yang lain.



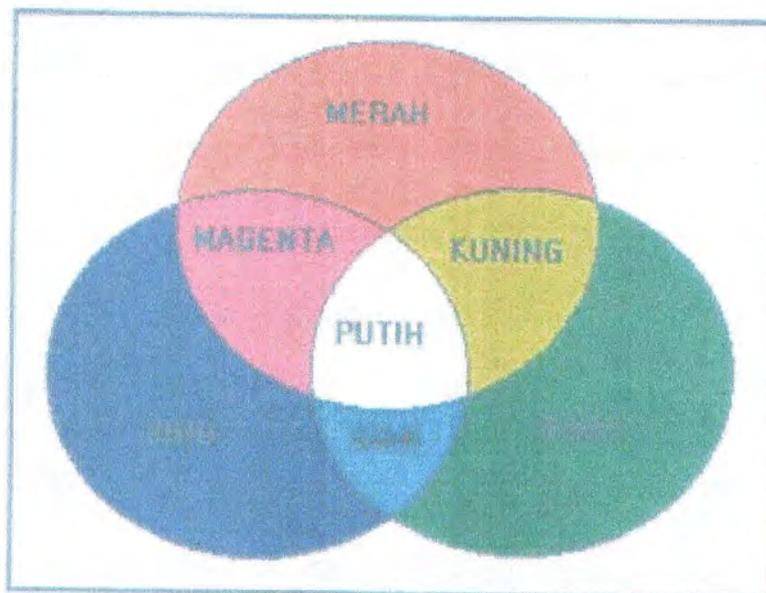
Gambar 2.11 Format data citra ^[14]

♣ Band Interleaved by Line (BIL)

Penyimpanan dengan format BIL dimulai dengan penyimpanan dari baris pertama pada kanal 1, kemudian baris pertama kanal 2, baris pertama kanal 3 sampai baris pertama kana ke n, kemudian dilanjutkan baris kedua kanal 2, baris kedua kanal 2, sampai baris ke dua kanal ke n.

♣ Band Interleaved by Pixel (BIP)

Format BIP ini memiliki degan format BIL, perbedaannya terletak pada selang-selingnya bukan pada baris melainkan pada piksel. Penyimpanannya dimulai dari piksel pertama yang terletak pada pojok kiri atas yaitu baris pertama kanal 1, piksel pertama baris pertama kanal 2 dan seterusnya sampai piksel pertama baris pertama kanal ke n seterusnya sampai piksel terakhir baris terakhir kanal 1, piksel terakhir baris terakhir kanal 2, seterusnya sampai piksel terakhir baris terakhir ke n untuk mudahnya mengerti dapat dilihat pada gambar 2.11.



Gambar 2.12 Adisi warna primer sekunder^[9]

Pengenalan objek pada citra akan sangat mudah apabila dilakukan dengan teknik visula dalam penginderaan jauh dikenal citra komposit yang merupakan paduan dari citra beberapa kanal. Dalam teori warna dikenal tiga warna dasar yaitu biru, merah dan hijau. Kombinasi ketiga warna ini menghasilkan warna-warna lain.

Tabel 2.2 Contoh komposisi warna dari data digital ¹⁹¹

No	Hasil Warna	Intensitas Warna		
		Merah	Hijau	Biru
1	Putih	255	255	255
2	Merah	255	0	0
3	Hijau	0	255	0
4	Biru	0	0	255
5	Sian	0	255	255
6	Megenta	255	0	255
7	Kuning	255	255	0
8	Hitam	0	0	0

Untuk lebih banyak mendapatkan informasi dari penginderaan jauh harus melakukan pengolahan citra selain dengan teknik visual. Pengolahan citra disini tidak hanya untuk mengambil informasinya namun juga untuk memperbaiki citra mentah yang kita peroleh.

2.4.1 Pengolahan Data Citra Penginderaan Jauh

Data penginderaan jauh masih berupa data digital maka perlu diolah secara sistematis yang dibantu oleh software tertentu, tetapi secara umum pemrosesan data penginderaan jauh sebagai berikut :

- ❖ Data input, terdiri dari dua data utama yaitu data analog dan data digital.
- ❖ Pemulihan citra yang berfungsi untuk memulihkan citra yang mengalami distorsi kearah gambaran yang lebih sesuai dengan keadaan aslinya. Koreksi radiometrik dan koreksi geometric termasuk dalam langkah ini.
- ❖ Penanaman citra berfungsi untuk menguatkan kenampakan kontras diantara kenampakan yang ada pada citra. Pada berbagai penggunaan, langkah ini berguna untuk meningkatkan jumlah informasi yang dapat diinterpretasikan secara visual dari data citra.
- ❖ Klasifikasi citra berfungsi sebagai teknik kuantitatif untuk interpretasi secara otomatis data citra digital. Pada proses ini maka tiap pengamatan piksel dievaluasi dan ditetapkan pada suatu kelompok informasi.

Output, terdiri dari dua data yaitu bersifat analog, seperti film dan dapat bersifat digital seperti data base dalam GIS.

2.4.2 Koreksi Radiometrik dan Koreksi Geometris

Data citra yang diterima oleh stasiun bumi banyak mengalami distorsi baik secara radiometrik maupun distorsi geometri yang mengakibatkan nilai digital dari data tidak tepat dalam kaitannya dengan energi objek secara radiometrik dan secara geometrik kenampakan pada peta. Karena hal tersebut maka diperlukankoreksi terhadap citra yaitu koreksi radiometrik dan koreksi geometrik.

♣ Koreksi Radiometrik

Distorsi radiometrik menyebabkan kecacatan pada citra dalam bentuk tingkat keabuan (*grey level*) dari piksel yang sebenarnya. Penyebab distorsi dikelompokan menjadi tiga (riswandi, 1998) yaitu :

➤ Gangguan atmosfer terhadap radiasi elektromagnetik

Gangguan ini berupa penyerapan dan penghambatan radiasi oleh atmosfer selama transmisi radiasi ke permukaan bumi, atmosfer juga menyerap radiasi yang berasal dari pantulan dan hamburan radiasi objek dari permukaan bumi sebelum radiasi tersebut mencapai sensor.

➤ Sudut elevansi matahari

Perubahan sudut elevansi matahari mengakibatkan radiasi yang dipantulkan oleh objek-objek yang ada dipermukaan bumi sebagian akan terdifusi sehingga mengakibatkan adanya area yang lebih terang pada data citra (*sun spot shading*) yang berpengaruh terhadap fotografi yang seharusnya.

➤ Vegnetting

Vegnetting merupakan distorsi radiometrik yang diakibatkan oleh kesalahan pada subsistem sensor sehingga objek-objek pada data citra satelit yang berada dipusat area akan lebih terang daripada yang berada di sudut area. Pada prinsipnya, koreksi radiometrik adalah melakukan kalibrasi terhadap ketidakseragaman kepekaan spektral data yang diterima oleh stasiun perima.

♣ Koreksi Geometrik

Distorsi geometrick menyebabkan pergeseran elemen gambar dari letak yang seharusnya, hal ini juga menyebabkan distorsi dinamik dan pergeseran letak relief yang terjadi pada citra satelit. Distorsi geometric dapat dibagi menjadi dua (Riswandi, 1998) yaitu :

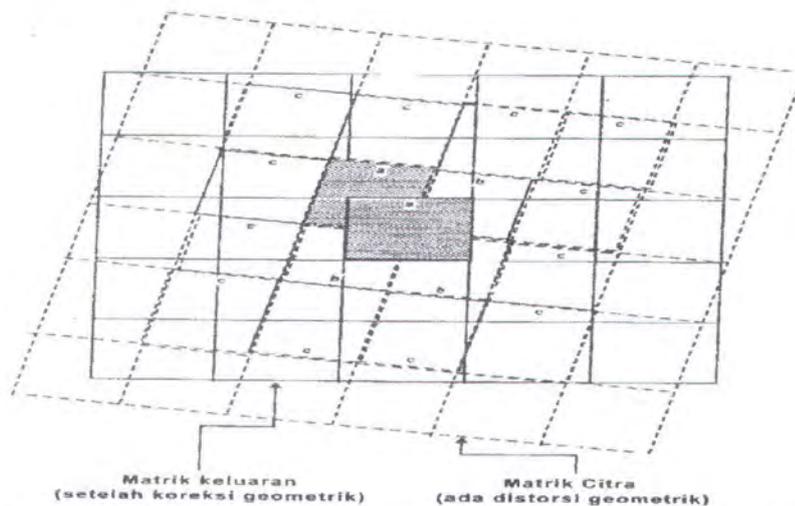
- Distorsi Internal, dikatakan distorsi internal karena kurang sempurnanya sistem

kerja scan deflection sistem (*sistem yang berhubungan dengan arah penyapuan*), ketidak linearan dan noise pada scanning sistem, perubahan sudut pandang wahana pembawa sensor terhadap objek serta kecepatan dan ketegakan wahana sensor.

- Distorsi Eksternal, dikatakan distorsi eksternal karena disebabkan oleh rotasi bumi dan kelengkungan bumi.

Prosedur dalam koreksi geometrik dibagi menjadi dua sesuai distorsi yang terdapat pada data citra yaitu :

- ♣ Koreksi sistematis, koreksi ini digunakan untuk data yang mengalami distorsi eksternal
- ♣ Koreksi non-sistematis, koreksi ini digunakan untuk data yang mengalami distorsi internal



Gambar 2.13 Perbandingan citra yang dikoreksi dan yang belum dikoreksi ^[6]

Koreksi non-sistematis menggunakan metode transformasi koordinat atau transformasi geometrik dan resampling. Transformasi koordinat menggunakan analisa titik ikat medan (*Ground Control Point*). Dalam melakukan transformasi

koordinat memerlukan ketersediaan peta yang sudah teliti yang sesuai dengan daerah liputan citra serta titik-titik ikat medan yang sesuai dengan liputan citra yang mudah dikenali pada citra. Kenampakan yang baik sebagai titik-titik ikat medan tersebut tidak berubah dalam kurun waktu tertentu seperti perpotongan jalan raya. Pada proses koreksi, diletakkan sejumlah besar titik-titik ikat medan sesuai dengan koordinat citra (X,Y) dan koordinat peta (koordinat peta lintang bujur). Sedangkan proses resampling yaitu penentuan tingkat keabuan piksel yang telah dikoreksi dengan interpretasi harga keabuan piksel tetangganya pada citra semula. Resampling digunakan untuk mendapatkan citra dengan jarak yang sama antara piksel-pikselnya.

♣ Koreksi citra terhadap peta

Koreksi citra terhadap peta yaitu proses koreksi dengan memasukkan ground control point (GCP) yang telah di seleksi yang sesuai dengan koordinat peta misalnya meter pada easting northing pada proyeksi peta universal transverse mercator ke koordinat piksel pada citra (baris dan kolom). Informasi koordinat yang dijadikan GCP tidak harus dari peta akan tetapi dapat diperoleh dari survei lapangan dengan memakai instrument Global Positioning System (GPS)

♣ Koreksi citra ke citra

Koreksi citra terhadap citra yaitu proses dengan memasukkan koordinat citra yang telah terkoreksi ke citra yang belum terkoreksi. Citra yang terkoreksi dengan yang belum terkoreksi harus merupakan citra dari lokasi di bumi yang sama. Untuk meningkatkan akurasi dari koreksi yang telah dilakukan harus dilihat kembali koordinat dari citra hasil koreksi dengan membandingkan dengan peta standart.

Proses perpindahan dan perputaran untuk menyamakan posisi dari dua citra yang memiliki wilayah dan geometri yang sama dan juga hubungan yang lain dapat terlihat pada regresi citra (Chen and Lee, 1992). Jadi untuk mendapatkan keterangan proses koreksi yang telah dilakukan pada suatu citra dapat diperoleh pada regresi citra. Pada proses citra ke citra, citra hasil koreksi sudah tentu mewarisi kesalahan dari citra referensi.

Kesalahan sistematis dapat diperbaiki dengan mengidentifikasi GCP pada citra asli dengan memakai peta referensi dengan memasukkannya pada transformasi yang merupakan suatu model matematik tertentu. Tipe transformasi untuk orde satu yang memakai enam parameter kesalahan pada data penginderaan jauh diantaranya memasukkan pemindahan X dan Y, perubahan skala X dan Y, kemiringan (skew) dan perputaran. Ketika enam parameter dikombinasikan akan didapatkan :

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y \quad (2.8)$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y \quad (2.9)$$

Dengan x dan y posisi output citra yang dikoreksi atau peta referensi dan x', y' yang menggambarkan hubungan posisi dari citra input asli dengan memakai transformasi diatas tentunya masih ada kesalahan yang terjadi pada citra yang dihasilkan. Untuk mengetahui seberapa besar yang terjadi dipakai perhitungan RMS_{error} (*root-mean square error*) dari masing-masing ground control point (GCP).

$$RMS_{error} = \sqrt{(x'-x)^2/2 + (y'-y)^2/2} \quad (2.10)$$

Dimana : RMS_{error} = kesalahan akar rerata kuadrat (*root-mean-square error*)

x' dan y' = hasil perhitungan / estimasi dari citra asli

x dan y = koordinat kolom dan baris asli dari GCP yang dimasukkan pada citra

Idealnya x' sama dengan x dan y' sama dengan y RMS _{error} yang diperbolehkan maksimal sebesar 0,5. Apabila lebih dari itu harus dilakukan penghilangan dari titik yang memiliki RMS _{error} lebih dari batas ambang yang diperkenankan. Agar didapatkan koreksi yang tepat dan sesuai dengan peta referensi yang dipakai perlu diperhatikan sistem proyeksinya. Sistem proyeksi ini menggambarkan wilayah dan daerah yang bersangkutan.

2.5 Klasifikasi Terselia (Supervised Classification)

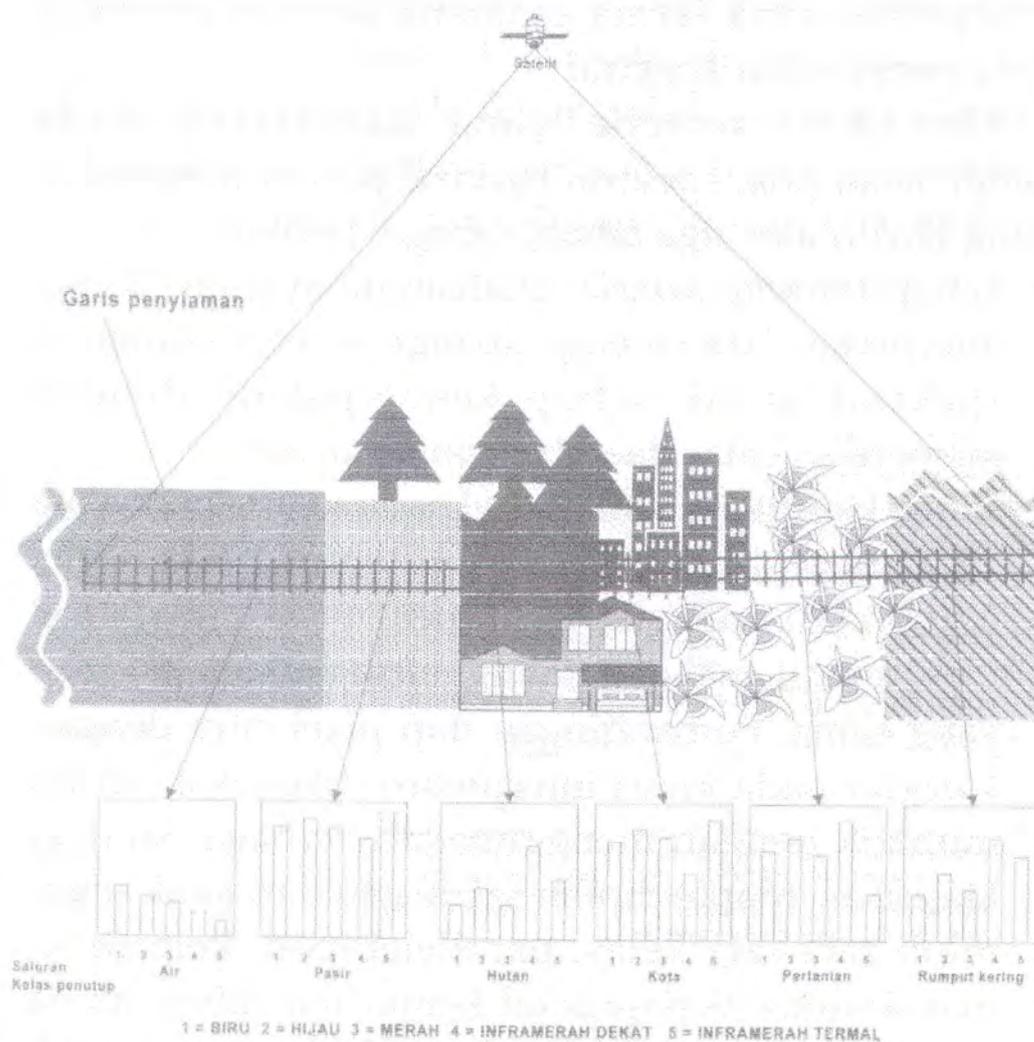
Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih training area untuk tiap kategori luas lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terselia (*supervised classification*).

Klasifikasi terselia digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numeric, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Konsep penyajian data dalam bentuk numeris / grafik atau diagram seperti gambar 2.14. gambar tersebut melukiskan satu garis penyiaman (*scanning*) data penginderaan jauh satelit pada suatu medan yang terdiri atas beberapa luas.

Penelitian menggunakan data dan metode tertentu perlu dilakukan uji ketelitian, karena hasil uji ketelitian sangat mempengaruhi besarnya kepercayaan pengguna terhadap setiap jenis data maupun metode analisisnya. Semakin banyak jenis dan jumlah data penginderaan jauh di Indonesia, maka uji ketelitian perlu

dilakukan, baik untuk keperluan pemetaan maupun untuk evaluasi sumber daya lahannya. Uji ketelitian interpretasi dapat dilakukan sebagai berikut :

- ♣ Melakukan pengecekan lapangan serta pengukuran beberapa titik (*sample area*) yang di pilih dari setiap bentuk penggunaan lahan.
- ♣ Menilai kecocokan hasil interpretasi setiap citra dengan peta referensi pada daerah yang sama.
- ♣ Analisa statistik dilakukan pada data dasar dan citra hasil klasifikasi.



Gambar 2.14 Pengukuran objek luas lahan di bawah

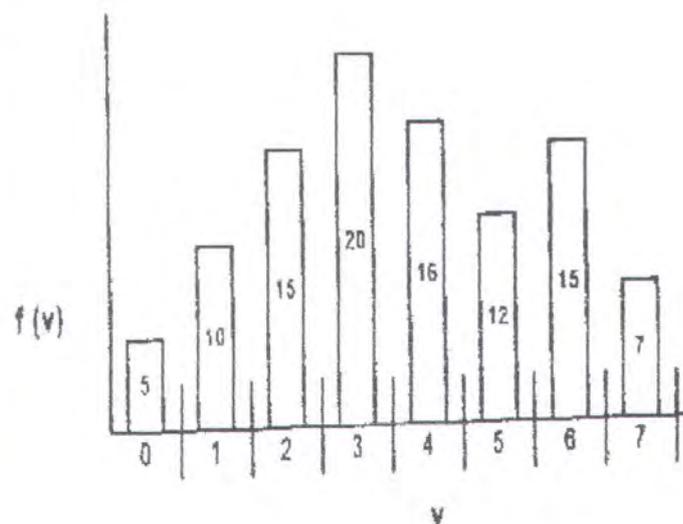
garis penyiaman ^[6]

Setiap objek sepanjang garis penyiaman diilustrasikan dalam suatu bujur sangkar yang memuat histogram pantulan atau pancaran objek permukaan bumi dalam bentuk digital setiap saluran (*digambarkan dalam luas saluran yang mewaliki saluran biru, hijau, merah, inframerah dekat, dan inframerah thermal*). Lima jenis luas penggunaan lahan yang berbeda yang berada pada garis siaman, yaitu lahan pemukiman, vegetasi, tambak, rawa, lahan kosong dan tubuh air.

2.5.1 Histogram Citra

Histogram citra merupakan table frekuensi dari semua nilai ruang ciri, atau merupakan plotting gambar hubungan frekuensi dengan semua nilai atau derajat keabuan. Setiap frekuensi pada histogram adalah jumlah piksel pada segmen citra, biasa dianotasikan dengan $h(i)$.

Grey level (v)	Frequency $f(v)$
0	5
1	10
2	15
3	20
4	16
5	12
6	15
7	7
Total	8
	100



Gambar 2.15 Histogram kumulatif^[6]

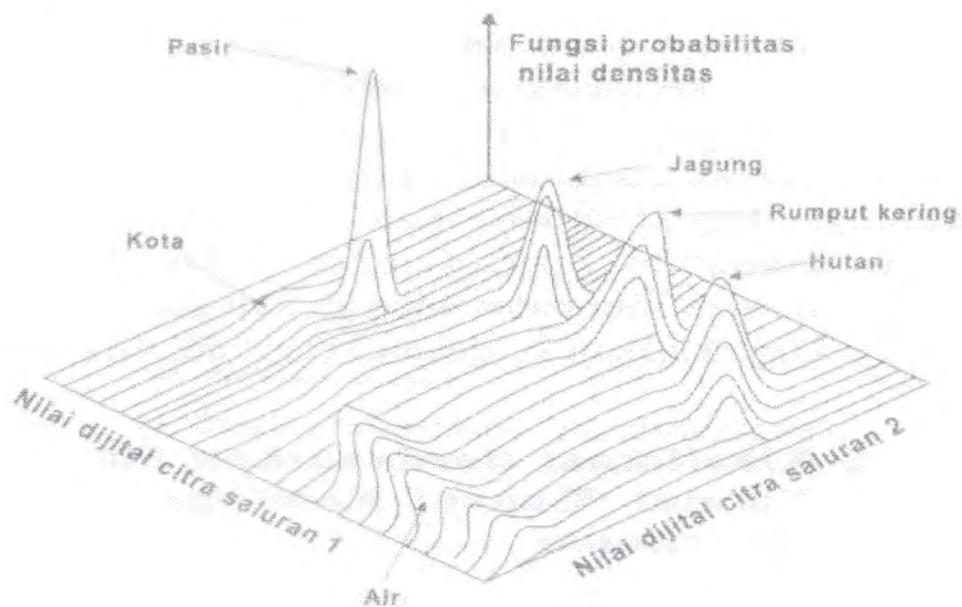
Hubungan untuk masing-masing derajat keabuan adalah frekuensi $f(v_i)$ dimana $i = 0, 1, 2, \dots, N_v - 1$. N_v adalah jumlah derajat keabuan dari satu citra. Histogram $H(i)$ dapat diturunkan menjadi histogram kumulatif, di mana $(i) = 0, 1, 2, 3, \dots, N_v - 1$ diperoleh dari penjumlahan nilai keabuan dengan nilai / derajat keabuan sebelumnya, seperti gambar 2.15 Bentuk numeriknya adalah :

$$F_c(v_i) = f(v), \text{ di mana } v = 0, 1, 2, \dots, v_i \quad (2.11)$$

Contoh yang mudah pada kasus ruang ciri berdimensi satu, dimana histogram disajikan berupa suatu grafis dari satu tabel dengan masing-masing derajat keabuan sebagai masukan tabel.

2.6 Maksimum Likelihood

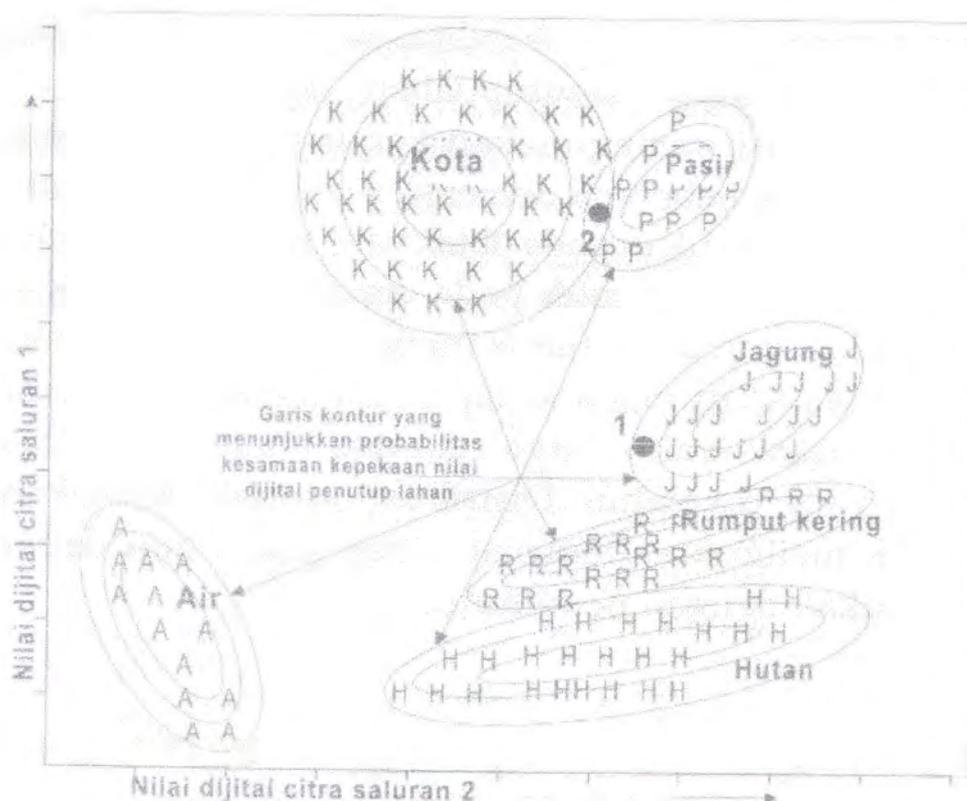
Klasifikasi berdasarkan maksimum likelihood merupakan strategi klasifikasi terselia dengan cara mengevaluasi kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasi piksel yang tidak dikenal.



Gambar 2.16 Probabilitas nilai densitas berdasarkan maksimum likelihood^[6]

Pengkelasan ini menggunakan bentuk training sampel yang bersifat sebaran normal (*distribusi normal*), yaitu semua sebaran (*distribusi*) pola tanggapan spektral penggunaan lahan dianggap atau diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan kovarian matrik sehingga kebolehjadian (*probabilitas*) statistiknya berupa kurva normal (*gaussian*).

Gambar 2.16 menunjukkan nilai probabilitas dalam grafik tiga dimensi terhadap diagram pencar. Sumbu tegak berkaitan dengan probabilitas suatu nilai piksel dalam satu kelompok kelas. Permukaan berbentuk gunung-gunung yang dihasilkan dari fungsi probabilitas nilai densitas (*probability density function value*).



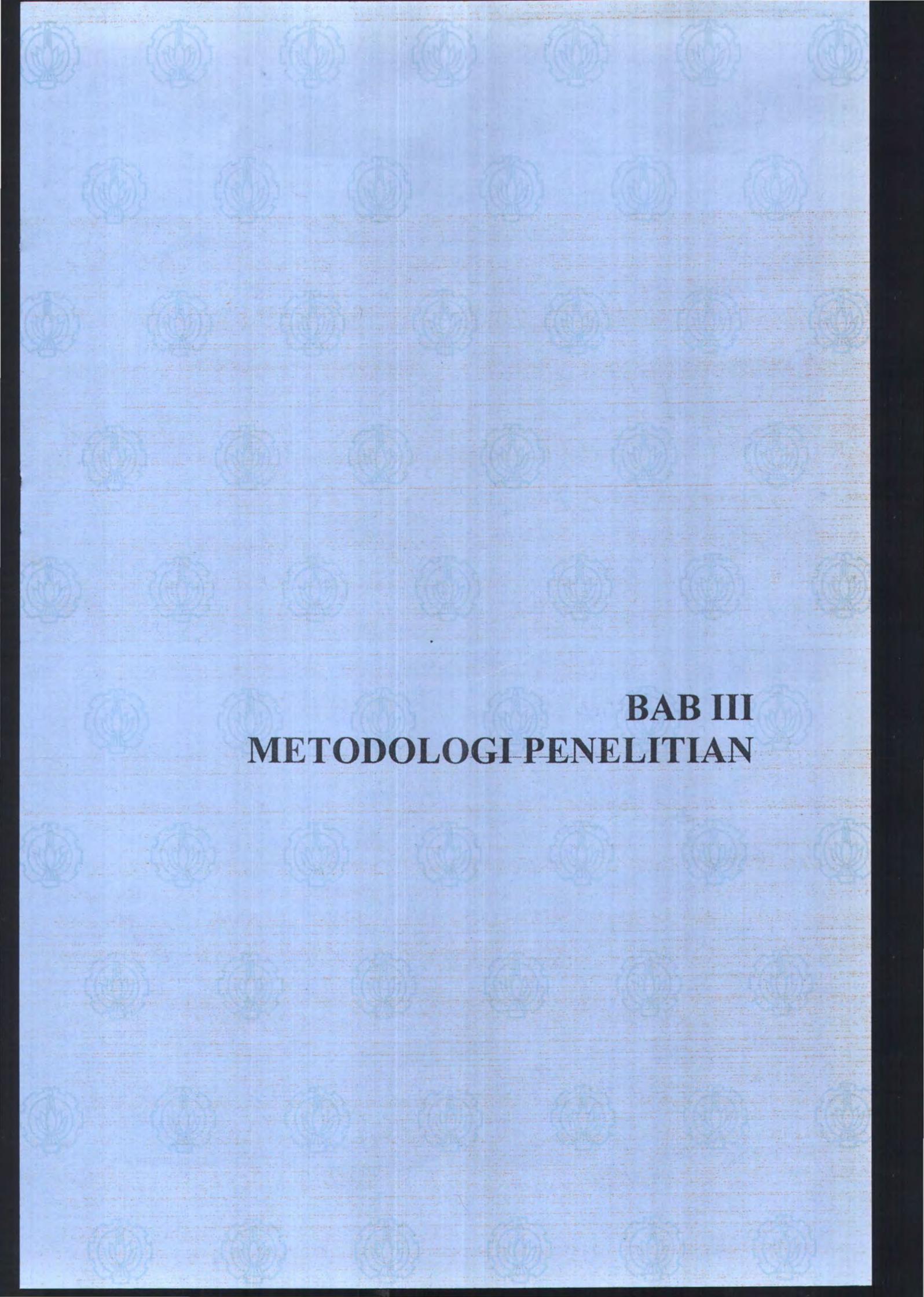
Gambar 2.17 Kontur probabilitas nilai densitas piksel sama pada klasifikasi maksimum likelihood ^[6]

Pola dasar klasifikasi maksimum likelihood terutama pembuatan batas “ garis tinggi probabilitas nilai densitas piksel sama ” yang digambarkan dalam bentuk elipsoidal pada diagram pencarnya yang menunjukkan daerah atau wilayah ketetapan kepekaan spektral piksel seperti gambar 2.17 di mana bentuk kontur garis tinggi probabilitas nilai densitas piksel merupakan kepekaan kelas spektral terhadap korelasi. Contoh kepekaan dapat dilihat pada piksel (titik) 1 secara tepat dapat ditetapkan pada kategori “jagung” karena masuk dalam garis kontur yang menunjukkan probabilitas kesamaan kepekaan untuk nilai digital penggunaan lahan “jagung”

2.7 Modul Statistik

Modul perhitungan statistik berfungsi untuk menghitung nilai statistik citra. Proses analisis citra sering memerlukan nilai statistik, seperti harga rata-rata, standar deviasi, varian dan kovarian matriks, matriks korelasi vector eigen value dan eigen vectors, pembuatan historgram dari distribusi piksel, pembuatan diagram (*seperti scatter diagram*), dan macam-macam perhitungan yang memerlukan modul statistik.

Data penginderaan jauh rekaman satelit berukuran besar dan bervariasi, serta direkam dalam beberapa saluran juga multitemporal (*perulangan perekaman*) tinggi. Oleh karena itu, diperlukan komputer yang mempunyai manipulasi data untuk pengembangan metode berdasarkan pendekatan statistik yang bervariasi (*multi statistik approach*). Penjumlahan dan pengurangan berdasarkan pada statistik dengan pendekatan kuantitatif (*quantitative approach*) (F Sri Hardiyanti P, 2001).



BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

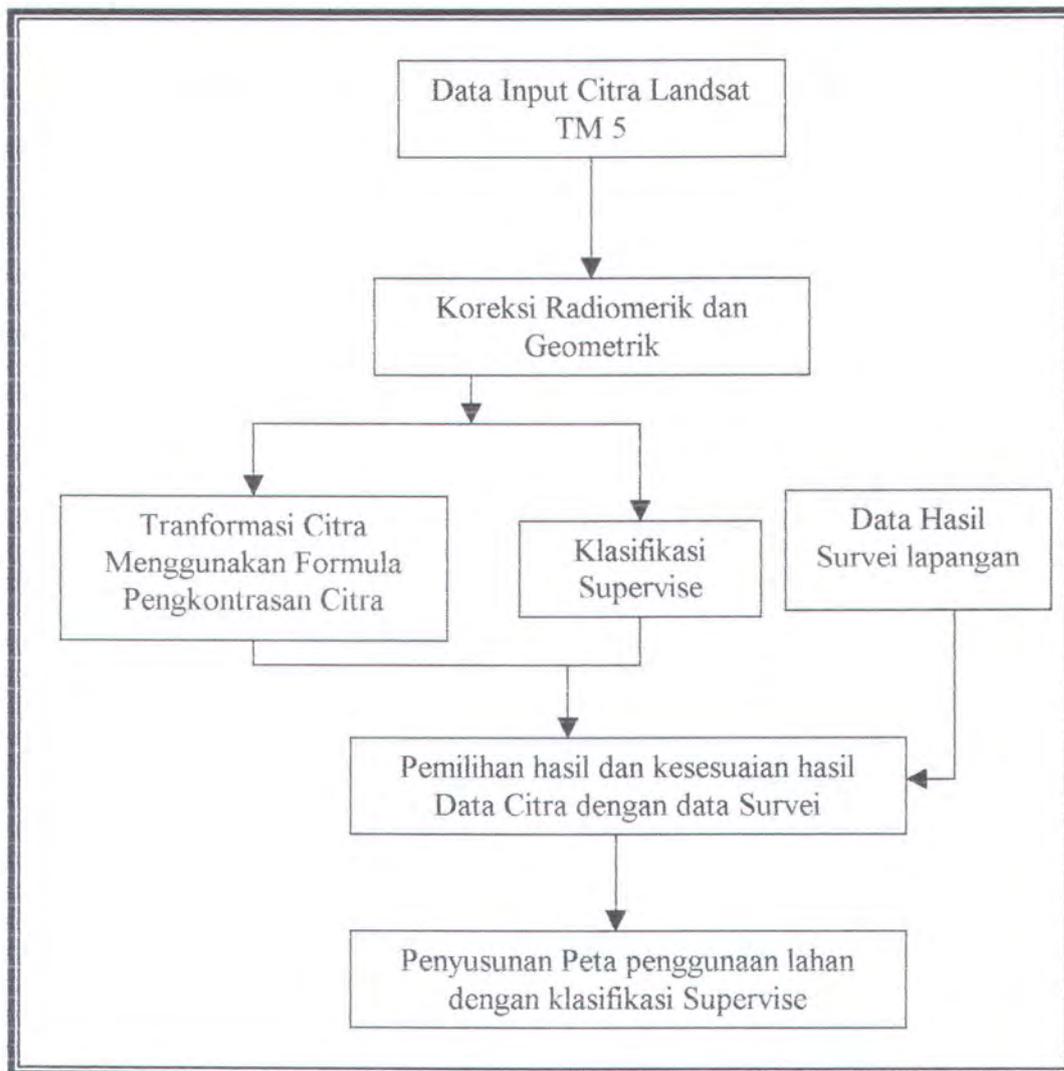
Pemetaan yang dilakukan disini memanfaatkan teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit landsat, penggunaan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang tertentu. Tergantung pada tingkat kerincian pemetaannya, penggunaan lahannya dapat dikatakan sebagai lahan pemukiman, tambak, hutan bakau, vegetasi dan laut.

Peningkatan jumlah penduduk semakin cepat, sedangkan di lain pihak ketersediaan lahan sangat terbatas menyebabkan tantangan untuk pengolahan penggunaan lahan secara efektif dan efisien. Teknologi penginderaan jauh dapat mendeteksi dan merekam sumber daya alam dan lingkungan hidup yang mencakup areal yang luas, dapat diperoleh dengan cepat dan baru. Data inderaja menggambarkan penggunaan lahan secara lengkap sehingga merupakan data dasar yang sangat baik untuk membuat peta sumber daya seperti peta hutan, penggunaan lahan dapat diatur dengan baik. Selain itu informasi dari data inderaja juga dapat dipoergunakan untuk inventarisasi tanaman pertanian, pengolahan ikan, maupun hutan bakau baik dalam hal luas areal.

Mengingat untuk mendapatkan informasi dari penginderaan jauh harus melakukan proses pengolahan citra satelit terlebih dahulu maka disini akan dijelaskan tahap-tahap untuk melakukan pengolahan citra penginderaan jauh.

3.1 Blok Diagram Proses

Dalam penelitian ini dilakukan tahapan-tahapan pengerjaan dan dibantu oleh software Err-Mapper 5.5. Tahap-tahap pengolahan data pada penelitian ini dapat dilihat dari blok diagram berikut :



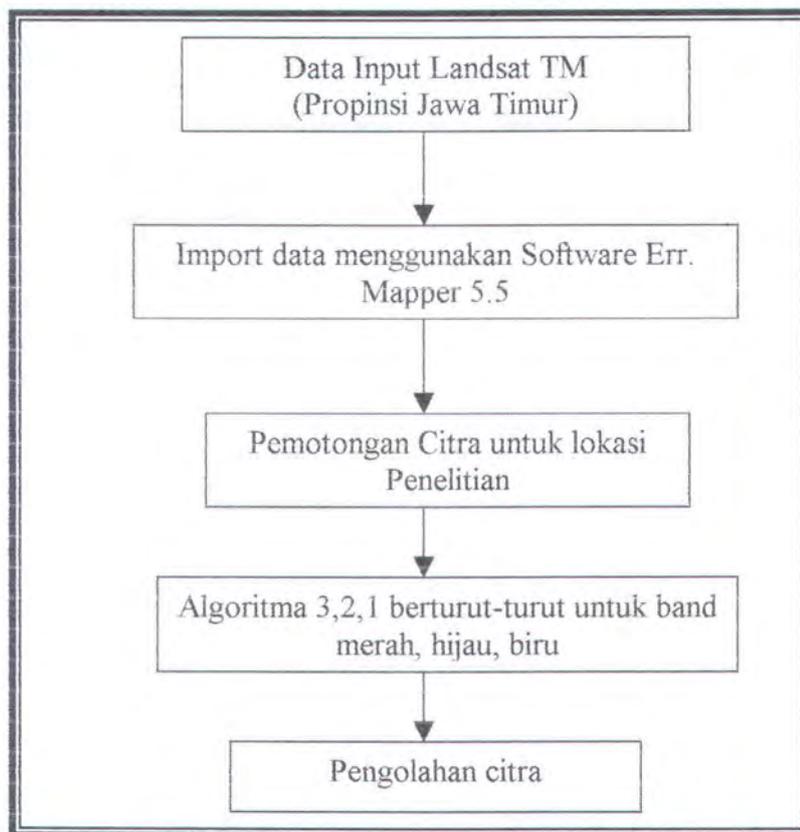
Gambar 3.1 Diagram alir pemrosesan data ^[3]

Dari diagram alir diatas terdapat beberapa pemrosesan yang dilakukan secara urut maupun secara paralel. Pemrosesan tersebut dibagi menjadi dua

bagian prapemrosesan atau proses awal dan proses lanjutan. Untuk pemrosesan sebagian dilakukan oleh penelitian sebagian dilakukan oleh pihak penyedia data seperti koreksi radiometrik telah dilakukan oleh stasiun bumi.

3.2. Data Input

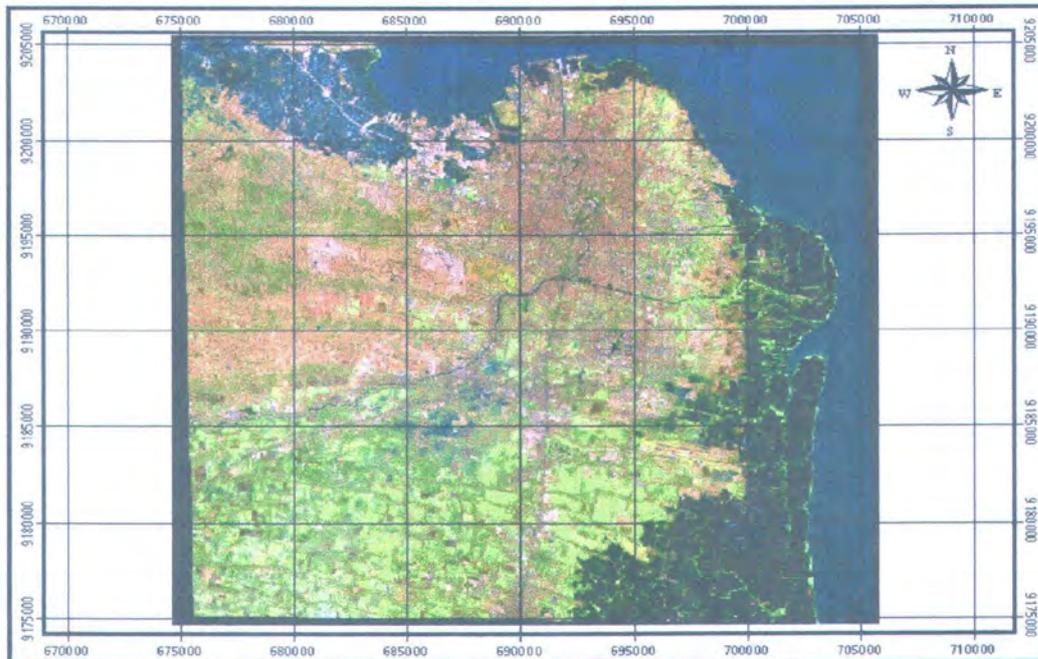
Proses awal dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah menentukan data Input. Data input dalam Tugas Akhir ini adalah data citra Landsat TM yang diperoleh dari Lembaga Penerbangan dan antariksa Nasional Jakarta.



Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data input ^[3]

Dari data input untuk pemetaan daerah Sidoarjo ini adalah data citra Jawa Timur. Pemilihan ini berdasarkan keunggulan-keunggulan yang dimiliki citra

satelit landsat TM yaitu meliputi penggunaan lahan yang sangat luas bisa mencakup kawasan wilayah Indonesia.



Gambar 3.3 Gambar data citra input wilayah Jawa Timur ^[1]

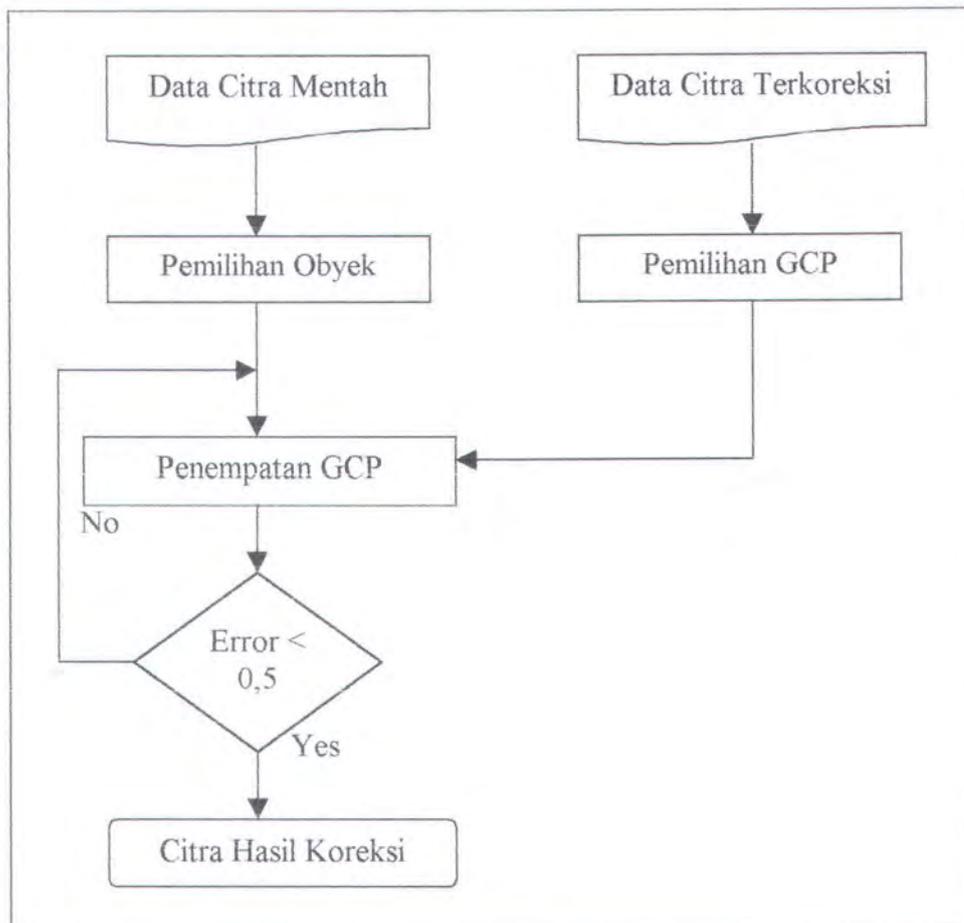
Data input diambil dari data satelit landsat TM, Citra yang diambil diusahakan citra yang relatif bebas dari awan. Karena dapat menghalangi menentukan arah koordinat citra.

3.3 Koreksi Geometri

Untuk mendapatkan informasi dari citra penginderaan jauh perlu dilakukan pengolahan sehingga informasi yang diinginkan dapat jelas pada citra hasil. Pada citra mentah hasil penginderaan masih terdapat kesalahan-kesalahan geometri yang harus diperbaiki. Koreksi geometri yang dipakai disini adalah

koreksi geometri citra terhadap citra. Urutan proses dari koreksi geometrik adalah sebagai berikut :

- ♣ Memilih metode dalam koreksi, biasanya digunakan polinomial untuk mentransformasi sistem koordinat geografi ke sistem koordinat citra.
- ♣ Menentukan parameter dengan kalibrasi data atau menggunakan GCP (*Ground Control Point*) dan didistribusikan secara merata pada citra.
- ♣ Cek akurasi geometrik dengan citra yang sudah terkoreksi agar dapat memperbaiki kesalahan dalam mengkoreksi.



Gambar 3.4 Diagram alir koreksi geometri

citra terhadap citra ^[3]

Setelah itu dilakukan proses koreksi geometri yang bagan alirnya dapat dilihat pada gambar. Dalam penentuan titik ground control point dilakukan pada tempat yang tidak mudah mengalami perubahan, tidak tertutup awan agar lebih mudah mengenali objek. Koreksi ini menggunakan sistem penentu posisi global GPS (*Global Positioning System*). Hasil proses UTM (*Universal Transverse Mercator*) dengan zona SUTM 49, dan datum WGS 84 yang umumnya dipakai di Indonesia. Data input memiliki resolusi spasial 1x1 meter harus diubah menjadi 30x30 meter.

Metode interpolasi nilai spektral pada koreksi geometri ini menggunakan algoritma nearest neighbour, dimana metode ini mengambil nilai spektral terdekat untuk dipindahkan ke lokasi baru sebagai hasil dari koreksi citra nantinya. Metode ini dipandang lebih sesuai dibandingkan metode lainnya karena hasil yang diperoleh tidak banyak mengalami perubahan nilai piksel sehingga keaslian nilai-nilai piksel dapat dipertahankan.

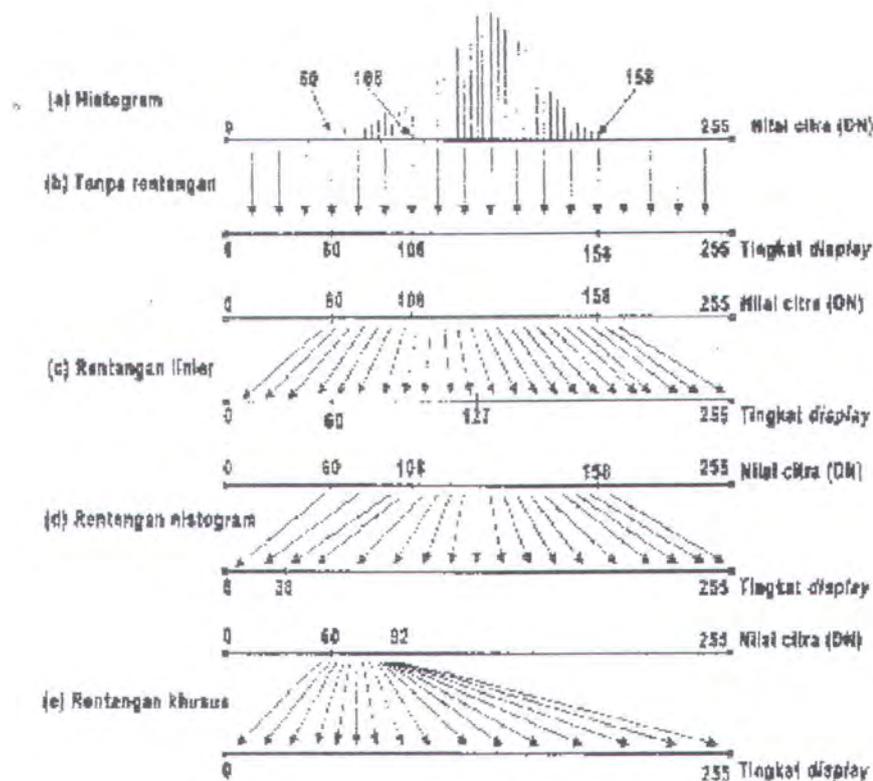
Proses koreksi citra terhadap citra dilakukan dengan memakai citra yang telah terkoreksi sebagai citra referensi. Dengan sistem koreksi citra terhadap citra maka koordinat dari objek yang dipakai sebagai GCP pada citra referensi akan diketahui koordinatnya sehingga proses pemasukan koordinat ke citra mentah bisa otomatis dilakukan sistem software komputer yang digunakan.

Untuk menghindari kesalahan terlalu besar pengambilan obyek sebagai GCP harus pada obyek yang sama-sama terlihat jelas pada kedua citra, baik itu citra mentah yang di koreksi maupun citra referensi. Semua proses koreksi yang dilakukan tidak boleh memiliki RMS_{error} lebih dari 0,5, sehingga pada koreksi

geometri kali ini dibatasi dengan RMS_{error} kurang dari 0,5 agar proses overlay yang akan dilakukan nantinya bisa tepat.

3.4 Transformasi Citra

Dalam pengolahan ini dilakukan penajaman kontras citra agar mendapatkan hasil visual secara maksimal. Dalam penajaman kontras ini dilakukan pada band 3,2,1 dan band 5,4,3, algoritma dalam penajaman kontras ini menggunakan perentangan kontras. Citra input mempunyai histogram lebih sempit dari 0 – 255 oleh sebab itu perlu direntangkan untuk memperoleh citra hasil yang diharapkan.



Gambar 3.5 Asas penajaman dengan perentangan kontras

(*contrast stretching*)^[6]

Untuk hal tersebut dilakukan proses perentangan pada aplikasi setiap pixel dihitung berdasarkan algoritma berikut :

$$DN' = \frac{DN - Min}{Max - Min} \times 255 \quad (3.1)$$

dimana : DN' = nilai digital (*digital number*) pixel citra keluaran

DN = nilai digital (*digital number*) pixel citra masukan

Min = nilai digital minimum dari pixel citra masukan

Max = nilai digital maksimum dari pixel citra masukan

Nilai koefisien 255 dimaksudkan untuk memperoleh pixel yang baru mempunyai nilai kecerahan dari 0 – 255. Hasil yang didapatkan dari algoritma ini merupakan pixel yang menunjukkan tingkat kecerahan yang berbeda – beda terhadap penggunaan lahan, secara visual dapat dibedakan tingkat penggunaan lahan pada citra, sehingga hasil ini akan menjadi parameter dalam pengolahan data pada analisis matematik.

3.5 Maksimum Likelihood

Metode yang umum digunakan pada pengklasifikasi data citra remote sensing adalah maximum likelihood (*kesamaan maksimum*). Metoda maksimum likelihood memiliki akurasi lebih baik dibandingkan metoda lainnya yaitu minimum distance dan paralelpiped. Namun karena maksimum likelihood dilakukan dengan menerapkan seluruh ketentuan Bayesian dalam proses klasifikasi.

Implementasi metode maximum likelihood dilakukan dengan menerapkan ciri matrik kovarian pada tiap kelas dalam setiap kenampakan yang ada dalam ruang acuan. Setiap pixel atau elemen citra adalah calon anggota kelas tertentu, jika probabilitas sesungguhnya dari elemen gambar bersangkutan adalah maximum dan berada dalam batasan jarak tertentu dari mean kelas. Untuk jelasnya dapat dilihat pada aturan Bayesian (*Suhermanto, Mahdi kartasasmita, 1995*), proses klasifikasi :

- ♣ Pixel yang hanya mungkin masuk ke dalam satu kelas ditetapkan masuk dalam kelas tersebut.
- ♣ Pixel yang mungkin masuk ke dalam beberapa kelas, maka kelas dengan kemungkinan paling besar akan dimasukkan ke dalam kelas tersebut.
- ♣ Pixel yang mungkin dapat masuk ke beberapa kelas dan mempunyai beberapa kelas yang kemungkinannya hampir sama dimasukkan dalam kelas overlap.
- ♣ Pixel yang tidak dapat ditentukan masuk ke dalam kelas manapun dimasukkan dalam kelas null.

Sedangkan nilai kemungkinan satu pixel pada suatu kelas (P_c) adalah sebagai berikut :

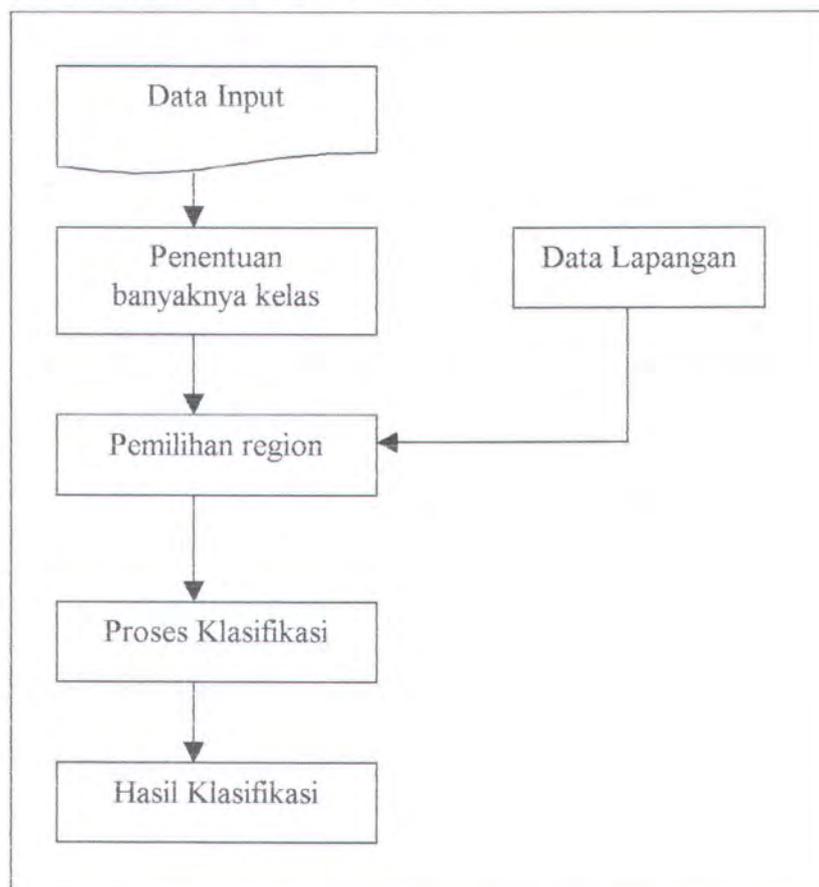
$$P_c = \ln(A_c) - \frac{1}{2} (\ln |Cov_c|) - \frac{1}{2} [(X - M_c)^T (Cov_c^{-1}) (X - M_c)] \quad (3.2)$$

dimana :

- P_c = kemungkinan satu pixel pada kelas c
- X = nilai pixel dari calon kelas
- M_c = mean sample untuk kelas c
- A_c = apriori kelas c

Cov_c	=	kovarian matrik kelas c
$ Cov_c $	=	determinan matrik kovarian kelas c
Cov_c^{-1}	=	invers matrik kovarian kelas c
T	=	Transpose matrik

Asumsi dasar yang ditetapkan pada metode maximum likelihood adalah probabilitas elemen gambar untuk semua kelas adalah sama dan histogram untuk semua kanal harus terdistribusi normal (*merata*). Dari data tersebut akan kita dapatkan koordinat data tersebut yang selanjutnya akan dicocokkan dengan data digital dari citra yang telah di algoritmakan.



Gambar 3.6 Diagram alir klasifikasi supervise ^[3]

Data dari lapangan akan menjadi acuan klasifikasi supervise yang merupakan penggunaan lahan. Blok diagram 3.6 menjelaskan tahap-tahap klasifikasi supervise yang dilakukan.

Pada proses ini ditentukan lima kelas penggunaan lahan dan setiap kelas diwakili satu region. Proses selanjutnya dilakukan oleh komputer dengan mengacu pada pixel yang ditentukan. Nilai-nilai yang menjadi masukan dalam proses tersebut akan diolah sendiri oleh Er Mapper dengan acuan nilai pixel tersebut. Hasil dari pengolahan survei lapangan juga akan menjadi acuan dalam analisis statistik.

Analisis statistik akan mendapatkan hubungan nilai digital pada citra visual yang dihasilkan melalui algoritma pengkontrasan dengan survei lapangan. Hasil analisis statistik yang digunakan untuk menjelaskan nilai populasi piksel adalah dengan varians. Varians merupakan jumlah kuadrat semua deviasi nilai-nilai citra terhadap rata-rata populasi piksel. Akar varians disebut standart deviasi atau simpangan baku.

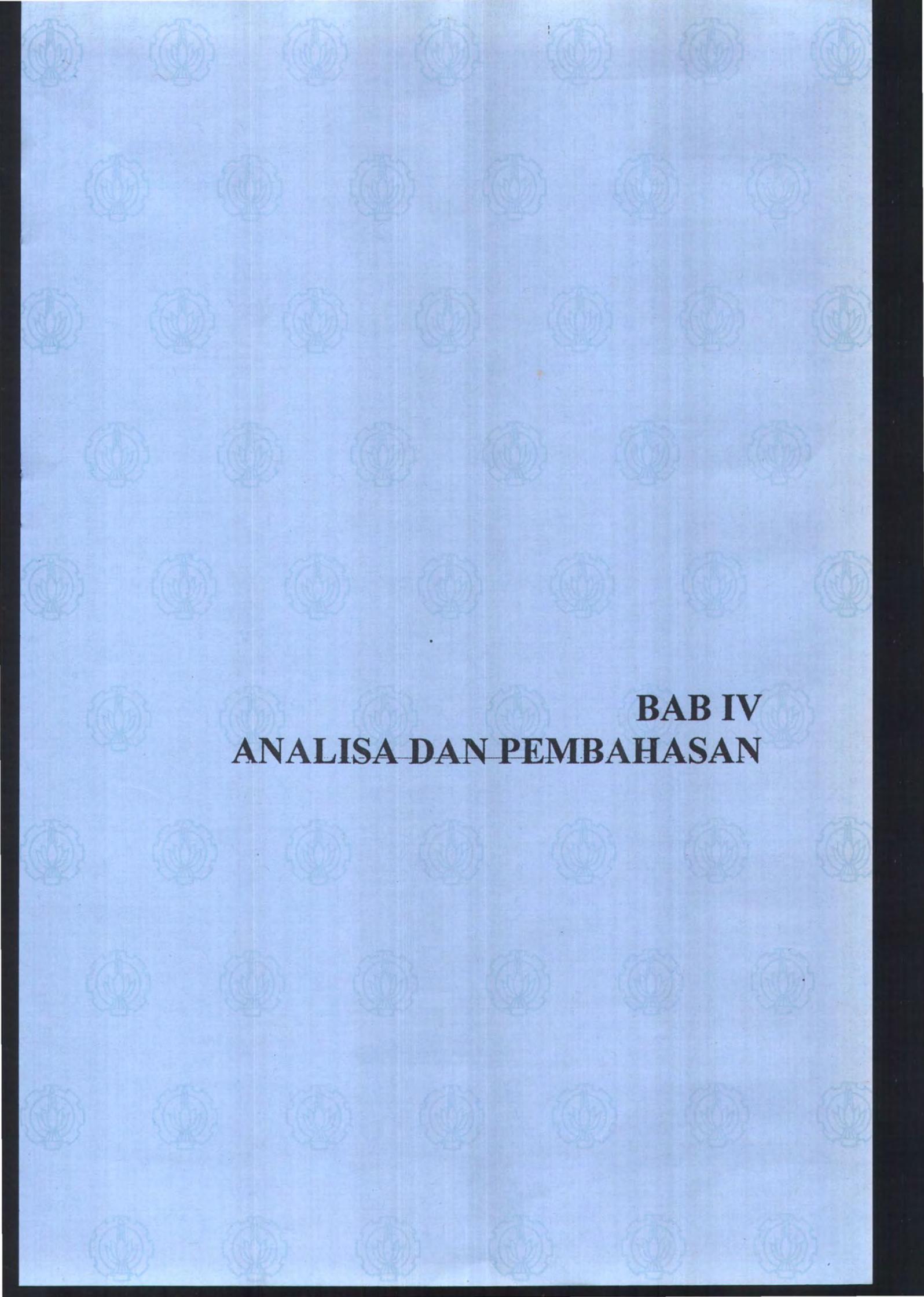
$$S^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{(n - 1)} \quad (3.3)$$

Dimana : \bar{X} = Data setiap band

X_i = rata-rata nilai semua band

S^2 = Varian sample

Dari persamaan tersebut akan dicari nilai statistik yang menyatakan apakah kesesuaian dari persamaan tersebut tepat.



BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

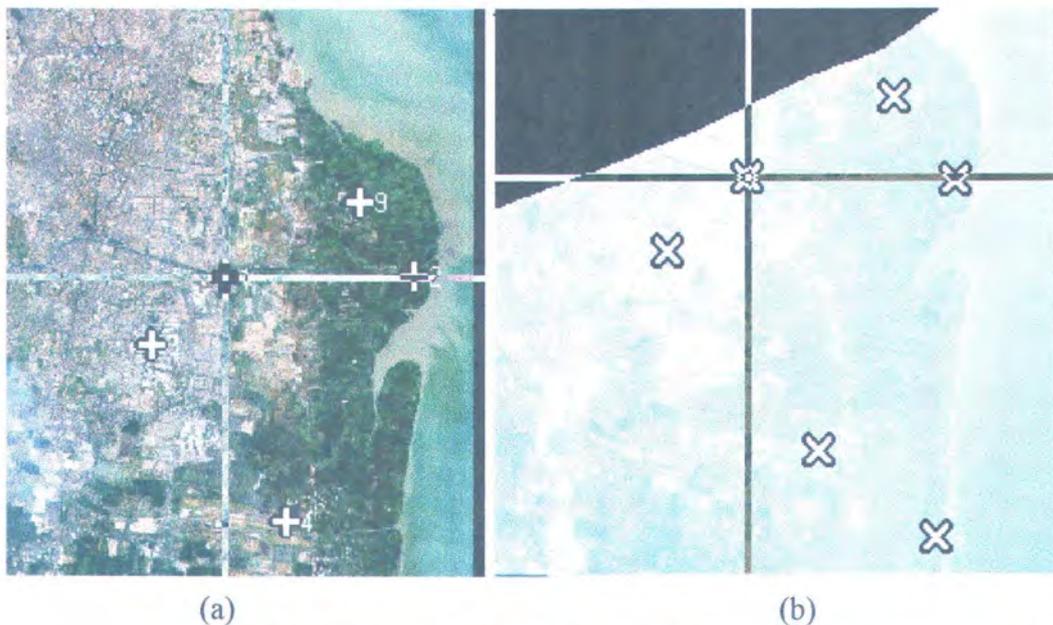
BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelumnya telah disampaikan bahwa untuk mendapatkan informasi dari data penginderaan jauh harus dilakukan proses pengolahan data terlebih dahulu, sehingga dapat diperoleh informasi kenampakan obyek pada citra yang kemudian dilakukan survey lapangan.

4.1 Pengambilan Ground Control Point dari Citra Ke Citra

Citra dilakukan koreksi terlebih dahulu sebelum dilakukan proses selanjutnya. Hasil dari koreksi geometri sangat menentukan keberhasilan dari proses selanjutnya karena koordinat yang diperoleh dari koreksi geometrik ini akan dipakai untuk menentukan posisi obyek yang akan dikaji.



Gambar 4.1 Contoh pengambilan GCP (a). data awal (b) data yang sudah dikoreksi.^[1]

Dalam pengambilan GCP (Ground Control Point) citra terhadap citra dilakukan berdasarkan Citra Landsat TM terkoreksi (gambar 4.1). Dari pengambilan GCP pada gambar 4.1 diperoleh RMS kurang dari 0,5 yang menunjukkan kesalahan yang dilakukan dalam koreksi ini sangat kecil. Data dari koreksi geometri dapat dilihat pada tabel 4.1 dibawah ini.

Tabel 4.1 Data koreksi ^[1]

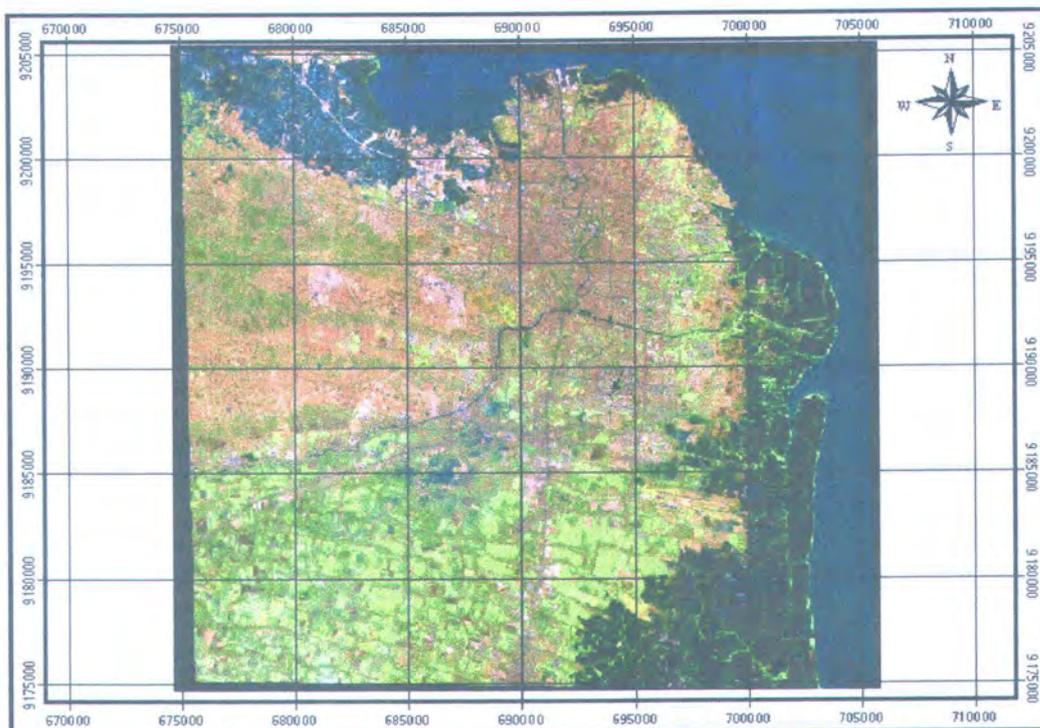
	On	Edit	Undo	Cell X	Cell Y	TD Lat.	TD Long.	RMS
1	On	Edit		713.82	448.31	7:18:41.42S	112:46:54.35E	0.04
2	On	Edit		930.88	446.72	7:18:42.48S	112:50:27.18E	0.06
3	On	Edit		629.64	520.00	7:19:50.87S	112:45:33.18E	0.01
4	On	Edit		783.98	711.33	7:23:0.84S	112:48:8.6E	0.04
5	On	Edit		470.59	880.89	7:25:43.77S	112:43:4.49E	0.03
6	On	Edit		202.97	630.58	7:21:34.34S	112:38:36.78E	0.05
7	On	Edit		95.69	922.12	7:26:19.76S	112:36:57.42E	0.03
8	On	Edit		903.90	793.12	7:24:22.68S	112:50:7.96E	0.02
9	On	Edit		868.68	366.15	7:17:22.48S	112:49:24.53E	0.01
10	On	Edit		165.96	739.92	7:23:21.43S	112:38:2.7E	0.02
11	On	Edit		26.20	857.24	7:25:15.08S	112:35:47.91E	0.02
12	On	Edit		883.39	928.16	7:26:35.2S	112:49:50.61E	0.01

4.2 Hasil Koreksi Geometri

Proses koreksi geometri dilakukan agar kesalahan geometri citra dapat diperbaiki dan citra yang dihasilkan memiliki titik koordinat. Sistem koordinat yang dipakai pada koreksi geometri ini adalah Easting Northing (EN), karena dengan sistem koordinat ini kesalahan posisi koordinat dari suatu obyek dapat diminimalkan. Hasil koreksi geometri sebelum dipotong dapat dilihat pada gambar 4.2

Citra yang terkoreksi dengan yang belum terkoreksi harus merupakan citra dari lokasi di bumi yang sama. Untuk meningkatkan akurasi dari koreksi yang telah dilakukan harus dilihat kembali koordinat dari citra hasil koreksi dengan membandingkan dengan peta standart. Proses perpindahan dan perputaran untuk

menyamakan posisi dari dua citra yang memiliki wilayah luas lahan dan geometri yang sama dan juga hubungan yang lain dapat terlihat pada registrasi citra. Jadi untuk mendapatkan keterangan proses koreksi yang telah dilakukan pada suatu citra dapat diperoleh pada registrasi citra. Pada proses citra ke citra, citra hasil koreksi sudah tentu mewarisi kesalahan dari citra referensi.



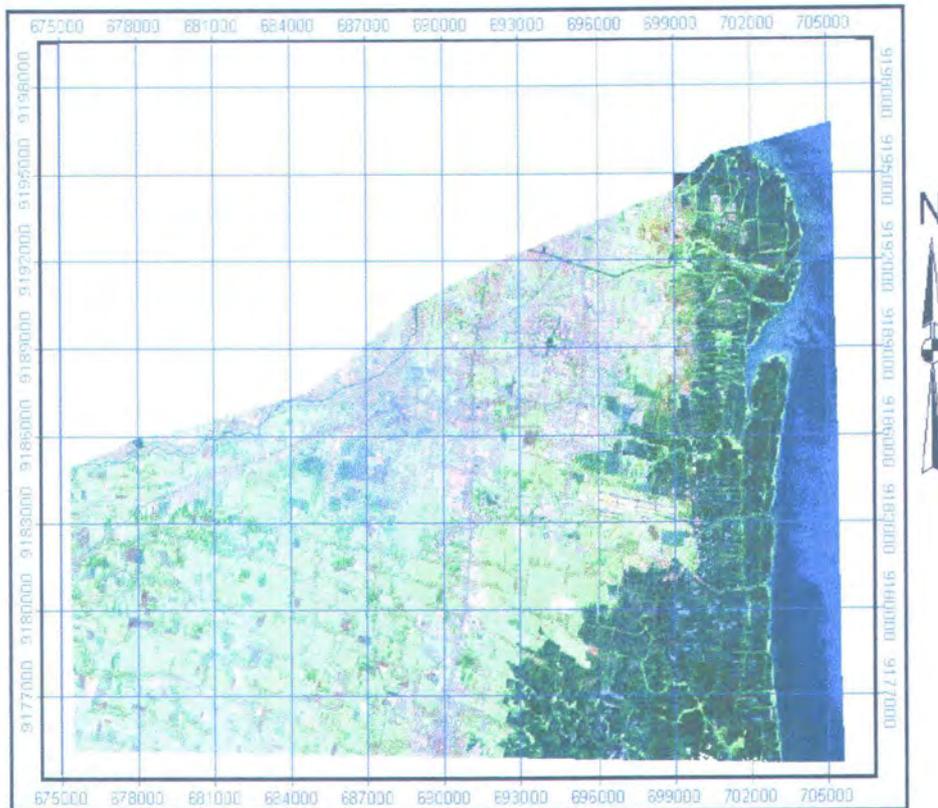
Gambar 4.2 Citra hasil koreksi Geometri ^[1]

Citra-citra yang dihasilkan terlihat memiliki posisi yang tampak miring dibandingkan dengan data input yang dipakai. Posisi miring ini diakibatkan karena pengaruh rotasi bumi dan pergerakan satelit pada saat pengambilan citra, sehingga pada saat relokasi piksel pada proses koreksi geometri.

Untuk membatasi pada wilayah Sidoarjo saja maka dilakukan proses cropping (pemotongan) citra. Dari hasil pemotongan di dapatkan data citra

kabupaten Sidoarjo untuk lokasi penelitian yang akan menjadi data input penelitian ini, pemotongan dilakukan berdasarkan peta dari Bakosurtanal.

Hasil pemotongan citra dapat dilihat pada gambar sebagai berikut :

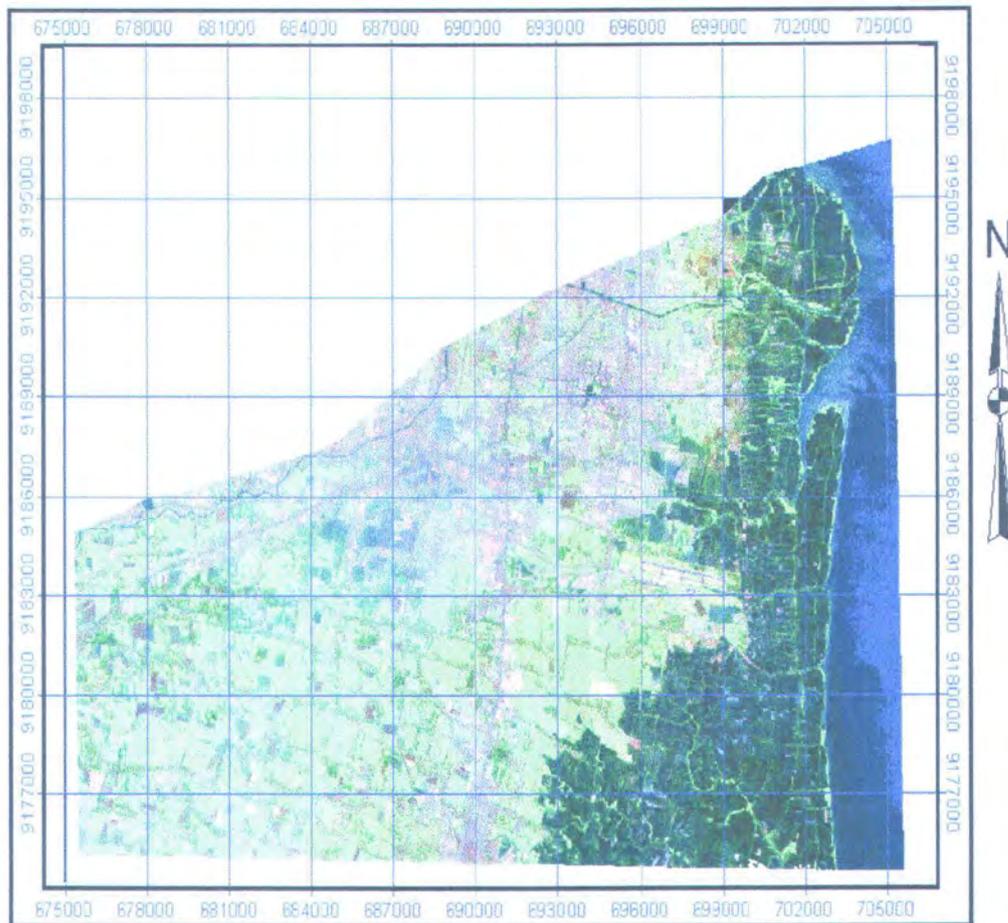


Gambar 4.3 Citra hasil pemotongan yang sudah di koreksi geometri^[1]

Dari hasil koreksi tersebut didapatkan koordinat citra input yang akan diolah yaitu 675000 meter – 705000 meter BT dan 9198000 meter – 9177000 meter LS. Metode resampling nilai spektral yang dipakai adalah nearest neighbour agar perubahan pada nilai spektral citra terkoreksi yang dihasilkan dapat diminimalkan. Metode ini diperlukan apabila proses yang akan dilakukan selanjutnya membutuhkan analisa nilai digital dari citra.

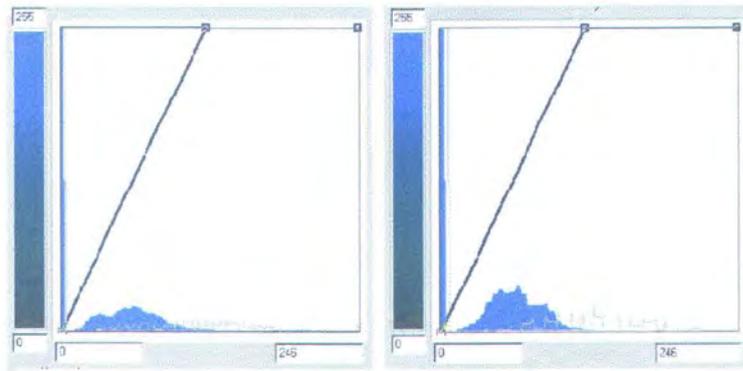
4.3 Hasil Transformasi Citra

Transformasi yang dilakukan agar nilai piksel pada citra tersebut berkisar antara 0 – 255. Pengolahan dilakukan hanya 1-7 band, akan tetapi pada band 6 terjadi kerusakan pada sensornya.

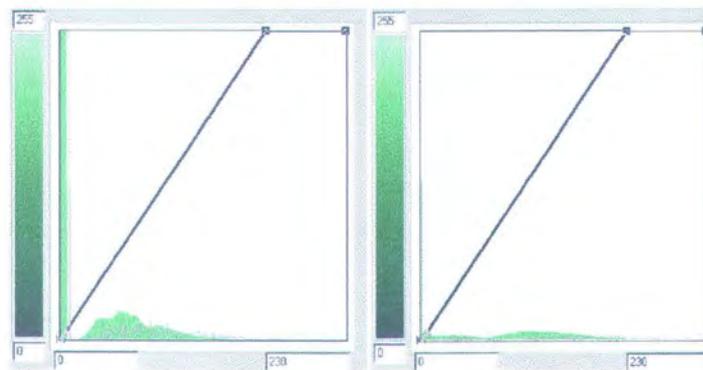


Gambar 4.4 Citra komposit 5,4,2^[1]

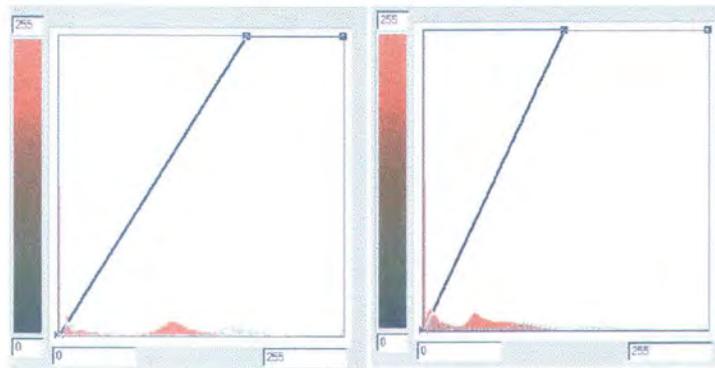
Dari ke tujuh band tersebut untuk mendapatkan nilai visual yang terbaik maka digabungkan dalam citra komposit RGB 5,4 dan 2. Tiap-tiap band memiliki nilai digital antara 0 sampai 255. Histogram dari band-band tersebut dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4.5 Stretching histogram band 1 dan 2 (biru) ^[1]



Gambar 4.6 Stretching histogram band 3 dan 4 (hijau) ^[1]



Gambar 4.7 Stretching histogram band 5 dan 7 ^[1]

Stretching dari histogram dilakukan sampai menghasilkan kenampakan citra yang paling baik. Dengan kenampakan yang baik akan dapat dibedakan kenampakan obyek satu dengan obyek yang lainnya sehingga akan memudahkan dalam proses klasifikasi.

Tabel 4.2 Karakteristik dari tiap band pada Landsat TM 5 ^[4]

Band	Resolusi	Karakteristik
1	30	Berguna untuk membedakan antara tanah dan vegetasi
2	30	Bermafaat untuk perkiraan kegiatan tanaman
3	30	Membedakan tipe vegetasi
4	30	Menentukan kandungan biomas dan pemetaan garis pantai
5	30	Kelembaban tanah dan vegetasi
7	30	Pemetaan perubahan batuan secara hidrotermal

Hasil yang didapatkan dari histogram akan diketahui perbedaan antara setiap band berguna, dalam penentuan distribusi citra penggunaan lahan.

4.4 Hasil Klasifikasi Supervise

Proses klasifikasi Supervised dilakukan dengan mengambil sample-sample dari suatu obyek terlebih dahulu. sample ini dipakai untuk membedakan dalam proses klasifikasi. Pengambilan sample dapat dilihat pada gambar 4.8.

Gambar 4.8 Pengambilan sample untuk klasifikasi ^[1]

Dari klasifikasi supervise didapatkan didapatkan enam kelas untuk ke luasan penggunaan lahan. Dalam melakukan formula reklas atau pengkelasan ulang, acuan dalam pengkelasan reklas berdasarkan warna pada citra visual komposit 5,4 dan 2 dan hasil survey lapangan. Hasil klasifikasi supervise dapat dilihat pada lampiran A-1.

Hasil dari klasifikasi tersebut dapat dilihat berapa luasan tiap-tiap kelas, ada 6 kelas yang menentukan penggunaan lahan seperti yang ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 4.3 Keluasan kelas klasifikasi supervise ^[1]

No	Nama kelas	Luasan (Hektar)
1	Lahan kosong	959,67
2	Pemukiman	17127,63
3	Rawa	2143,62
4	Tambak	9504,81
5	Tubuh Air	4979,61
6	Vegetasi	1342,17

Luasan tersebut akan membantu pada saat pengolahan data koreksi geometri, karena pada saat pengecekan lapangan hasil klasifikasi tersebut menjadi perbandingan pertama antara keadaan lapangan dan yang sebenarnya. Dari data lapangan didapatkan keluasan penggunaan lahan dan koordinatnya. Data tersebut akan dijadikan bahan acuan dalam penentuan dari nilai piksel.

Pada klasifikasi supervise setiap daerah luasan lahan lebih rinci dikarenakan pengkelasan sudah berdasarkan pada tingkat penggunaan lahan. Piksel di dalam tiap kelas tidak memiliki satu nilai spektral yang terulang. Piksel

tersebut lebih cenderung menggambarkan kecenderungan pemusatan alamiah juga variabilitas sifat spektral yang dijumpai di jumpai di dalam tiap kelas.

Untuk mengetahui atau membedakan antara masing-masing kelas dan keluasan kelas dapat dilihat pada tabel 4.4 :

Tabel 4.4 Data klasifikasi nilai digital ^[1]

Kelas	Nama	Identitas Warna
1	Pemukiman	 255,4,4
2	Tambak	 185,185,185
3	Vegetasi	 0,240,0
4	Tubuh Air	 0,0,253
5	Lahan	 0,35,70
6	Rawa	 157,79,0

Dari data ini sudah mencakup semua band terkecuali band 6, pada proses tersebut didapatkan nilai piksel setiap band dan luas. Masing-masing kelas menunjukkan perbedaan pola spektral yang khas, yaitu nilai digital yang dapat diukur pada setiap band. Hasil koreksi survei lapangan dapat dilihat pada koordinat pada tabel berikut ini :

Tabel 4.5 Data survei lapangan ^[C]

No	Lokasi	Koordinat		Keterangan
		Easthing	Northing	
1	Sedati	694529	9183724	Pemukiman
2	Sedati	698337	9193975	Tambak
3	Sedati	695678	9182146	Vegetasi
4	Sedati	693540	9182858	Lahan Kosong
5	Buduran	691086	9182701	Pemukiman
6	Sidoarjo	689107	9175074	Pemukiman

Dari tabel dapat kita ketahui bahwa luas tertinggi penggunaan lahan di daerah Sidoarjo berada pada pemukiman. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor seperti letak geografis, aktivitas yang dilakukan pada daerah tersebut dan lain-lain. Pada gambar 4.9 adalah contoh survei lapangan sebagai berikut :



Gambar 4.9 Contoh gambar survei lapangan Kec. Buduran ^[B]

Pada gambar tersebut adalah salah satu pengambilan titik ground control point (GCP) pada data lapangan. Pada lampiran B keseluruhan gambar survei lapangan.

Pada klasifikasi citra manual dapat dibandingkan dengan citra digital keakurasian dapat terlihat, bahwa pemanfaatan penggunaan lahan diketahui dengan survei lapangan apakah pada citra memang benar-benar sesuai. Pada lampiran A-2 sebenarnya lebih akurat berdasarkan kecermatan mata.

4.5 Analisa Daerah Luas

Kesesuaian antara data survei lapangan dan data citra Landsat TM diperoleh dengan statistik. Suatu ukuran bagi pemisahan secara statistik antara pola tanggapan kategori dapat dihitung bagi semua pasangan kelas dan disajikan dalam bentuk minimum, maksimum, mean dan median tiap band. Data keseluruhan tabel statistik pada Lampiran C, setiap band akan memiliki nilai tersendiri. Sedangkan standart deviasi adalah simpangan baku setiap kelas antar band. Salah satu contoh data statistik pemukiman adalah sebagai berikut :

REGION: Pemukiman						
	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
Non-Null Cells	541	541	541	541	541	541
Area In Hectares	48.690	48.690	48.690	48.690	48.690	48.690
Area In Acres	120.316	120.316	120.316	120.316	120.316	120.316
Minimum	53.000	58.000	59.000	59.000	90.000	68.000
Maximum	246.000	217.000	230.000	153.000	255.000	255.000
Mean	103.530	104.190	120.516	87.830	141.813	122.309
Median	91.000	96.000	114.000	86.000	134.000	110.000
Std. Dev.	34.704	27.811	27.113	12.277	31.820	39.816
Std. Dev. (n-1)	34.736	27.837	27.138	12.289	31.849	39.853
Corr. Eigenval.	4.759	0.934	0.203	0.068	0.020	0.016
Cov. Eigenval.	4932.451	286.336	167.911	51.070	19.909	13.907

Cov. Eigenvector adalah matrix diagonal / pembauran, seluruh elemen yang bukan bernilai 0 mengisyaratkan tidak adanya penyimpangan dalam klasifikasi. Sebagai contoh bahwa kategori "sungai" dan "laut" secara spektral tidak dapat dipisahkan dan harus dipadu ke dalam kelas tubuh air. Kategori piksel pada daerah penelitian dibandingkan peta diketahui luas penggunaan lahan, dengan menggunakan siasat pengambilan sample secara statistik.

Band yang tidak sama akan membentuk kelompok populasi sendiri. Pada citra digital maksimum likelihood sebenarnya 1, 0 langsung dan tak langsung.

Tidak tercapainya kesesuaian data statistik dikarenakan data citra yang diperoleh mengalami beberapa kerusakan seperti stripping pada citra terlalu banyak yang menyebabkan nilai digital pada citra berubah.



BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

BAB V

KESIMPULAN

Pada bab ini akan dipaparkan kesimpulan dan saran berdasarkan analisis hasil dan pembahasan pengerjaan tugas akhir ini.

5.1 Kesimpulan

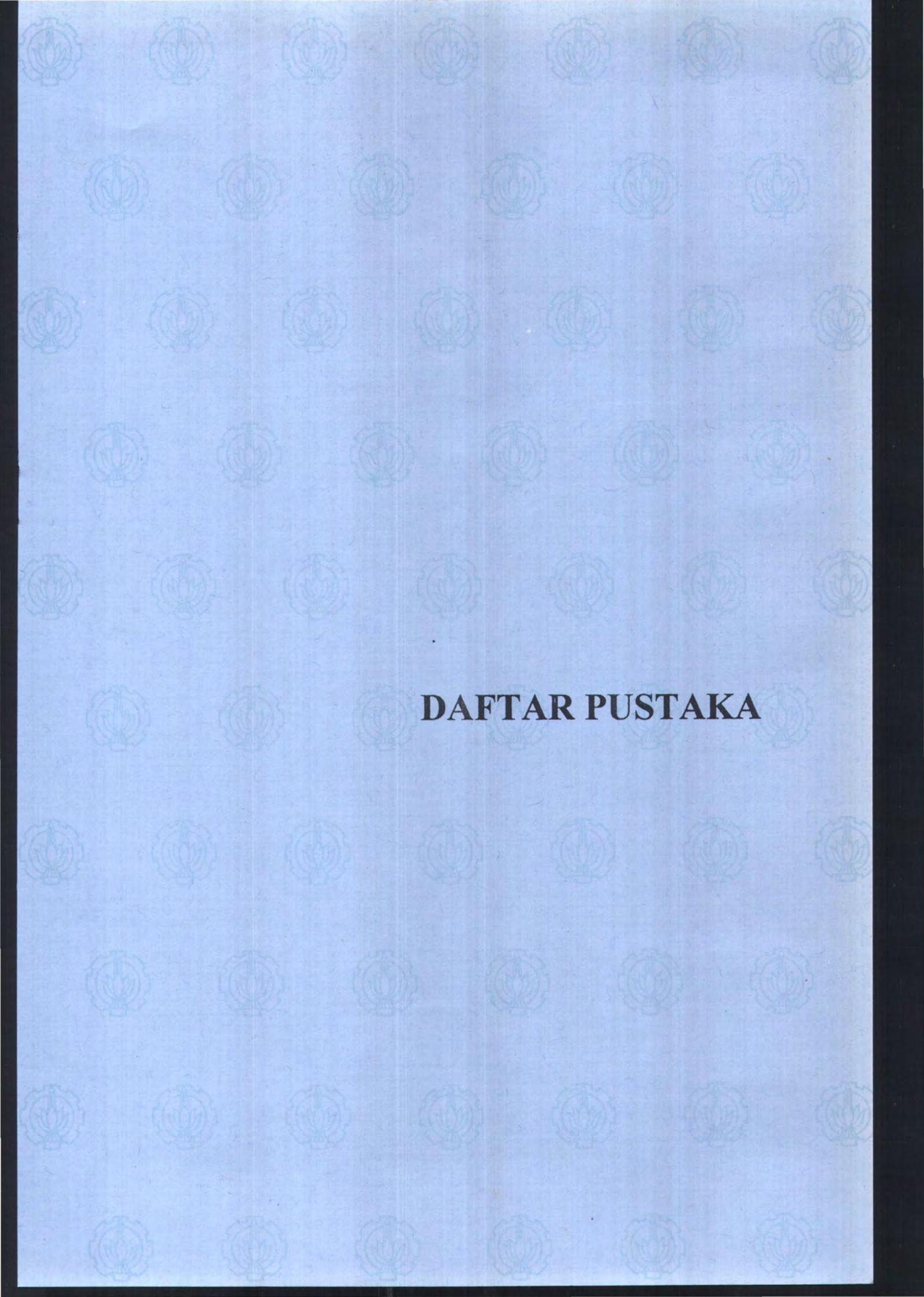
Dari penelitian tugas akhir ini dapat disimpulkan beberapa hal yang dipaparkan sebagai berikut :

- ♣ Luas penggunaan di kabupaten Sidoarjo dapat diketahui dengan menggunakan algoritma maksimum likelihood yang hubungan antara nilai piksel pada landsat TM 5.
- ♣ Luas penggunaan lahan di wilayah kabupaten Sidoarjo daerah Kec. Waru, Sedati, Buduran dan Sidoarjo adalah pemukiman 17127,63 ha, lahan kosong 959,67 ha, rawa 2143,62 ha, vegetasi 1342,17 ha, tambak 9504,81 ha, dan tubuh air 4979,61 ha. Dapat dilakukan dengan memanfaatkan citra Landsat TM 5 dalam waktu yang relatif singkat, biaya yang lebih murah dan personel yang tidak banyak.
- ♣ Hasil perbandingan antara antara citra digital dan manual didapatkan dari pemetaan klasifikasi penggunaan lahan dengan algoritma maksimum likelihood dihasilkan data dan informasi yang akurat.

5.2 Saran

dalam pengerjaan tugas akhir ada beberapa hal yang perlu diperhatikan :

- Perlu adanya pengembangan lagi penelitian tentang penggunaan lahan dengan menggunakan data citra satelit selain Landsat TM

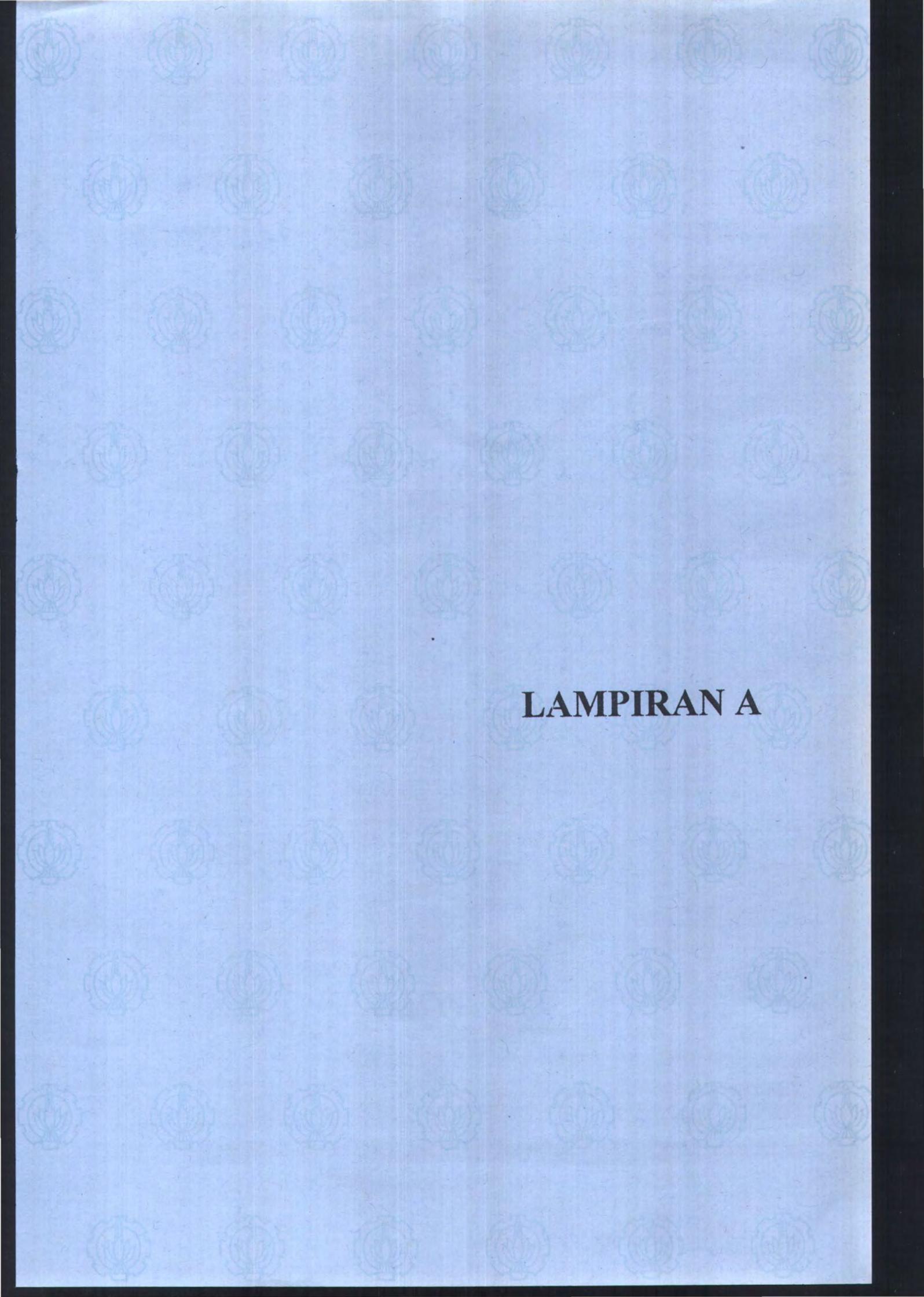


DAFTAR PUSTAKA

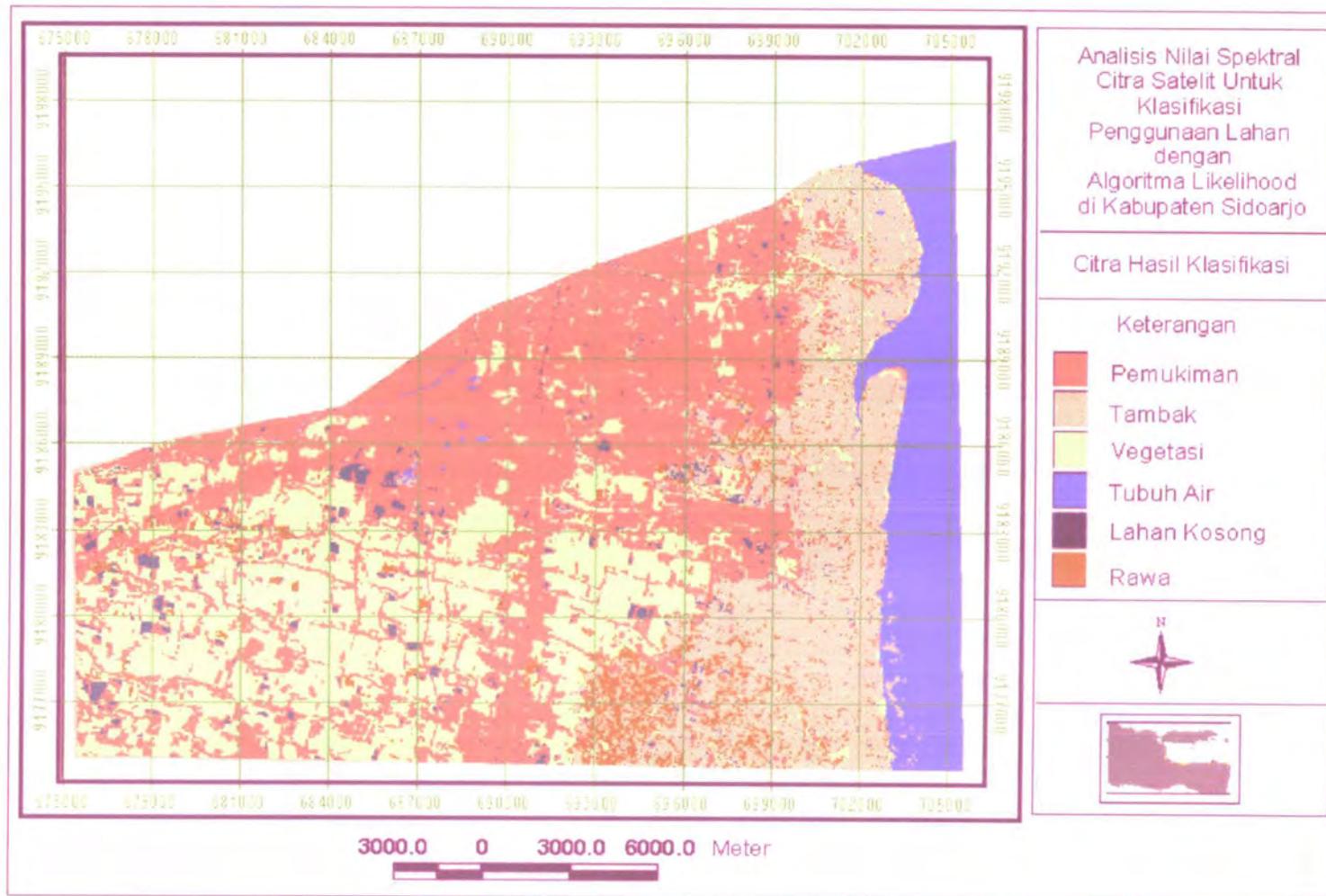
DAFTAR PUSTAKA

1. ANONIM 1996, *Software Ermapper 5.5 Reference and Application*, Ermapper Distribution.
2. Allard M.J Meijerink 2000, *Introduction to the Use of Geographic Information System for Practical Hydrology*, The Netherlands.
3. Afriyandra 2001, *Mengidentifikasi Kedalaman Selat Kamal*, Teknik Fisika ITS, Surabaya.
4. Cristien and kit, Bambang Purbowaseso 1995, *Penginderaan Jauh Terapan*, Universitas Indonesia
5. Dr. Sugiyono 2002, *Statistik untuk Penelitian*, Alfabeta Bandung.
6. F.Sri Hardiyanti Purwadhi 2001, *Interpretasi Citra Digital*, Grasindo
7. J.R.Jensen 1996, *Introductory Digital Image Processing A Remote Sensing Perspective*, Prentice hall
8. I Made Parsa 1995, *Interpretasi Tata Guna Lahan / Penutup Lahan Daerah Prop. Sumatra Utara menggunakan Citra Landsat – MSS* Warta lahan No. 45
9. Lillisand and Kiefer 1990, *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*, Universitas Gajah Mada.
10. Natalia 2000, *Mengidentifikasi Titik Kebakaran di daerah Kalimantan Menggunakan Citra NOAA AVHRR*, Teknik Fisika ITS, Surabaya.
11. P.Danoedoro 1996, *Pengolahan Citra Digital, fakultas Geografi*, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
12. Sutanto 1994, *Penginderaan Jauh* Jilib 1, gadjah Mada University Press.

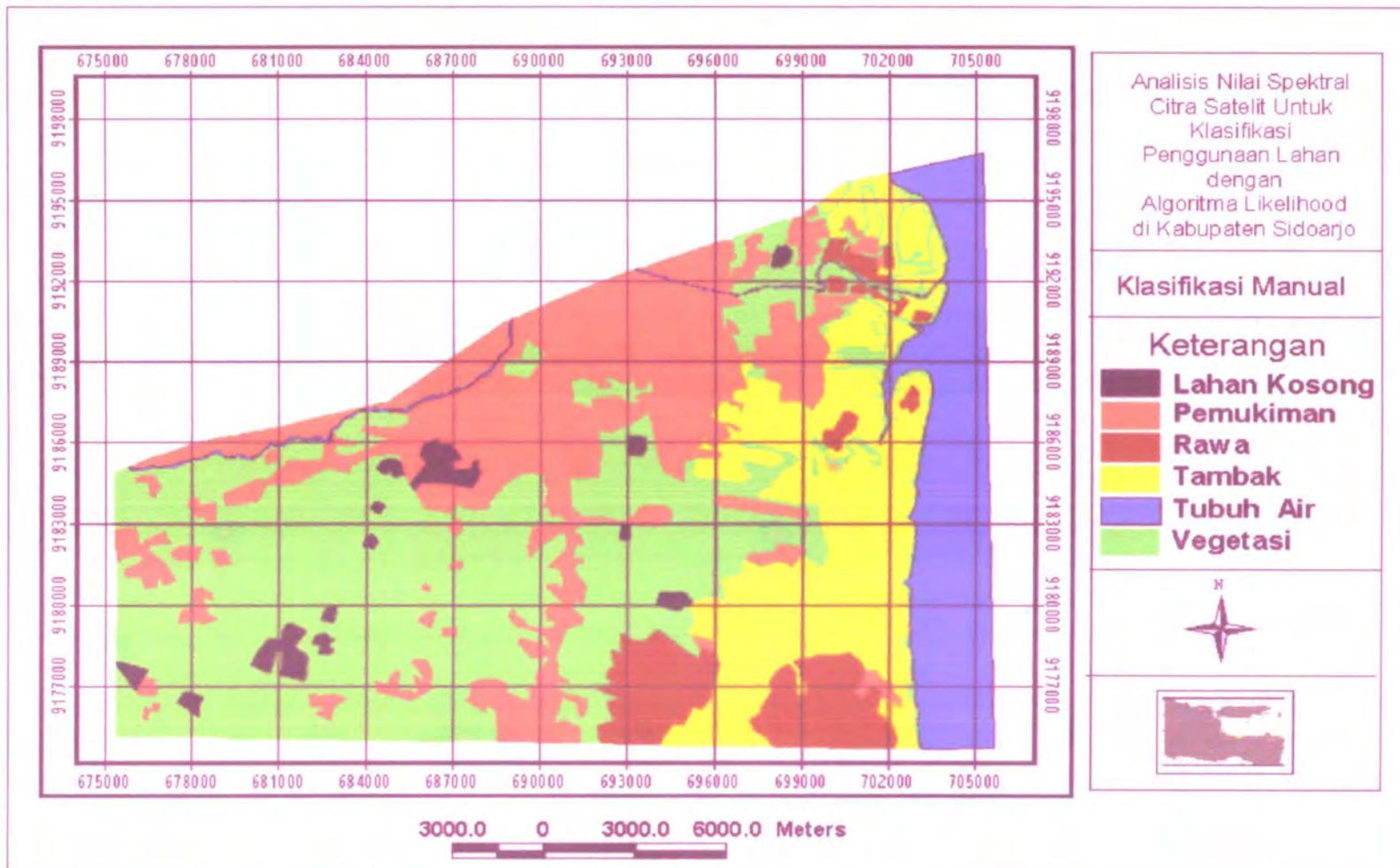
13. Ronald E Walpole, Raymond H. Myers, *Ilmu Peluang dan Statistik untuk Insinyur dan Ilmuwan*, ITB Bandung.
14. S. Murai 1999, *Remote Sensing Note and GIS Work Book CD Room Version 1,0 NASDA* (National Space Development Agency of Japan) Tokyo.
15. S.H Purwadi 1997, *Sistem Informasi Geografis Lapan Deputi Penginderaan jauh*, Jakarta.
16. Sutarno 2001, *Aplikasi penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis untuk Evaluasi lahan Pemukiman*, Universitas Gadjah Mada
17. Samsul Arifin 1996, *Keutamaan Komplemen data Penginderaan jauh landsat – TM dan ERS-1 SAR untuk Liputan Lahan*, warta Lapan No. 45



LAMPIRAN A



LAMPIRAN A - 1



LAMPIRAN A - 2

LAMPIRAN B

LAMPIRAN B - 1
GAMBAR SURVEI LAPANGAN DAN ALAT UKUR
GPS (Global Positioning System)



Gambar Sungai daerah kecamatan Sedati



Gambar Tambak daerah kecamatan Sedati

LAMPIRAN C

STATISTICS FOR DATASET: Sidoarjo/Sido_010797_kor_Krop
 REGION: Sungai

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	9	9	9	9	9	9
Area In Hectares	0.810	0.810	0.810	0.810	0.810	0.810
Area In Acres	2.002	2.002	2.002	2.002	2.002	2.002
Minimum	101.000	82.000	68.000	40.000	36.000	23.000
Maximum	128.000	106.000	96.000	48.000	63.000	45.000
Mean	115.667	95.000	83.556	42.889	45.333	30.556
Median	113.000	96.000	84.000	42.000	44.000	30.000
Std. Dev.	7.803	6.766	7.632	2.685	7.242	6.112
Std. Dev. (n-1)	8.276	7.176	8.095	2.848	7.681	6.483
Corr. Eigenval.	4.252	1.104	0.371	0.209	0.063	0.000
Cov. Eigenval.	222.931	51.875	12.841	4.231	2.764	0.025

Correlation Matrix -----	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.941	0.915	0.587	0.580	0.822
Band2	0.941	1.000	0.925	0.416	0.401	0.626
Band3	0.915	0.925	1.000	0.442	0.373	0.544
Band4	0.587	0.416	0.442	1.000	0.739	0.620
Band5	0.580	0.401	0.373	0.739	1.000	0.721
Band6	0.822	0.626	0.544	0.620	0.721	1.000
Determinant	0.000					

Corr. Eigenvectors -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.472	-0.207	-0.102	0.094	0.058	0.844
Band2	0.424	-0.424	0.023	-0.117	-0.742	-0.274
Band3	0.412	-0.440	0.287	-0.177	0.644	-0.328
Band4	0.356	0.481	0.672	0.422	-0.103	-0.040
Band5	0.357	0.553	-0.118	-0.744	-0.001	0.005
Band6	0.417	0.216	-0.664	0.464	0.140	-0.322

Inv. of Corr. Ev. -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
----------------------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	--------------

Band1	0.472	0.424	0.412	0.356	0.357	0.417
Band2	-0.207	-0.424	-0.440	0.481	0.553	0.216
Band3	-0.102	0.023	0.287	0.672	-0.118	-0.664
Band4	0.094	-0.117	-0.177	0.422	-0.744	0.464
Band5	0.058	-0.742	0.644	-0.103	-0.001	0.140
Band6	0.844	-0.274	-0.328	-0.040	0.005	-0.322

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	68.500	55.875	61.333	13.833	36.875	44.083
Band2	55.875	51.500	53.750	8.500	22.125	29.125
Band3	61.333	53.750	65.528	10.194	23.167	28.528
Band4	13.833	8.500	10.194	8.111	16.167	11.444
Band5	36.875	22.125	23.167	16.167	59.000	35.917
Band6	44.083	29.125	28.528	11.444	35.917	42.028
Determinant	42588.201					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.550	-0.100	0.195	-0.071	0.036	-0.802
Band2	0.444	-0.318	-0.017	0.663	0.415	0.300
Band3	0.489	-0.420	-0.370	-0.437	-0.393	0.319
Band4	0.121	0.176	-0.140	-0.546	0.790	0.111
Band5	0.343	0.752	-0.495	0.218	-0.156	-0.005
Band6	0.358	0.341	0.748	-0.140	-0.150	0.391

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.550	0.444	0.489	0.121	0.343	0.358
Band2	-0.100	-0.318	-0.420	0.176	0.752	0.341
Band3	0.195	-0.017	-0.370	-0.140	-0.495	0.748
Band4	-0.071	0.663	-0.437	-0.546	0.218	-0.140
Band5	0.036	0.415	-0.393	0.790	-0.156	-0.150
Band6	-0.802	0.300	0.319	0.111	-0.005	0.391

REGION: Lahan Kosong

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	244	244	244	244	244	244
Area In Hectares	21.960	21.960	21.960	21.960	21.960	21.960
Area In Acres	54.264	54.264	54.264	54.264	54.264	54.264
Minimum	21.000	14.000	25.000	23.000	46.000	28.000
Maximum	113.000	115.000	155.000	128.000	223.000	149.000
Mean	81.180	86.996	108.492	95.287	157.443	106.094
Median	86.000	91.000	121.000	100.000	184.000	125.000
Std. Dev.	18.525	22.192	34.717	23.501	57.710	40.634
Std. Dev. (n-1)	18.563	22.237	34.789	23.549	57.829	40.718
Corr. Eigenval.	5.614	0.298	0.044	0.026	0.015	0.003
Cov. Eigenval.	7305.541	243.679	19.579	17.416	13.135	6.720

Correlation Matrix -----	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.958	0.912	0.943	0.846	0.804
Band2	0.958	1.000	0.951	0.971	0.899	0.862
Band3	0.912	0.951	1.000	0.961	0.976	0.956
Band4	0.943	0.971	0.961	1.000	0.922	0.885
Band5	0.846	0.899	0.976	0.922	1.000	0.993
Band6	0.804	0.862	0.956	0.885	0.993	1.000
Determinant	0.000					

Corr. Eigenvectors -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.397	-0.555	-0.704	0.175	-0.083	-0.003
Band2	0.410	-0.344	0.343	-0.741	-0.217	0.007
Band3	0.419	0.118	0.019	-0.076	0.892	-0.099
Band4	0.413	-0.223	0.584	0.641	-0.134	-0.099
Band5	0.410	0.428	-0.079	0.045	-0.157	0.785
Band6	0.400	0.572	-0.195	-0.043	-0.330	-0.603

Inv. of Corr. Ev. -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.397	0.410	0.419	0.413	0.410	0.400

Band2	-0.555	-0.344	0.118	-0.223	0.428	0.572
Band3	-0.704	0.343	0.019	0.584	-0.079	-0.195
Band4	0.175	-0.741	-0.076	0.641	0.045	-0.043
Band5	-0.083	-0.217	0.892	-0.134	-0.157	-0.330
Band6	-0.003	0.007	-0.099	-0.099	0.785	-0.603

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	344.601	395.260	588.779	412.347	908.154	607.386
Band2	395.260	494.498	735.525	508.750	1155.516	780.132
Band3	588.779	735.525	1210.251	787.323	1963.008	1353.921
Band4	412.347	508.750	787.323	554.576	1255.008	848.981
Band5	908.154	1155.516	1963.008	1255.008	3344.190	2338.633
Band6	607.386	780.132	1353.921	848.981	2338.633	1657.954
Determinant	53578223786.465					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.192	-0.504	0.739	0.222	-0.337	-0.014
Band2	0.242	-0.482	-0.039	0.096	0.832	0.074
Band3	0.403	-0.221	-0.060	-0.869	-0.139	-0.105
Band4	0.261	-0.423	-0.639	0.365	-0.369	-0.274
Band5	0.674	0.309	-0.048	0.175	-0.096	0.639
Band6	0.469	0.436	0.195	0.151	0.171	-0.707

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.192	0.242	0.403	0.261	0.674	0.469
Band2	-0.504	-0.482	-0.221	-0.423	0.309	0.436
Band3	0.739	-0.039	-0.060	-0.639	-0.048	0.195
Band4	0.222	0.096	-0.869	0.365	0.175	0.151
Band5	-0.337	0.832	-0.139	-0.369	-0.096	0.171
Band6	-0.014	0.074	-0.105	-0.274	0.639	-0.707

REGION: Rawa

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	335	335	335	335	335	335
Area In Hectares	30.150	30.150	30.150	30.150	30.150	30.150
Area In Acres	74.502	74.502	74.502	74.502	74.502	74.502
Minimum	18.000	19.000	16.000	13.000	7.000	0.000
Maximum	53.000	63.000	68.000	105.000	100.000	55.000
Mean	31.084	34.361	30.537	42.806	30.224	16.579
Median	30.000	34.000	31.000	42.000	29.000	15.000
Std. Dev.	5.152	6.972	6.509	14.391	12.789	7.068
Std. Dev. (n-1)	5.160	6.983	6.518	14.413	12.808	7.079
Corr. Eigenval.	3.632	1.123	0.493	0.419	0.260	0.073
Cov. Eigenval.	373.327	85.806	48.473	14.957	11.661	5.537

Correlation Matrix

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.551	0.573	0.415	0.302	0.303
Band2	0.551	1.000	0.722	0.529	0.375	0.368
Band3	0.573	0.722	1.000	0.580	0.505	0.513
Band4	0.415	0.529	0.580	1.000	0.609	0.571
Band5	0.302	0.375	0.505	0.609	1.000	0.925
Band6	0.303	0.368	0.513	0.571	0.925	1.000
Determinant	0.016					

Corr. Eigenvectors

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.342	-0.482	-0.760	-0.262	0.069	0.004
Band2	0.396	-0.428	0.389	0.341	0.626	-0.013
Band3	0.439	-0.273	0.184	0.341	-0.763	0.042
Band4	0.420	0.069	0.417	-0.800	-0.043	-0.063
Band5	0.425	0.504	-0.156	0.122	0.121	0.716
Band6	0.421	0.502	-0.199	0.211	0.072	-0.694

Inv. of Corr. Ev.

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.342	0.396	0.439	0.420	0.425	0.421

REGION: Pemukiman

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	541	541	541	541	541	541
Area In Hectares	48.690	48.690	48.690	48.690	48.690	48.690
Area In Acres	120.316	120.316	120.316	120.316	120.316	120.316
Minimum	53.000	58.000	59.000	59.000	90.000	68.000
Maximum	246.000	217.000	230.000	153.000	255.000	255.000
Mean	103.530	104.190	120.516	87.830	141.813	122.309
Median	91.000	96.000	114.000	86.000	134.000	110.000
Std. Dev.	34.704	27.811	27.113	12.277	31.820	39.816
Std. Dev. (n-1)	34.736	27.837	27.138	12.289	31.849	39.853
Corr. Eigenval.	4.759	0.934	0.203	0.068	0.020	0.016
Cov. Eigenval.	4932.451	286.336	167.911	51.070	19.909	13.907

Correlation Matrix -----	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.970	0.908	0.194	0.813	0.907
Band2	0.970	1.000	0.954	0.305	0.854	0.917
Band3	0.908	0.954	1.000	0.402	0.874	0.892
Band4	0.194	0.305	0.402	1.000	0.506	0.258
Band5	0.813	0.854	0.874	0.506	1.000	0.938
Band6	0.907	0.917	0.892	0.258	0.938	1.000
Determinant	0.000					

Corr. Eigenvectors -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.432	0.257	0.336	-0.571	0.485	-0.272
Band2	0.445	0.138	0.360	-0.118	-0.517	0.610
Band3	0.443	0.011	0.327	0.786	0.176	-0.217
Band4	0.194	-0.932	0.167	-0.186	-0.096	-0.147
Band5	0.433	-0.147	-0.621	0.046	0.436	0.461
Band6	0.440	0.155	-0.487	-0.076	-0.517	-0.522

Inv. of Corr. Ev. -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.432	0.445	0.443	0.194	0.433	0.440

Band2	0.257	0.138	0.011	-0.932	-0.147	0.155
Band3	0.336	0.360	0.327	0.167	-0.621	-0.487
Band4	-0.571	-0.118	0.786	-0.186	0.046	-0.076
Band5	0.485	-0.517	0.176	-0.096	0.436	-0.517
Band6	-0.272	0.610	-0.217	-0.147	0.461	-0.522

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	1206.583	937.491	855.794	82.939	899.890	1255.956
Band2	937.491	774.899	720.805	104.445	757.043	1016.860
Band3	855.794	720.805	736.487	134.105	755.298	964.853
Band4	82.939	104.445	134.105	151.015	198.007	126.584
Band5	899.890	757.043	755.298	198.007	1014.371	1190.443
Band6	1255.956	1016.860	964.853	126.584	1190.443	1588.229
Determinant	3353172186807.026					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.473	-0.546	0.094	-0.537	-0.295	0.308
Band2	0.385	-0.262	0.275	0.007	0.411	-0.734
Band3	0.369	-0.040	0.471	0.722	-0.216	0.270
Band4	0.059	0.471	0.586	-0.377	0.431	0.320
Band5	0.426	0.623	-0.079	-0.168	-0.535	-0.330
Band6	0.555	0.145	-0.587	0.142	0.474	0.286

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.473	0.385	0.369	0.059	0.426	0.555
Band2	-0.546	-0.262	-0.040	0.471	0.623	0.145
Band3	0.094	0.275	0.471	0.586	-0.079	-0.587
Band4	-0.537	0.007	0.722	-0.377	-0.168	0.142
Band5	-0.295	0.411	-0.216	0.431	-0.535	0.474
Band6	0.308	-0.734	0.270	0.320	-0.330	0.286

REGION: Vegetasi

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	606	606	606	606	606	606
Area In Hectares	54.540	54.540	54.540	54.540	54.540	54.540
Area In Acres	134.771	134.771	134.771	134.771	134.771	134.771
Minimum	9.000	24.000	22.000	121.000	49.000	13.000
Maximum	65.000	67.000	62.000	196.000	129.000	70.000
Mean	43.952	48.926	36.642	155.653	102.964	44.350
Median	44.000	48.000	34.000	157.000	104.000	45.000
Std. Dev.	7.199	7.449	9.402	18.862	11.555	7.345
Std. Dev. (n-1)	7.205	7.455	9.410	18.877	11.564	7.351
Corr. Eigenval.	2.849	2.092	0.520	0.337	0.121	0.081
Cov. Eigenval.	444.767	204.027	55.259	19.237	9.774	7.094
Correlation Matrix	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.567	0.551	-0.174	0.464	0.496
Band2	0.567	1.000	0.806	-0.456	0.082	0.216
Band3	0.551	0.806	1.000	-0.708	-0.014	0.198
Band4	-0.174	-0.456	-0.708	1.000	0.378	0.068
Band5	0.464	0.082	-0.014	0.378	1.000	0.856
Band6	0.496	0.216	0.198	0.068	0.856	1.000
Determinant	0.010					
Corr. Eigenvectors	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.482	0.161	-0.450	0.719	-0.135	0.055
Band2	0.495	-0.190	-0.389	-0.606	-0.435	-0.104
Band3	0.510	-0.291	0.052	-0.115	0.775	0.197
Band4	-0.302	0.485	-0.624	-0.269	0.293	0.356
Band5	0.235	0.612	0.123	-0.122	0.227	-0.699
Band6	0.340	0.493	0.489	-0.121	-0.235	0.577
Inv. of Corr. Ev.	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.482	0.495	0.510	-0.302	0.235	0.340

Band2	0.161	-0.190	-0.291	0.485	0.612	0.493
Band3	-0.450	-0.389	0.052	-0.624	0.123	0.489
Band4	0.719	-0.606	-0.115	-0.269	-0.122	-0.121
Band5	-0.135	-0.435	0.775	0.293	0.227	-0.235
Band6	0.055	-0.104	0.197	0.356	-0.699	0.577

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	51.917	30.469	37.386	-23.691	38.694	26.256
Band2	30.469	55.573	56.525	-64.176	7.083	11.856
Band3	37.386	56.525	88.551	-125.807	-1.474	13.707
Band4	-23.691	-64.176	-125.807	356.352	82.571	9.467
Band5	38.694	7.083	-1.474	82.571	133.731	72.771
Band6	26.256	11.856	13.707	9.467	72.771	54.033
Determinant	6688064655.301					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	-0.076	0.381	0.312	0.859	0.091	-0.078
Band2	-0.197	0.259	0.563	-0.400	0.644	0.060
Band3	-0.350	0.294	0.424	-0.242	-0.742	-0.054
Band4	0.882	0.002	0.427	-0.074	-0.138	-0.125
Band5	0.231	0.703	-0.345	-0.112	-0.033	0.565
Band6	0.041	0.455	-0.324	-0.163	0.087	-0.808

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	-0.076	-0.197	-0.350	0.882	0.231	0.041
Band2	0.381	0.259	0.294	0.002	0.703	0.455
Band3	0.312	0.563	0.424	0.427	-0.345	-0.324
Band4	0.859	-0.400	-0.242	-0.074	-0.112	-0.163
Band5	0.091	0.644	-0.742	-0.138	-0.033	0.087
Band6	-0.078	0.060	-0.054	-0.125	0.565	-0.808

REGION: Tambak

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	152	152	152	152	152	152
Area In Hectares	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680	13.680
Area In Acres	33.804	33.804	33.804	33.804	33.804	33.804
Minimum	21.000	29.000	28.000	0.000	3.000	0.000
Maximum	56.000	67.000	53.000	36.000	37.000	23.000
Mean	39.401	50.296	43.257	13.487	13.836	9.151
Median	39.000	53.000	44.000	13.000	14.000	9.000
Std. Dev.	5.664	8.083	5.527	6.912	6.039	3.771
Std. Dev. (n-1)	5.683	8.109	5.545	6.935	6.059	3.783
Corr. Eigenval.	2.734	1.940	0.523	0.381	0.226	0.195
Cov. Eigenval.	111.331	72.364	19.405	10.857	8.787	5.175

Correlation Matrix

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.458	0.565	0.105	-0.032	-0.082
Band2	0.458	1.000	0.668	-0.308	-0.363	-0.336
Band3	0.565	0.668	1.000	0.081	-0.040	-0.114
Band4	0.105	-0.308	0.081	1.000	0.770	0.623
Band5	-0.032	-0.363	-0.040	0.770	1.000	0.733
Band6	-0.082	-0.336	-0.114	0.623	0.733	1.000
Determinant	0.047					

Corr. Eigenvectors

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	-0.203	0.533	0.747	-0.332	0.028	0.072
Band2	-0.434	0.363	-0.481	-0.221	0.606	-0.181
Band3	-0.256	0.572	-0.313	0.358	-0.595	0.164
Band4	0.454	0.363	0.131	0.485	0.210	-0.604
Band5	0.509	0.281	-0.108	0.083	0.356	0.719
Band6	0.489	0.214	-0.290	-0.685	-0.328	-0.232

Inv. of Corr. Ev.

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	-0.203	-0.434	-0.256	0.454	0.509	0.489

Band2	0.533	0.363	0.572	0.363	0.281	0.214
Band3	0.747	-0.481	-0.313	0.131	-0.108	-0.290
Band4	-0.332	-0.221	0.358	0.485	0.083	-0.685
Band5	0.028	0.606	-0.595	0.210	0.356	-0.328
Band6	0.072	-0.181	0.164	-0.604	0.719	-0.232

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	32.295	21.112	17.817	4.154	-1.112	-1.763
Band2	21.112	65.759	30.036	-17.337	-17.838	-10.297
Band3	17.817	30.036	30.748	3.133	-1.355	-2.390
Band4	4.154	-17.337	3.133	48.093	32.365	16.343
Band5	-1.112	-17.838	-1.355	32.365	36.708	16.793
Band6	-1.763	-10.297	-2.390	16.343	16.793	14.315
Determinant	77174799.851					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	-0.238	0.406	0.809	-0.351	0.016	0.004
Band2	-0.679	0.332	-0.492	-0.275	0.331	0.047
Band3	-0.303	0.432	-0.034	0.598	-0.593	-0.106
Band4	0.420	0.573	-0.011	0.379	0.592	-0.036
Band5	0.404	0.416	-0.265	-0.415	-0.399	0.512
Band6	0.225	0.193	-0.178	-0.358	-0.172	-0.850

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	-0.238	-0.679	-0.303	0.420	0.404	0.225
Band2	0.406	0.332	0.432	0.573	0.416	0.193
Band3	0.809	-0.492	-0.034	-0.011	-0.265	-0.178
Band4	-0.351	-0.275	0.598	0.379	-0.415	-0.358
Band5	0.016	0.331	-0.593	0.592	-0.399	-0.172
Band6	0.004	0.047	-0.106	-0.036	0.512	-0.850

REGION: Laut

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	5434	5434	5434	5434	5434	5434
Area In Hectares	489.060	489.060	489.060	489.060	489.060	489.060
Area In Acres	1208.494	1208.494	1208.494	1208.494	1208.494	1208.494
Minimum	44.000	63.000	44.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	92.000	106.000	103.000	44.000	14.000	13.000
Mean	70.103	84.716	73.125	14.320	7.464	5.029
Median	71.000	87.000	75.000	10.000	7.000	4.000
Std. Dev.	8.397	6.916	14.926	10.363	1.805	2.554
Std. Dev. (n-1)	8.398	6.917	14.928	10.364	1.805	2.555
Corr. Eigenval.	3.146	1.005	0.994	0.513	0.270	0.072
Cov. Eigenval.	381.913	40.565	15.607	10.557	6.509	3.248

Correlation Matrix -----	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.729	0.751	0.587	0.032	0.001
Band2	0.729	1.000	0.744	0.574	0.030	-0.022
Band3	0.751	0.744	1.000	0.887	0.051	0.004
Band4	0.587	0.574	0.887	1.000	0.042	0.013
Band5	0.032	0.030	0.051	0.042	1.000	0.005
Band6	0.001	-0.022	0.004	0.013	0.005	1.000
Determinant	0.031					

Corr. Eigenvectors -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	-0.487	-0.020	0.022	-0.466	-0.720	0.162
Band2	-0.483	-0.047	0.006	-0.505	0.693	0.169
Band3	-0.540	0.004	0.012	0.267	0.013	-0.798
Band4	-0.486	0.020	0.021	0.674	0.018	0.556
Band5	-0.036	0.583	-0.811	-0.024	0.001	0.008
Band6	0.001	0.810	0.584	-0.041	0.021	-0.001

Inv. of Corr. Ev. -----	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	-0.487	-0.483	-0.540	-0.486	-0.036	0.001
Band2	-0.020	-0.047	0.004	0.020	0.583	0.810

Band3	0.022	0.006	0.012	0.021	-0.811	0.584
Band4	-0.466	-0.505	0.267	0.674	-0.024	-0.041
Band5	-0.720	0.693	0.013	0.018	0.001	0.021
Band6	0.162	0.169	-0.798	0.556	0.008	-0.001

Covariance Matrix	Band1	Band2	Band3	Band4	Band5	Band7
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	70.521	42.364	94.182	51.061	0.485	0.014
Band2	42.364	47.842	76.842	41.154	0.369	-0.383
Band3	94.182	76.842	222.831	137.214	1.368	0.135
Band4	51.061	41.154	137.214	107.420	0.786	0.338
Band5	0.485	0.369	1.368	0.786	3.258	0.022
Band6	0.014	-0.383	0.135	0.338	0.022	6.526
Determinant	53961398.223					

Cov. Eigenvectors	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.345	-0.673	-0.639	-0.136	0.015	0.004
Band2	0.277	-0.453	0.721	-0.444	-0.036	0.007
Band3	0.755	0.107	0.162	0.626	0.002	-0.015
Band4	0.483	0.574	-0.210	-0.626	0.008	0.008
Band5	0.004	0.003	0.001	0.018	-0.006	1.000
Band6	0.000	0.011	-0.037	0.010	-0.999	-0.006

Inv. of Cov. Ev.	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Band1	0.345	0.277	0.755	0.483	0.004	0.000
Band2	-0.673	-0.453	0.107	0.574	0.003	0.011
Band3	-0.639	0.721	0.162	-0.210	0.001	-0.037
Band4	-0.136	-0.444	0.626	-0.626	0.018	0.010
Band5	0.015	-0.036	0.002	0.008	-0.006	-0.999
Band6	0.004	0.007	-0.015	0.008	1.000	-0.006

REGION: All

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Non-Null Cells	872958	872958	872958	872958	872958	872958
Area In Hectares	78566.220	78566.220	78566.220	78566.220	78566.220	78566.220
Area In Acres	194141.372	194141.372	194141.372	194141.372	194141.372	194141.372
Minimum	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Maximum	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000	255.000
Mean	36.193	38.320	36.826	48.888	49.519	30.097
Median	36.000	43.000	34.000	27.000	20.000	13.000
Std. Dev.	35.272	35.638	36.482	52.722	53.536	35.280
Std. Dev. (n-1)	35.272	35.638	36.482	52.722	53.536	35.280
Corr. Eigenval.	5.128	0.612	0.202	0.036	0.013	0.009
Cov. Eigenval.	9134.302	1164.945	353.956	46.091	21.272	14.978

Correlation Matrix

	Band1 -----	Band2 -----	Band3 -----	Band4 -----	Band5 -----	Band7 -----
Band1	1.000	0.977	0.955	0.663	0.785	0.821
Band2	0.977	1.000	0.966	0.666	0.773	0.798
Band3	0.955	0.966	1.000	0.641	0.810	0.867
Band4	0.663	0.666	0.641	1.000	0.907	0.772
Band5	0.785	0.773	0.810	0.907	1.000	0.956
Band6	0.821	0.798	0.867	0.772	0.956	1.000
Determinant	0.000					

Corr. Eigenvectors

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.416	-0.374	0.208	0.724	0.318	0.136
Band2	0.414	-0.392	0.312	-0.182	-0.718	-0.168
Band3	0.419	-0.358	-0.132	-0.633	0.518	0.097
Band4	0.368	0.623	0.580	-0.097	0.217	-0.290
Band5	0.416	0.399	-0.226	0.004	-0.252	0.744
Band6	0.416	0.175	-0.674	0.178	-0.065	-0.554

Inv. of Corr. Ev.

	PC1 -----	PC2 -----	PC3 -----	PC4 -----	PC5 -----	PC6 -----
Band1	0.416	0.414	0.419	0.368	0.416	0.416