TUGAS AKHIR

IDENTIFIKASI LAHAN KRITIS PADA KAWASAN HUTAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH (PJ) DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK MENDUKUNG PERENCANAAN REHABILITASI LAHAN KRITIS

(Studi Kasus : Kabupaten Pasuruan)

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

Bidang Keahlian :
Penginderaan Jauh dan Sistem Informasi Geografis

Disusun Oleh :

OSFRIDUS GANI RARANG
NIM : 0225016

JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2009

MILIK
PERPUSTAKAAN
ITN MALANG

LEMBAR PERSETUJUAN

IDENTIFIKASI LAHAN KRITIS PADA KAWASAN HUTAN MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH (PJ) DAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS (SIG) UNTUK MENDUKUNG REHABILITASI LAHAN KRITIS

(Studi Kasus : Kabupaten Pasuruan)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan

Dalam Mencapai Gelar Sarjana S-1 Teknik Geodesi

Oleh :

OSFRIDUS GANI RARANG

02.25.016

Disetujui :

Dosen Pembimbing I	Dosen Pembimbing II
(Ir. Agus Darpono,MT)	**(Ir. Leo Pantimena,MSc)**

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi

(Hery Purwanto,ST,MSc)

LEMBAR PENGESAHAN

Dipertahankan didepan Panitia Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik Geodesi, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang, dan diterima untuk memenuhi sebagai syarat-syarat guna memperoleh gelar Sarjana S-1 Teknik Geodesi.

Pada hari/tanggal : Rabu, 1 April 2009

Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua

(Ir. A. Agus Santosa, MT)

Sekretaris

(Hery Purwanto, ST, MSc)

Anggota Penguji

Penguji I

(Ir. M. Nurhadi, MT)

Penguji II

(Hery Purwanto, ST, MSc)

Penguji III

(Silvester Sari Sai, ST, MT)

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas ijin dan perkenan-NYA, penulisan laporan tugas akhir ini bisa kami selesaikan.

Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar sarjana strata satu di jurusan Teknik Geodesi ITN Malang. Laporan ini disusun berdasarkah hasil penelitian penulis tentang Identifikasi Lahan Kritis pada Kawasan Hutan di Wilayah Kabupaten Pasuruan dengan menggunakan data-data yang penulis peroleh dari berbagai instansi pemerintahan di Kabupaten Pasuruan.

Selama proses penelitian sampai proses penulisan laporan, penulis telah banyak mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Istri dan anak-anakku tersayang serta keluar besar di Mbay dan Bajawa.
2. Bapak Ir.Agus Darpono, MT selaku Dosen Pembimbing I
3. Bapak Ir.Leo Pantimena, MSc selaku Dosen Pembimbing II
4. Bapak Hery Purwanto, ST, MSc selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi
5. Dosen – dosen pengajar dan staf jurusan di lingkungan Jurusan Teknik Geodesi ITN Malang
6. Rekan-rekan Geodesi angkatan 2002 yang telah banyak membantu terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Serta semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung membantu terselesaikannya tugas akhir ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu saran serta kritik yang membangun tetap kami harapkan dari pembaca sekalian. Akhirnya, semoga laporan ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, April 2009

Penulis

DAFTAR ISI

hal

Lembar Persetujuan i

Lembar Pengesahan ii

Lembar Persembahan iii

Kata Pengantar iv

Daftar Isi v

Daftar Gambar ix

Daftar Tabel xii

BAB I . PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Identifikasi Masalah 2

1.3. Maksud dan Tujuan 2

1.4. Batasan Masalah 3

1.5. Metode Penelitian 3

1.6. Tinjauan Pustaka 3

BAB II. DASAR TEORI

2.1. Pengertian Hutan 5

2.2. Lahan Potensial dan Lahan Kritis 6

2.3. Rehabilitasi Hutan dan Lahan 7

2.4. Parameter Lahan Kritis 7

2.4.1. Data Spasial Tutupan Vegetasi 8

2.4.2. Data Spasial Kelerengan Tanah 9

2.4.3. Indeks Erodibilitas Tanah 10

2.4.4. Indeks Erosivitas Hujan 12

2.4.5. Kondisi Pengelolaan (Manajemen) 13

2.5. Analisis Spasial 15

2.6. Penginderaan Jauh 17

2.6.1. Pengertian Penginderaan Jauh 17

2.6.2. Prinsip Dasar Penginderaan Jauh 18

2.6.3. Komponen Utama Penginderaan Jauh 18

2.6.4. Sumber Energi 18

2.6.5. Interaksi Energi dengan Atmosfer 21

2.6.6. Interaksi Energi dengan Objek di Muka Bumi 22

2.6.7. Sensor 23

2.6.8 . Sistem Pengolahan Data 24

2.6.9. Pengguna Data 24

2.6.10. Satelit Penginderaan Jauh 24

2.6.11. Citra Satelit Aster 25

2.7. Pengolahan Citra Digital 28

2.7.1. Pemulihan Citra 28

2.7.2. Citra Komposit 30

2.7.3. Penajaman Citra 30

2.7.4. Interpretasi Citra 31

2.7.5. Unsur-unsur Interpretasi 35

2.8. Sistem Informasi Geografis (SIG) 37

2.8.1. Pengertian Dasar SIG 37

2.8.2. Struktur Komponen SIG 39

2.8.3. Data SIG 39

2.8.4. Perangkat Keras (*Hardware*) 42

2.8.5. Perangkat Lunak (*Software*) 42

2.8.6. Sumber Daya Manusia (SDM) 42

2.8.7. Analisis Spasial SIG 43

2.8.8. Analisis Tumpang Susun (Overlay) 44

BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian 45

3.2. Persiapan Penelitian 45

3.3. Pengumpulan Data 45

3.4. Peralatan Penelitian 46

3.5. Langkah Penelitian 46

3.6. Tahapan Pekerjaan 50

3.6.1. Menampilkan Citra Aster dan Data Vektor 51

3.6.2. Pembuatan Citra Komposit 53

3.6.3. Koreksi Geometri 54

3.6.4. Mosaik Citra Aster 56

3.6.5. Cropping Citra Aster 57

3.6.6. Proses Klasifikasi 59

3.6.7. Digitasi Peta 67

3.6.8. Topologi 69

3.6.9. Membuka Data Spasial dan Non Spasial dengan ArcMap 71

3.6.10. Join Item /Penggabungan Data di ArcGis 74

3.6.11. Analisa dan Overlay Data 75

3.6.12. Pembuatan Layout Peta 80

BAB IV. PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

4.1. Analisa Pengolahan Citra Komposit 83

4.2. Analisa Koreksi Geometrik 83

4.3. Analisa Cropping Citra Aster 88

4.4. Analisa Klasifikasi Tutupan Vegetasi 89

4.5. Analisa Data Kelerengan Tanah 90

4.6. Analisa Data Indeks Erodibilitas Tanah 91

4.7. Analisa Data Indeks Erosivitas Hujan 92

4.8. Analisa Kondisi Pengelolaan (Manajemen) 93

4.9. Analisa Tingkat Kekritisan Lahan Kawasan Hutan 94

4.10. Data Hasil Anotasi/Komposit Peta 98

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan 99

5.2. Saran 99

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II **Hal**

2.1. Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya 17

2.2. Ilustrasi Perjalanan Gelombang 19

2.3. Interaksi REM dengan Partikel Atmosfer 21

2.4. Reflektansi Spektral dari Tanah, Air, dan Vegetasi 23

2.5. Perbandingan Resolusi Citra Aster dengan Satelit Pendahulunya 27

2.6. Sistem Manajemen Basis Data SIG 39

2.7. Komponen Sistem Informasi Geografis 43

2.8. Contoh Operasi Overlay 44

Gambar III

3.1. Diagram Alir Penelitian 48

3.2. Tampilan Citra Aster 51

3.3. Kotak Dialog Import Vektor dan GIS Format 52

3.4. Kotak Dialog Import AutoCad DXF 52

3.5. Tampilan Data Vektor Sungai dan Jalan Hasil Import 53

3.6. Citra Hasil Kombinasi 54

3.7. GCP Setup 55

3.8. Proses Koreksi Geometri 56

3.9. Mosaik Citra Aster Kabupaten Pasuruan 57

3.10. Kotak Dialog Formula Editor 58

3.11. Hasil Cropping Citra Aster 59

3.12. Menu Pilihan Edit/Create Region 60

3.13. Tampilan New Map Composition 60

3.14. Tools Region Layer 61
3.15. Jendela Dialog Map Composition Attribute 62
3.16. Jendela Dialog Status Konfirmasi 62
3.17. Jendela Pesan Penyimpanan Region 63
3.18. Menu Proses Calculate Statistics 63
3.19. Jendela Pilihan Dataset 64
3.20. Menu Pilihan Klasifikasi Superfised 64
3.21. Menu Pemilihan Dataset 65
3.22. Tampilan Jendela Dialog Selesai dengan Sukses 65
3.23. Tampilan Class Display Layer pada Box Algorithm 66
3.24. Tampilan Kotak Edit Class/Region Details 66
3.25. Citra Hasil Klasifikasi Terbimbing 67
3.26. Image Manager 68
3.27. Peta Raster Curah Hujan Hasil Scanner 68
3.28. Kotak Dialog Drawing Cleanup 69
3.29. Kotak Dialog Create Polygon Topology 70
3.30. Kotak Dialog Export 70
3.31. Kotak Dialog ArcMap 71
3.32. Tampilan Peta di ArcMap 72
3.33. Kotak Dialog Add Field 72
3.34. Kotak Dialog Atribut Yang Kosong 73
3.35. Kotak Dialog Field Calculator 73
3.36. Kotak Dialog Joint Data 74
3.37. Data Atribut Kelerengan Tanah 75
3.38. Kotak Arctoolbox 76

3.39. Kotak Dialog Union 76

3.40. Diagram Alir Analisa Overlay 77

3.41. Kotak Dialog Field Calculator 78

3.42. Kotak Attributes of Hasil Union 79

3.43. Kotak Attribut Luas Kelas Kekritisan Lahan 79

3.44. Kotak Dialog Perintah Clip 80

3.45. Layer Properties 80

3.46. Perintah Layout View 81

3.47. Kotak Dialog Create a Measured Grid 81

3.48. Peta Lahan Kritis Kawasan Hutan Kabupaten Pasuruan 82

Gambar IV

4.1. Citra Aster dengan Kombinasi Band 432 83

4.2. Tampilan Hasil Overlay Citra-Peta 88

4.3. Citra Aster Hasil Cropping 89

4.4. Tampilan Citra Aster Hasil Klasifikasi Tutupan Vegetasi 90

4.5. Peta Kelerengan Tanah 91

4.6. Peta Indeks Erodibilitas Tanah 92

4.7. Peta Indeks Erosivitas Hujan 93

4.8. Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen) 94

4.9. Peta Lahan Kritis Kawasan Hutan Kab. Pasuruan 95

4.10. Peta Kekritisan Lahan Kawasan Hutan Hasil Anotasi 98

DAFTAR TABEL

Tabel II **Hal**

2.1. Klasifikasi Liputan Lahan dan Skoring 8

2.2. Spesifikasi Data Atribut Liputan Lahan 9

2.3. Klasifikasi Kelerengan Tanah dan Skoring 10

2.4. Spesifikasi Data Atribut Kelerengan Tanah 10

2.5. Kelas Erodibilitas Tanah 11

2.6. Indeks Erodibilitas Tanah 11

2.7. Spesifikasi Data Atribut Indeks Erodibilitas Tanah 12

2.8. Hasil Skoring Erosivitas Hujan 13

2.9. Spesifikasi Data Atribut Erosivitas Hujan 13

2.10. Klasifikasi Kondisi Pengelolaan (Manajemen) 14

2.11. Spesifikasi Data Atribut Kondisi Pengelolaan (Manajemen) 14

2.12. Klasifikasi dan Skoring untuk semua Parameter 15

2.13. Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan berdasarkan Total Skor 16

2.14. Karakteristik Pita Spektral Gelombang Elektromagnetik 20

2.15. Karakteristik Tiga Sistem Sensor Citra Aster 26

Tabel IV

4.1. Data Hasil Koreksi Geometrik Citra Pasuruan 1 84

4.2. Data Hasil Koreksi Geometrik Citra Pasuruan 2 86

BAB I

PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Potensi sumber daya hutan Indonesia sangat besar dan tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Salah satu sifat sumber daya hutan adalah rentan terhadap berbagai kerusakan, baik yang diakibatkan oleh kebakaran hutan, hama penyakit, perladangan berpindah, perambahan hutan, pengembalaan yang berlebihan (*overgrassing*), maupun kesalahan dalam pengelolaan. Kondisi sumberdaya hutan dan lahan di Indonesia saat ini telah mengalami kerusakan yang serius. Akibat pengelolaan yang tidak tepat, lahan kritis meningkat setiap tahunnya hingga saat ini telah mencapai luas 43 juta ha, dengan laju deforestasi lebih dari 1,6 juta ha/tahun *(Aswandi,2008)*. Bahkan *Walhi* mencatat laju kerusakan hutan yang lebih besar yakni 3,8 juta ha/tahun atau 7,2 ha untuk setiap menitnya. Kerusakan hutan dan lahan tersebut telah mengakibatkan banjir, tanah longsor dan kekeringan yang telah menimbulkan bencana nasional.

Dalam upaya penanggulangan berbagai potensi kerusakan hutan dan penebangan ke arah produksi yang optimum diperlukan sistem manajemen yang baik, berdasarkan asas kelestarian produksi. Pengelolaan sumber daya hutan yang berprinsip pada pengelolaan sumber daya hutan yang berkelanjutan memerlukan sistem manajemen yang terpadu, dimulai dari kegiatan perencanaan, pelaksanaan, monitoring dan evaluasi kegiatan pemanfaatan hutan.

Untuk mendukung manajemen pengelolaan hutan secara utuh, salah satunya adalah tersedianya data yang akurat baik data numerik maupun data spasial mengenai kondisi hutan. Data tersebut meliputi data luas, lokasi dan kondisi tanaman, maupun lokasi lahan kritis. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui tingkat keberhasilan rehabilitasi hutan, lahan kritis yang perlu dipulihkan kembali, maupun hutan rusak sehingga dapat direncanakan rehabilitasi hutan melalui metode dan teknik yang sesuai.

Salah satu metode pengumpulan data dan pemantauan lahan kritis yang cepat dan akurat adalah teknik penginderaan jauh (inderaja) dan analisisnya melalui Sistem Informasi Geografi (SIG). Melalui pemanfaatan citra satelit dapat dilakukan analisis untuk memperoleh data liputan lahan. Perekaman data permukaan bumi,

baik hutan maupun liputan lahan lainnya pada selang waktu yang berbeda, dapat memberikan informasi perubahan penggunaan lahan. Dengan demikian kita dapat mengetahui kondisi lahan hutan yang sebenarnya pada periode tertentu. Penentuan tingkat kekritisan lahan dilakukan dengan melakukan overlay terhadap peta dari masing-masing variabel yang diperhitungkan. Untuk melakukan operasi overlay, indeks vegetasi yang merupakan data raster dikonversikan terlebih dahulu ke dalam format vektor secara manual menggunakan teknik screen digitizing.

Kabupaten Pasuruan mempunyai luas wilayah 147.401,50 Ha (3,13 % luas Propinsi Jawa Timur), mempunyai kawasan hutan seluas 53.109,8 Ha (*Perum Perhutani Unit II Jawa Timur,2005*). Luas lahan kritis di luar kawasan hutan sebesar 36.713,80 Ha dengan prosentase sebesar 50,90 %. Prosentase luas lahan kritis diluar kawasan hutan di Kabupaten Pasuruan ini merupakan yang terbesar di Propinsi Jawa Timur. Sedangkan data tentang lahan kritis pada kawasan hutan masih sangat kurang sehingga dalam penelitian ini kami mengambil "Identifikasi Lahan Kritis Di Kawasan Hutan Melalui Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) Untuk Mendukung Perencanaan Rehabilitasi Lahan Kritis" dengan daerah studi di Kabupaten Pasuruan, Propinsi Jawa Timur.

1.2. Identifkasi Masalah

1. Kurangnya data yang akurat, baik data numerik maupun data spasial mengenai kondisi hutan untuk mendukung manajemen pengelolan hutan secara utuh. Data tersebut meliputi data luas, lokasi dan kondisi tanaman, maupun lokasi lahan kritis.
2. Aktifitas manusia dan pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan menyebabkan semakin sempitnya lahan potensial dan semakin luasnya lahan kritis yang telah mengalami kerusakan secara fisik, kimia, dan biologis.

1.3. Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah terwujudnya perencanaan rehabilitasi lahan kritis yang lebih berdaya guna dan berhasil guna di Kabupaten Pasuruan. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah melakukan identifikasi lahan kritis di kawasan hutan dengan memanfaatkan Penginderaan Jauh (PJ) dan Sistem Informasi Geografis (SIG) di Kabupaten Pasuruan, Propinsi Jawa Timur.

1.4. Batasan Masalah

1. Penelitian dilakukan pada Wilayah Kabupaten Pasuruan, Propinsi Jawa Timur.
2. Identifikasi lahan kritis dilakukan pada Kawasan Hutan.
3. Dalam penelitian ini memanfaatkan *software AutoCad Map 2004, Microsoft Acces Xp 2007, ER Mapper 6.4 dan ArcGIS 9.2*

1.5. Metode Penelitian

1. Metode Pemetaan

Pemetaan daerah penelitian dilakukan menggunakan teknologi penginderaan jauh dan sistem informasi geografis. Secara garis besar tahap kegiatannya adalah sebagai berikut :

- Pengadaan citra *Terra-Aster* dan peta-peta pendukung
- Pengumpulan data sekunder
- Telaah pustaka
- Interpretasi data penginderaan jauh
- Analisis SIG

2. Metode Interpretasi Lahan Kritis

Dasar identifikasi lahan kritis adalah ketentuan-ketentuan dalam Instruksi Presiden Republik Indonesia No. 8 Tahun 1976 dan pedoman pelaksanaannya. Pada dasarnya identifikasi lahan kritis adalah memetakan lokasi, areal dan kondisi lahan yang dikategorikan kritis. Faktor-faktor yang menentukan potensi besarnya erosi tanah yang merupakan indikator kekritisan lahan adalah vegetasi penutup, erosivitas hujan, erodibilitas tanah dan kemiringan lereng.

1.6. Tinjauan Pustaka

Sistem Informasi Geografis merupakan sistem komputer yang dipergunakan untuk menyimpan dan mengolah informasi geografis yang dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan, menganalisa objek atau fenomena, dimana lokasi menjadi salah satu faktor penting *(aronoff, 1993)*.

Penginderaan jauh merupakan 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. *(Lillisand and Kiefer, 1979)*

Menurut Wahono (2002), lahan kritis adalah lahan yang sudah tidak berfungsi lagi sebagai pengatur media pengatur tata air, unsur produksi pertanian, maupun unsur perlindungan alam dan lingkungannya.

Lahan kritis merupakan suatu lahan yang kondisi tanahnya telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia atau biologi yang akhirnya membahayakan fungsi hidrologi, orologi, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi di sekitar daerah pengaruhnya *(Ade Iwan Setiawan, 1996).*

Rehabilitasi lahan merupakan suatu usaha memperbaiki, memulihkan kembali dan meningkatkan kondisi lahan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air, maupun sebagai unsur perlindungan alam dan lingkungannya (*Wahono, 2002).*

Departemen Kehutanan dan Perkebunan (1999) dalam *Herlin Nurhidayati (2002)* menyatakan bahwa hutan merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan dunia. Oleh karena itu, keberadaan hutan sangat penting bagi kehidupan baik hutan sebagai hutan produksi, sebagai perlindungan sistem penyandang kehidupan, sebagai tempat pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa beserta ekosistemnya, sebagai tempat pemanfaatan secara lestari sumber daya alam hayati dan ekosistemnya atau sebagai tempat wisata alam.

BAB II

DASAR TEORI

2.1. Pengertian Hutan

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, hutan adalah suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumber daya hayati yang didominasi pepohonan dalam persekutuan alam lingkungannya, yang satu dengan lainnya tidak dapat dipisahkan. Berdasarkan fungsinya hutan dibagi menjadi tiga kelompok, yaitu:

1. Hutan Produksi, yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok memproduksi hasil hutan.
2. Hutan Lindung, yaitu kawasan hutan yang mempunyai fungsi pokok sebagai sistem penyangga kehidupan, mencegah banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut dan memelihara kesuburan tanah.
3. Hutan Konservasi, yaitu kawasan hutan dengan ciri khas tertentu yang mempunyai fungsi pokok pengawetan keanekaragaman tumbuhan dan satwa serta ekosistemnya.

Beberapa istilah dan pengertian umum kehutanan :

1. Kawasan Hutan adalah wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh Pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap.
2. Penutupan Lahan (*land cover*) adalah kondisi permukaan bumi yang menggambarkan kenampakan vegetasi.
3. Reboisasi adalah kegiatan penanaman pohon di dalam kawasan hutan.
4. Rehabilitasi Hutan dan Lahan adalah kegiatan yang dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktivitas, dan perananannya dalam mendukung sistem penyangga kehidupan tetap terjaga.
5. Hutan Produksi adalah kawasan hutan yang telah ditetapkan peruntukannya untuk memproduksi hasil hutan dan hasil hutan ikutan.

6. Hutan Produksi Terbatas adalah hutan produksi yang hanya dieksploitasi dengan cara tebang pilih.
7. Hutan Lindung adalah kawasan hutan yang karena sifat alamnya diperuntukkan guna mengatur tata air, pencegahan bencana banjir, mengendalikan erosi, mencegah intrusi air laut, dan memelihara kesuburan tanah.
8. Kawasan Konservasi adalah kawasan dengan ciri khas tertentu, baik di darat maupun di lautan yang mempunyai fungsi perlindungan sistem penyangga kehidupan dan pelestarian pemanfaatan sumberdaya alam hayati beserta ekosistemnya.

2.2. Lahan Potensial dan Lahan Kritis

Lahan Potensial adalah lahan yang mempunyai nilai ekonomi tinggi. Dalam arti sempit lahan potensial selalu dikaitkan dengan produksi pertanian, yaitu lahan yang dapat memberikan hasil pertanian yang tinggi walaupun dengan biaya pengelolaan yang rendah. Tetapi dalam arti luas, lahan potensial dikaitkan dengan fungsinya bagi kehidupan manusia, yaitu lahan yang dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan hidupnya. Sehingga potensial tidaknya suatu lahan diukur sampai sejauh mana lahan tersebut memberikan manfaat secara optimal bagi kehidupan manusia. Sebagai contoh, suatu lahan tidak potensial untuk lahan pertanian tetapi potensial untuk permukiman, pariwisata, atau kegiatan lainnya.

Lahan Kritis adalah lahan yang telah mengalami kerusakan secara fisik, kimia, dan biologis atau lahan yang tidak mempunyai nilai ekonomis. Untuk menilai kritis tidaknya suatu lahan, dapat dilihat dari kemampuan lahan tersebut. Sedangkan untuk mengetahui kemampuan suatu lahan dapat dilihat dari besarnya resiko ancaman atau hambatan dalam pemanfaatan lahan tersebut.

Menurut *Wahono (2002),* lahan kritis adalah lahan yang sudah tidak berfungsi lagi sebagai pengatur media pengatur tata air, unsur produksi pertanian, maupun unsur perlindungan alam dan lingkungannya.

Lahan kritis merupakan suatu lahan yang kondisi tanahnya telah mengalami atau dalam proses kerusakan fisik, kimia atau biologi yang akhirnya

membahayakan fungsi hidrologi, orologi, produksi pertanian, pemukiman dan kehidupan sosial ekonomi di sekitar daerah pengaruhnya (*Ade Iwan Setiawan, 1996*).

2.3. Rehabilitasi Hutan dan Lahan

Rehabilitasi hutan dan lahan merupakan suatu usaha memperbaiki, memulihkan kembali dan meningkatkan kondisi hutan dan lahan yang rusak agar dapat berfungsi secara optimal baik sebagai unsur produksi, media pengatur tata air, maupun sebagai unsur perlindungan alam dan lingkungannya *(Wahono, 2002).*

Menurut Undang – Undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, Rehabilitasi Hutan dan Lahan dimaksudkan untuk memulihkan, mempertahankan dan meningkatkan fungsi hutan dan lahan sehingga daya dukung, produktifitas dan peranannya dalam mendukung sistem kehidupan tetap terjaga. Kegiatan rehabilitasi hutan dan lahan diselengarakan melalui kegiatan reboisasi, penghijauan, pemeliharaan, pengayaan tanaman, atau penerapan teknik konservasi tanah secara vegetatif dan sipil teknis pada lahan kritis dan tidak produktif. Menurut *Supriyanto (1996)* kegiatan reboisasi dan penghijauan pada umumnya dilakukan pada tanah kritis dan areal bekas pembalakan.

2.4. Parameter Lahan Kritis

Data spasial lahan kritis diperoleh dari hasil analisis terhadap beberapa data spasial yang merupakan parameter penentu kekritisan lahan. Parameter penentu kekritisan lahan meliputi :

- Kondisi tutupan vegetasi
- Kemiringan lereng
- Indeks erodibilitas tanah
- Indeks erosivitas hujan
- Kondisi pengelolaan (Manajemen)

Data spasial lahan kritis dapat disusun apabila data spasial ke 5 (lima) parameter tersebut di atas sudah disusun terlebih dahulu. Data spasial untuk masing-masing parameter harus dibuat dengan standar tertentu guna mempermudah

proses analisis spasial untuk menentukan lahan kritis. Standar data spasial untuk masing-masing parameter meliputi kesamaan dalam sistem proyeksi dan sistem koordinat yang digunakan serta kesamaan data atributnya. Sistem proyeksi dan sistem koordinat data spasial yang digunakan adalah geografis (latitude dan longitude). Data spasial yang disusun harus mempunyai atribut tertentu yang berisikan informasi mengenai data grafisnya. Atribut dari suatu data spasial adalah data tabular yang terdiri dari sejumlah baris dan kolom. Dalam kaitannya dengan standarisasi data atribut untuk mempermudah proses analisis spasial, hal terpenting adalah menentukan informasi apa saja yang akan disertakan pada data spasialnya sehingga dapat diputuskan kolom apa saja yang perlu ditambahkan dalam data atribut.

2.4.1. Data Spasial Liputan Lahan/Tutupan Vegetasi

Informasi tentang liputan lahan dapat diperoleh dari hasil interpretasi citra penginderaan jauh. Citra satelit Terra-Aster dapat digunakan sebagai sumber data yang terpercaya untuk pemetaan liputan lahan pada skala 1: 25.000 atau lebih kecil. Kondisi tutupan lahan dinilai berdasarkan prosentase tutupan tajuk pohon dan diklasifikasikan menjadi lima kelas. Masing-masing kelas tutupan lahan selanjutnya diberi skor untuk keperluan penentuan lahan kritis. Dalam penentuan kekritisan lahan, parameter liputan lahan mempunyai bobot 40%, sehingga nilai skor untuk parameter ini merupakan perkalian antara skor dengan bobotnya (skor x 40). Klasifikasi tutupan lahan dan skor untuk masing-masing kelas ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 2.1. Klasifikasi Liputan Lahan dan Skoringnya Untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Prosentase Tutupan Tajuk (%)	Skoring	Skor x Bobot (40)
Sangat Baik	> 80	5	200
Baik	61 – 80	4	160
Sedang	41 – 60	3	120
Buruk	21 – 40	2	80
Sangat Buruk	<20	1	40

Sumber : Data Spasial Lahan Kritis Kabupaten Kepulauan Talaut, Balai Pengolahan DAS Tondano, 2005

Data spasial liputan lahan yang disusun harus mempunyai data atribut yang menjelaskan tentang kondisi tutupan lahan pada setiap unit pemetaannya (poligon liputan lahan). Untuk keperluan tersebut, pada data atribut perlu dibuat minimal tiga field (kolom) baru dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.2. Spesifikasi Data Atribut Pada Data Spasial Liputan Lahan

Nama Kolom	**Spesifikasi Kolom**			**Keterangan**
	Tipe	**Lebar**	**Desimal**	
Kelas Vegetasi	String/Character	20	_	Diisi kelas tutupan lahan
Tutupan	String/Character	10	_	Diisi prosentase tutupan tajuk
Skor Vegetasi	Number/numerik	5	_	Diisi skor tutupan lahan

Sumber : www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/sk_dirjenRLPS/14_167_04.pdf+ parameter+lahan+kritis&hl.

2.4.2. Data Spasial Kelerengan Tanah

Kelerengan Tanah adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besar kelerengan tanah dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan prosen (%) dan derajat (°). Data spasial kelerengan tanah dapat disusun dari hasil pengolahan data ketinggian (garis kontur) dengan bersumber pada peta topografi atau peta rupabumi. Pengolahan data kontur untuk menghasilkan informasi kelerengan tanah dapat dilakukan secara manual maupun dengan bantuan komputer. Penyusunan data spasial kelerengan tanah dengan bantuan komputer dapat dilakukan apabila telah tersedia data kontur dalam format digital. Data kontur terlebih dahulu diolah untuk menghasilkan Model Elevasi Digital (Digital Elevation Model/DEM) untuk kemudian diperoses guna menghasilkan data kelerengan tanah. Kelerengan tanah yang dihasilkan selanjutnya diklasifikasikan sesuai dengan klasifikasi kelerengan tanah untuk identifikasi lahan kritis (Tabel 2.3).

Tabel 2.3. Klasifikasi Lereng dan Skoringnya Untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Derajat Kemiringan Lereng	Skoring	Skoring x Bobot (20)
Datar	< 8	5	100
Landai	8 – 15	4	80
Agak Curam	16 – 25	3	60
Curam	26 – 45	2	40
Sangat Curam	>45	1	20

Sumber : Data Spasial Lahan Kritis Kabupaten Kepulauan Talaut, Balai Pengolahan DAS Tondano, 2005.

Data spasial kelerengan tanah yang disusun harus mempunyai data atribut yang berisikan informasi kelerengan tanah dan klasifikasinya pada setiap unit pemetaannya (poligon kemiringan lereng), sehingga atribut data spasial kelerengan tanah perlu dibuat dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 2.4. Spesifikasi Data Atribut Pada Data Spasial Kelerengan Tanah

Nama Kolom	Spefisikasi Kolom			Keterangan
	Tipe	Lebar	Desimal	
Kelas Lereng	String /Character	20	-	Diisi kelas kelerengan
Kelerengan	String /Character	10	-	Diisi nilai kelerengan
Skor Lereng	Number/numerik	5	-	Diisi skor kelerengan

Sumber : www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/sk_dirjenRLPS/14_167_04.pdf+ parameter+lahan+kritis&hl.

2.4.3. Indeks Erodibilitas Tanah

Setiap jenis tanah mempunyai kepekaan terhadap bahaya erosi (erodibilitas) yang tertentu pula. Erosi adalah hilangnya atau terkikisnya tanah atau bagian-bagian tanah dari suatu tempat yang diangkut oleh air atau angin ke tempat lain (*Arsyad, 1989*). Bila terjadi erosi, maka tanah akan mengalami kerusakan-kerusakan. Kerusakan tanah tersebut adalah berupa penurunan sifat-sifat kimia dan biologi tanah seperti hilangnya unsur hara dan kandungan bahan organik, serta sifat fisika tanah seperti penurunan kapasitas infiltrasi tanah dan kemampuan tanah dalam menahan air, meningkatnya kepadatan dan ketahanan penetrasi tanah,

dan penurunan kemantapan struktur tanah; yang kesemuanya ini merupakan penyebab dari penurunan produktifitas tanaman. Disamping itu erosi akan mengakibatkan adanya sedimentasi di daerah lain yang dapat menimbulkan akibat buruk pula terhadap lingkungan. Oleh karena itu nilai erodibilitas tanah sangat berperan dalam evaluasi sumber daya alam, misalnya untuk menyusun kemampuan lahan dan pembuatan arahan pemanfaatan lahan guna perencanaan tata ruang.

Klasifikasi terhadap erodibilitas tanah sudah pernah dibuat, yang telah dibakukan melalui *Surat Keputusan Menteri Pertanian tahun 1980.* Dengan sistem klasifikasi tersebut, nilai erodibilitas tanah dipisahkan menjadi lima kelas, yaitu kelas I (tidak peka), kelas II (kurang peka), kelas III (agak peka), kelas IV (peka), kelas V (sangat peka). Sebagai contoh, tanah alluvial termasuk dalam kelas I (tidak peka); hal ini berarti bahwa tingkat kepekaan tanah tersebut terhadap bahaya erosi adalah sangat rendah. Sebaliknya tanah litosol termasuk dalam kelas V (sangat peka); yang berarti sangat peka terhadap bahaya erosi.

Tabel 2.5. Kelas Erodibilitas Tanah

KELAS TANAH	JENIS TANAH
I (Tidak peka)	Aluvial,tanah glei, planosol, hidromorf kelabu, laterik air tanah.
II (Agak peka)	Latosol
III (Kurang peka)	Brown forest soil, non calcic brown, mediteran.
IV (Peka)	Andosol, Laterik, grumusol, podsol, podsolik.
V (Sangat peka)	Regosol, litosol, organosol, renzina.

Sumber : SK Mentan No.837/Kpts/Um/11/1980

Tabel 2.6. Hasil Skoring Indeks Erodibilitas Tanah Berdasarkan *SK Mentan No.837 Tahun 1980*

Kelas Tanah	Sifat Tanah	Skoring	Skoring x bobot (20)
I	Tidak peka	5	100
II	Agak Peka	4	80
III	Kurang peka	3	60
IV	Peka	2	40
V	Sangat Peka	1	20

Didalam input data spasial, harus mengandung data atribut indeks erodibilitas tanah.

Tabel 2.7. Spesifikasi Data Atribut Pada Data Spasial indeks erodibilitas tanah

Nama Kolom	Spesifikasi Kolom			Keterangan
	Tipe	Lebar	Desimal	
Kelas tanah	String / Character	20	-	Diisi kelas tanah
Deskripsi	String / Character	50	-	Diisi keterangan mengenai sifat tanah
Skor jenis tanah	Number / numerik	5	-	Diisi skor jenis tanah

Sumber : www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/sk_dirjenRLPS/14_167_04.pdf+ parameter+lahan+kritis&hl.

2.4.4. Indeks Erosivitas Hujan (R)

Indeks erosivitas hujan adalah daya erosi hujan pada suatu tempat dengan satuan Mega joule cm/ha/jam/tahun. Indeks erosivitas hujan dapat diperoleh dengan menghitung besarnya energi kinetik hujan (Ek) yang ditimbulkan oleh intensitas hujan maksimum selama 30 menit (EI 30) atau energi kinetik hujan dari intensitas hujan yang lebih besar dari 25 mm dalam satu jam (KE>1).

Cara menghitung indeks erosivitas hujan dengan ketersediaan data curah hujan bulanan, nilai harga erosivitas hujan bulanan (Rm) dihitung dengan menggunakan rumus Bols (1978) sebagai berikut :

Rm = 6,119 (Rain)m^{121} (Days)$m^{0,47}$(Max.P)$m^{0,55}$

Rm = Erosivitas Hujan Bulanan (Mega joule cm/Ha/Jam/Bulan

(Rain)m = Curah hujan bulanan rata-rata (cm)

(Days)m = Banyaknya hari hujan rata-rata per bulan (Hari)

(Max.P)m = Hujan harian maksimum rata-rata per bulan (cm)

Berdasarkan pada indeks erosivitas Bols dapat ditentukan erosivitas hujan.

Tabel 2.8. Hasil Skoring Erosivitas Hujan

Kelas	Indeks Erosivitas	Skoring	Skoring x bobot (10)
Sangat Rendah	500 - 1500	5	50
Rendah	1500 - 2500	4	40
Sedang	1500 – 4000	3	30
Tinggi	4000 – 5000	2	20
Sangat Tinggi	>5000	1	10

Sumber : Lembaga Ekologi Unpad

Tabel 2.9. Spesifikasi Data Atribut Pada Data Spasial Erosivitas Hujan

Nama Kolom	Spefisikasi Kolom			Keterangan
	Tipe	Lebar	Desimal	
Kelas_Erosivitas	String/Character	20	-	Diisi kelas Erosivitas Hujan
Indeks Erosivitas	String/Character	20	-	Diisi Indeks Erosivitas Hujan
Skor Erosivitas	Number/numeric	5	-	Diisi skor Erosivitas Hujan

Sumber : www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/sk_dirjenRLPS/14_167_04.pdf+ parameter+lahan+kritis&hl.

2.4.5. Kondisi Pengelolaan (Manajemen)

Manajemen merupakan salah satu kriteria yang dipergunakan untuk menilai kekritisan lahan di kawasan hutan lindung , yang dinilai berdasarkan kelengkapan aspek pengelolaan yang meliputi keberadaan tata batas kawasan, pengamanan dan pengawasan serta dilaksanakan atau tidaknya penyuluhan. Sesuai dengan karakternya, data tersebut merupakan data atribut. Kriteria manajemen pada prinsipnya merupakan data atribut yang berisi informasi mengenai aspek manajemen. Berkaitan dengan penyusunan data spasial lahan kritis, kriteria tersebut perlu dispasialisasikan. Kriteria manajemen dalam penentuan lahan kritis dibagi menjadi 3 kelas seperti terlihat pada Tabel 2.10 berikut ini;

Tabel 2.10. Klasifikasi Manajemen dan Skoringnya Untuk Penentuan Lahan Kritis

Kelas	Besaran / Deskripsi	Skor	Skor x Bobot(10)
Baik	Lengkap *)	5	50
Sedang	Tidak Lengkap	3	30
Buruk	Tidak Ada	1	10

Sumber : Data Spasial Lahan Kritis Kabupaten Kepulauan Talaut, Balai Pengolahan DAS Tondano, 2005.

*) : - Tata batas kawasan ada
- Pengamanan dan pengawasan ada
- Penyuluhan dilaksanakan.

Seperti halnya dengan data spasial kriteria penyusunan lahan kritis yang lain, data spasial kriteria manajemen yang disusun harus mempunyai data atribut yang berisikan informasi mengenai aspek manajemen dan klasifikasinya pada setiap unit pemetaannya, sehingga atribut data spasial kriteria manajemen perlu dibuat dengan spesifikasi seperti ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.11. Spesifikasi Data Atribut Pada Data Spasial Manajemen

Nama Kolom	Spefisikasi Kolom			Keterangan
	Tipe	Lebar	Desimal	
Kelas_Mnj	String/Character	20	-	Diisi kelas manajemen
Deskripsi	String/Character	20	-	Diisi deskripsi aspek manajemen
Skor-Mnj	Number/numeric	5	-	Diisi skor aspek manajemen

Sumber : www.dephut.go.id/INFORMASI/RRL/RLPS/sk_dirjenRLPS/14_167_04.pdf+ parameter+lahan+kritis&hl.

Tabel 2.12. Klasifikasi dan Nilai Skoring Faktor Tutupan Vegetasi, Kemiringan Lereng, Erodibilitas Tanah, Indeks Erosivitas Hujan dan Kriteria Manajemen

Skoring	Faktor Yang Dinilai					
	Tutupan Vegetasi(%)	Erodibilitas Tanah		Kelerengan Tanah	Indeks Erosivitas Hujan	Kondisi Pengelolaan
		Jenis Tanah	Sifat			
5	>80	Aluvial,tanah glei, planosol, hidromorf kelabu, laterik air tanah	Tidak Peka	< 8 (Datar)	500 – 1500	Lengkap
4	61 - 80	Latosol	Agak Peka	8 – 15 (Landai)	1500 – 2500	Tidak Lengkap
3	41 - 60	Brown forest soil, non calcic brown, mediteran	Kurang Peka	16 – 25 Agak Curam	2500 - 4000	Tidak Lengkap
2	21 - 40	Andosol, Laterik, grumusol, podsol, podsolik	Peka	26 - 45 Curam	4000 - 5000	Tidak Lengkap
1	<20	Regosol, litosol, organosol, renzina	Sangat Peka	>45 Sangat Curam	>5000	Tidak Ada

Sumber : Balai Pengolahan DAS Tondano, Lembaga Ekologi Unpad, Chow,1968, SK Mentan No.837/Kpts/Um/11/1980.

2.5. Analisis Spasial.

Setelah data spasial parameter penentu lahan kritis disusun dengan cara ataupun prosedur seperti telah dijelaskan dalam sub judul 2.4 diatas, data tersebut selanjutnya dianalisis untuk memperoleh informasi mengenai lahan kritis. Analisis spasial dilakukan dengan menumpangsusunkan (overlay) beberapa data spasial

(parameter penentu lahan kritis) untuk menghasilkan unit pemetaan baru yang akan digunakan sebagai unit analisis.

Pada setiap unit analisis tersebut dilakukan analisis terhadap data atributnya yang tak lain adalah data tabular, sehingga analisisnya disebut juga analisis tabular. Hasil analisis tabular selanjutnya dikaitkan dengan data spasialnya untuk menghasilkan data spasial lahan kritis. Untuk analisa spasial, sistem proyeksi dan koordinat yang digunakan adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM). Sistem koordinat dari UTM adalah meter sehingga memungkinkan analisa yang membutuhkan informasi dimensi-dimensi linier seperti jarak dan luas. Sistem proyeksi tersebut lazim digunakan dalam pemetaan topografi sehingga sesuai juga digunakan dalam pemetaan tematik seperti halnya pemetaan Lahan Kritis. Metode yang digunakan dalam analisis tabular adalah metode skoring. Setiap parameter penentu kekritisan lahan diberi skor tertentu seperti telah dijelaskan pada bagian sub judul 2.4 di atas. Pada unit analisis hasil tumpangsusun (overlay) data spasial, skor tersebut kemudian dijumlahkan. Hasil penjumlahan skor selanjutnya diklasifikasikan untuk menentukan tingkat kekritisan lahan. Klasifikasi tingkat kekritisan lahan berdasarkan jumlah skor parameter kekritisan lahan seperti ditunjukkan pada Tabel 2.13.

Tabel 2. 13. Klasifikasi Tingkat Kekritisan Lahan Berdasarkan Total Skor

Total Skor Pada :	
Kawasan Hutan	**Tingkat Kekritisan Lahan**
100 - 180	Sangat Kritis
181 - 260	Kritis
261 - 340	Agak Kritis
341 - 420	Potensial Kritis
421 - 500	Tidak Kritis

Sumber : Data Spasial Lahan Kritis Kabupaten Kepulauan Talaut, Balai Pengolahan DAS Tondano, 2005.

Secara teknis, proses analisis spasial untuk penentuan lahan kritis dengan bantuan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG) ArcGIS 9.2_1, dapat dilakukan dengan bantuan ekstensi Geoprocessing. Secara garis besar tahapan

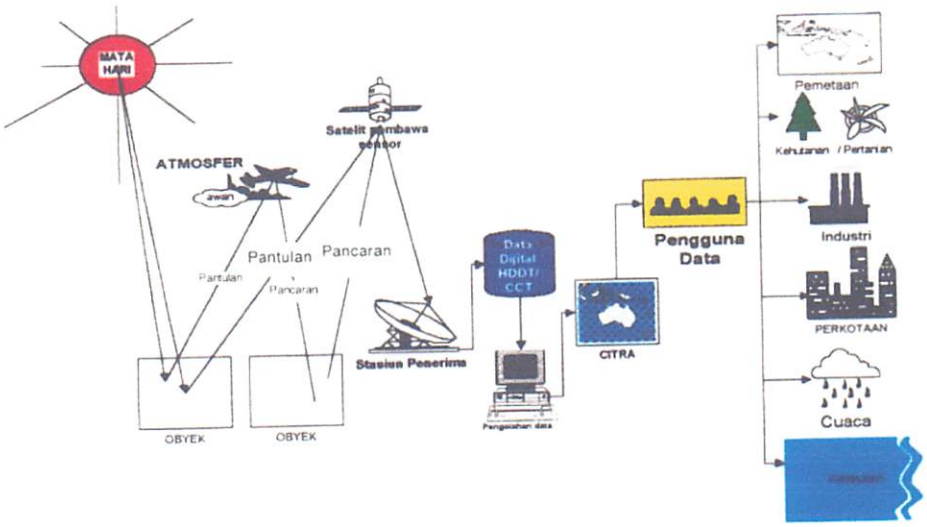
dalam analisis spasial untuk penyusunan data spasial lahan kritis terdiri dari 4 tahap yaitu :

- Tumpang-susun data spasial
- Editing data atribut
- Analisis tabular, dan
- Presentasi grafis (spasial) hasil analisis.

2.6. Penginderaan Jauh

2.6.1. Pengertian Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Menurut *Lillesan dan Kiefer (1993),* penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh tanpa menyentuh objek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Inderaja merupakan suatu ilmu dan teknologi (JARS, 1993). Sedang menurut *Sutanto (1987),* inderaja merupakan ilmu bila digunakan untuk lingkup studi inderaja sendiri dan merupakan suatu teknik bila digunakan sebagai penunjang untuk mempelajari bidang ilmu yang lain.



Gambar 2.1. Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunanya

2.6.2. Prinsip Dasar Penginderaan Jauh

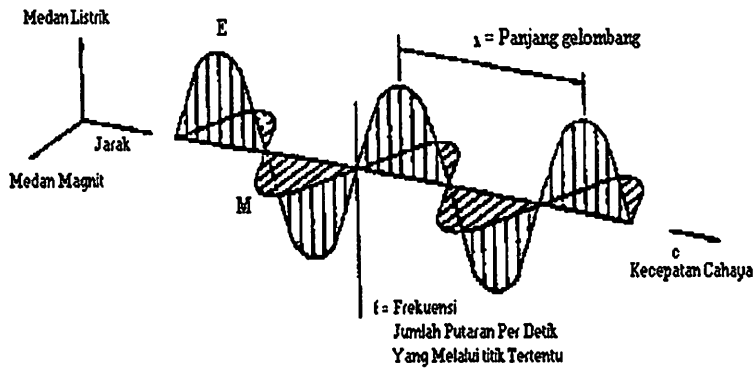
Pada dasarnya teknologi pemotretan udara dan penginderaan jauh adalah suatu teknologi yang merekam interaksi sinar/berkas cahaya yang berasal dari sinar matahari dan benda/objek di permukaan bumi. Pantulan sinar matahari dari benda/objek di permukaan bumi ditangkap oleh kamera/sensor, tiap benda/objek memberikan nilai pantul yang berbeda sesuai dengan sifatnya. Pada pemotretan udara rekaman dilakukan dengan media seluloid/film, sedangkan penginderaan jauh melalui media pita magnetik dalam bentuk sinyal-sinyal digital.

2.6.3. Komponen Utama Penginderaan Jauh

Menurut *Lillesand dan Kiefer (1993),* proses dan elemen yang terkait dalam sistem penginderaan jauh meliputi proses pengumpulan data dan proses analisis data. Sumber energi, perjalanan energi melalui atmosfer, interaksi antara energi dengan kenampakan muka bumi, sensor pada wahana pesawat terbang atau satelit dan proses pembentukan data merupakan bagian dari proses pengumpulan data. Sedangkan proses analisis data meliputi pengujian data dengan menggunakan alat interpretasi, menganalisa data digital, mengumpulkan data rujukan sebagai pembantu dalam penganalisaan dan memanfaatkannya untuk proses pengambilan keputusan.

2.6.4. Sumber Energi

Radiasi elektromagnetik merupakan suatu bentuk perjalanan energi dalam ruang hampa, yang menunjukkan sifat-sifat partikel dan gelombang. Sumber energi yang dipakai dalam sistem penginderaan jauh adalah matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik, didefenisikan sebagai gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet, bergerak tegak lurus dengan arah rambat gelombang (gambar 2.2). Bentuk gelombang ini dapat diamati apabila berinteraksi dengan suatu benda.



Gambar 2.2. Ilustrasi perjalanan gelombang *(Lillesand dan Kiefer, 1993)*

Dalam sistem penginderaan jauh, gelombang yang sering digunakan berada dalam beberapa spektrum elektromagnetik, yaitu spektrum tampak (0.4 - 0.7 μm), infra merah pantulan, infra merah termal, dan gelombang mikro (*Lillesand dan Kiefer, 1993*). Spektrum yang digunakan (tabel 2.14) merupakan spektrum elektromagnetik yang dapat melalui atmosfer dan mencapai permukaan bumi yang disebut jendela atmosfer *(Sutanto, 1990)*.

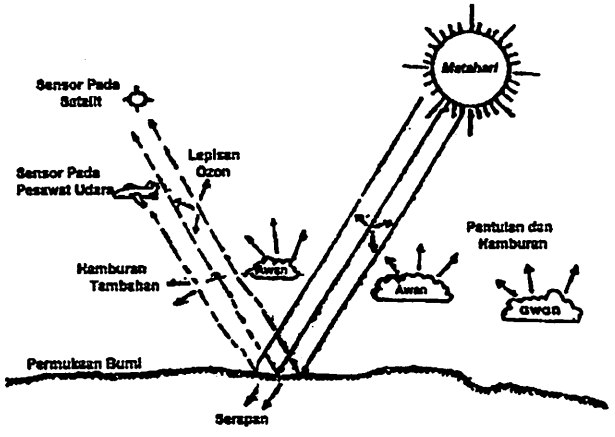
Suatu objek memantulkan cahaya matahari atau memancarkan energinya sendiri (*energi radiant*) sesuai dengan aktivitas atom dan molekul-molekulnya. *Energi radiant* yang dipancarkan oleh suatu benda megikuti kaidah-kaidah hukum Plank. Dengan demikian radiasi dari suatu benda dapat dijadikan ciri untuk identifikasi objek tersebut (JARS, 1993)

Tabel 2.14. Karakteristik pita spektral gelombang elektromagnetik ketika melewati atmosfir

Band	Panjang Gelombang	Keterangan
Sinar τ	0.03 nm	Radiasi dari matahari diserap seluruhnya oleh atamosfir bagian atas, jadi tidak dipakai untuk penginderaan jauh
Sinar X	0.03 - 3 nm	Diserap seluruhnya oleh atmosfir
Ultraviolet (UV)	3 nm - 0.4 μm	Panjang gelombang 0.3 μm diserap seluruhnya oleh ozon di atmosfir atas
UV Fotografi	0.3 - 0.4 μm	Dapat melalui atmosfir. Dapat dideteksi oleh film dan detektor, tetapi mengalami hamburan oleh atmosfir
Cahaya Tampak	0.4 - 0.7 μm	Dapat dideteksi film dan detektor. Termasuk puncak reflektansi bumi sekitar 0.5 μm
Infra Merah (IR)	0.7 - 300 μm	Interaksi dengan objek tergantung panjang gelombang. Jendela atmosfir dipisah oleh kanal penyerapan
IR Pantulan	0.7 - 3 μm	Ini adalah radiasi pantulan matahari primer dan tidak mengandung informasi mengenai suhu objek. Radiasi dari 0.7 - 0.9 μm dapat dideteksi dengan film dan disebut radiasi IR Fotografi
IR Thermal	3 - 5 μm 6 - 14 μm	Merupakan jendela atmosfir utama pada daerah termal. Citra dibuat dengan scanner optik mekanik, tidak dengan film
Gel Mikro	0.3 -300 cm	Dapat menembus awan dan kabut. Citra dapat dibuat dengan cara pasif maupun aktif
Radar	0.3 - 300 cm	Penginderaan jauh dalam bentuk aktif

2.6.5. Interaksi Energi dengan Atmosfer

Pengaruh total atmosfer berbeda-beda sesuai dengan perbedaan jarak yang dilalui, besarnya sinyal tenaga yang diindera, kondisi atmosfer, dan panjang gelombang yang digunakan *(Lillesand dan Kiefer, 1993).* Gambar 2.3 menunjukkan energi radiasi elektromagnetik (REM) yang dideteksi oleh sensor, sebelumnya harus melalui atmosfer sehingga akan mengalami interaksi dengan atmosfer.



Gambar 2.3. Interaksi REM dengan Partikel Atmosfer *(Sutanto, 1992)*

Interaksi atmosfer terutama disebabkan oleh adanya komponen gas dan partikel di atmosfer. Pengaruh yang paling mudah terlihat adalah pada panjang gelombang sinar tampak, yakni dapat berupa penghamburan (*scattering*) dan penyerapan (*absorption*). Selanjutnya *Lillesand dan Kiefer (1993)* menambahkan, proses penghamburan akan menyebabkan radiasi elektromagnetik kehilangan detail informasi, sedangkan proses penyerapan menyebabkan pengurangan energi pada selang panjang gelombang tertentu.

Daerah-daerah panjang gelombang yang memungkinkan energi elektromagnetik untuk melewati atmosfer dan mencapai bumi disebut jendela atmosfer. Uap air dan karbondioksida dapat menyerap sebagian dari gelombang infra merah. Energi dengan panjang gelombang yang lebih pendek dari 0.3 μm akan diserap oleh lapisan ozon. Tenaga elektromagnetik dalam jendela atmosfer tidak dapat mencapai permukaan bumi secara utuh, karena sebagian mengalami hambatan oleh atmosfer. *Sutanto (1990),* menyebutkan bahwa hambatan ini

disebabkan oleh debu, uap air, dan gas di atmosfer. Proses penghambatannya terjadi terutama dalam bentuk serapan (*absorpsi*), pantulan (*refleksi*), dan hamburan (*scattering*).

2.6.6. Interaksi Energi dengan Objek di Muka Bumi

Sebagian tenaga elektromagnetik yang mencapai permukaan bumi mengalami tiga bentuk interaksi dengan permukaan bumi, yaitu pantulan, serapan dan transmisi. Ketiga bentuk interaksi energi tersebut memiliki hubungan timbal balik dengan menerapkan hukum kekebalan energi *(Lillesand dan Kiefer, 1993),* sebagai berikut :

$$E1 = ER + EA + ET$$

Dimana : E1 = energi yang mengenai benda

ER = energi yang dipantulkan

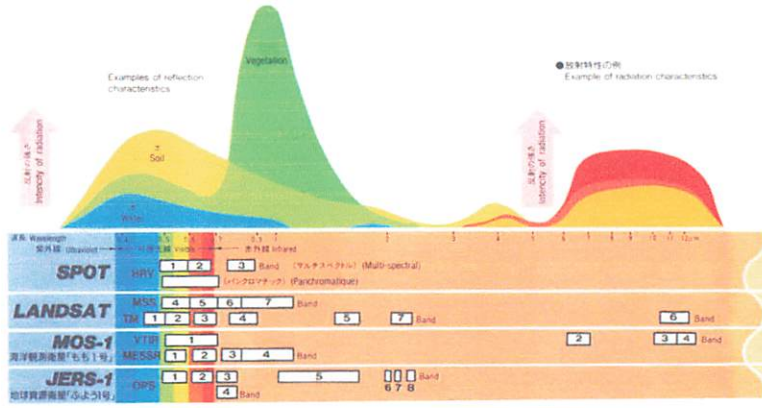
EA = energi yang diserap

ET = energi yang ditransmisikan seluruh komponen tersebut merupakan fungsi panjang gelombang.

Cahaya tampak (*visible*) hasil pancaran matahari yang sampai ke bumi mengandung semua warna dalam spektrum cahaya tampak. Setiap objek memantulkan panjang gelombang tertentu dan menyerap sisanya. Reflektansi spektral adalah fraksi dari energi sesaat yang dipantulkan. Reflektansi untuk setiap benda di bumi berbeda sesuai dengan sifat benda dan panjang gelombangnya. Bila suhu benda semakin tinggi, puncak pancarannya bergeser ke arah gelombang yang lebih pendek *(Lillesand dan Kiefer, 1993).*

Reflektansi tanah pada daerah gelombang cahaya tampak dipengaruhi oleh kelembaban, senyawa besi, materi organik, tekstur tanah dan kekasara permukaan. Reflektansi spektral vegetasi biasanya bervariasi, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 2.4. Klorofil memiliki serapan yang kuat pada panjang gelombang tertentu, sedang air menyerap energi pada panjang gelombang infra merah sehingga memperlihatkan warna hitam. Air dengan

kandungan muatan padatan tersuspensi (MPT) yang tinggi mempunyai tingkat pantulan yang lebih tinggi daripada air jernih.



Gambar 2.4. Reflektansi Spektral dari Tanah, Air, dan Vegetasi (Modifikasi JERS-1)

"Spectral response" air, seperti yang terjadi pada vegetasi dan tanah, berbeda-beda tergantung pada panjang gelombang elektromagnetik dan interaksi yang terjadi. Pada tubuh air, interaksi yang terjadi adalah hasil pantulan tubuh air dan juga dipengaruhi oleh kondisi tubuh air lainnya. Sebagai contoh, pembatasan antara tubuh air dengan daratan dapat dilakukan dengan mudah pada citra saluran inframerah dekat sedangkan beberapa aspek atau kondisi air dapat diketahui dari citra gelombang tampak. Pada saluran inframerah dekat dan tengah, tubuh air akan menyerap semua tenaga (*incident energy*), sekalipun pada air dangkal, dan hanya memantulkan sedikit energi.

2.6.7. Sensor

Menurut *Butler et al (1988),* sensor adalah alat yang dapat mendeteksi emisi atau pantulan radiasi elektromagnetik dan mengubah kedalam nilai fisika yang dapat disimpan dan diproses. Sedang *Sutanto (1990),* menyatakan bahwa dalam mendeteksi objek di muka bumi, sensor mempunyai kepekaan diri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Selain itu kemampuan merekam objek terkecil yang masih dapat dikenali dan dibedakan dengan objek lain atau disebut resolusi spasial menunjukkan kualitas suatu sensor. Semakin kecil objek yang dapat direkam oleh sensor semakin baik kualitas sensor tersebut.

2.6.8. Sistem Pengolahan Data

Pengolahan data dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu :

1. Cara Manual, memperoleh data dengan interpretasi secara visual.
2. Cara Digital, memperoleh data dengan interpretasi secara digital.

2.6.9. Pengguna Data

Keberhasilan aplikasi penginderaan jauh adalah diterima atau tidaknya hasil penginderaan jauh oleh para pengguna data (orang, badan, dan pemerintah).

2.6.10. Satelit Penginderaan Jauh

Khayalan akan adanya bentuk satelit oleh *Jules Verne* pada tahun 1865, *Arthur Clark* tahun 1951 diwujudkan oleh satelit Sputnik yang diorbitkan Rusia pada tahun 1957. Amerika Serikat tidak mau kalah dengan meluncurkan satelit cuaca TIROS-1 pada tahun 1960. Sejak itu kedua negara adidaya saling berlomba dalam ruang angkasa dengan berbagai jenis satelitnya. Dari gambar-gambar yang diperoleh satelit Apollo, Gemini di sekitar 1970-an, Amerika membuat kejutan dengan meluncurkan satelit pemetaan sumberdaya alam ERTS-1 (sekarang dikenal dengan LANDSAT). Sukses yang peroleh Amerika dengan Landsatnya membuat negara-negara maju seperti Perancis, Kanada, Jepang, India, Masyarakat Ekonomi Eropa (MEE) menyusul ikut meluncurkan satelit sumberdaya alam sejenis. Sampai saat ini, akan ada 25 satelit komersial mengorbit di ruang angkasa yang datanya dapat diakses di seluruh dunia. Kita lacak salah satu satelit yang paling lama umurnya, Landsat yang sampai sekarang berkembang pada generasi ke 7. Satelit penginderaan jauh pada umumnya mempunyai berbagai keunggulan, yaitu :

(1). Cakupannya sangat luas memberikan gambaran sinoptik yang baik.

(2). Memberikan liputan ulang pendek (*repetitive coverage*).

(3). Memeberikan sensitifitas spektral yang besar dibanding potret udara.

(4). Format digital.

(5). Kompatibel dengan GIS.

(6). Data berbentuk elektronik yang mudah disebar luaskan.

2.6.11. Citra Satelit Terra-Aster

Hingga saat ini dikenal beberapa jenis citra satelit sumberdaya alam yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi, memonitoring sumberdaya alam, diantaranya adalah satelit Landsat (dengan sensor TM dan ETM+), SPOT, IKONOS, NOAA (dengan sensor AVHRR), JERS, RADARSAT dan lain-lain. Data ASTER merupakan data satelit sumberdaya yang memiliki resolusi spasial yang tinggi yaitu 15X15 meter pada kanal visual.

ASTER (*Advanced Space borne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) merupakan salah satu instrumen observasi yang ada pada satelit Terra. Satelit Terra-Aster yang telah diluncurkan pada tahun 1999 memiliki orbit sinkron dengan matahari (*sunsynchronous*) dengan waktu orbit 30 menit di belakang satelit Landsat. Satelit Terra-Aster merupakan program kerjasama internasional antara NASA, Kanada dan Jepang. Pada satelit ini, NASA menempatkan instrumen CERES (*Clouds and the Earth's Radiant Energi Sistem*), MODIS (*MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer*) dan MISR (*Multi-angle Imaging Spectro Radiometer*). Kanada menempatkan instrument MOPPIT (*Measurements Of Pollution In The Troposphere)* dan Jepang menempatkan ASTER.

ASTER memiliki daerah spektral yang cukup lebar yakni 14 spektral band, mulai dari daerah tampak sampai daerah infra merah thermal dan resolusi spasial serta radiometrik cukup tinggi.Selain itu terdapat tambahan teleskop yang diarahkan ke belakang untuk mendapatkan hasil stereo. Instrumen ASTER terdiri dari tiga subsistem yang berbeda yaitu VNIR (*Visible and Nearinfrared*), SWIR (*Shortwave Infrared*) dan TIR (*Thermal Infrared*). Karakteristik untuk masing-masing instrumen dapat dilihat pada tabel 2.14. berikut;

Tabel 2.15. Karakteristik Tiga Sistem Sensor Citra Satelit Terra-Aster

Subsistem	Jumlah Kanal	Kisaran Spektral (μm)	Resolusi Spasial (m)	Aplikasi
Cahaya tampak dan Inframerah dekat/reflektif (VNIR)	4	0.52-0.86	15	Diskripsi sumber daya air Diskripsi tipe tanah Kerapatan tanaman,dll.
Gelombang Inframerah Pendek (SWIR)	5	1.60-2.365	30	Deliniasi garis pantai Diskripsi jenis-jenis batuan, mineral (geologi,pertambangan)
Gelombang Inframerah Termal (TIR)	5	8.125-11.65	90	Semua aplikasi yang berbasis suhu permukaan

VNIR (*Visible and Near-Infrared Radiometer*) memiliki tiga band dengan resolusi spasial 15 meter. Sub sistem ini terdiri dari dua teleskop, satu mengarah ke titik nadir dan satu lagi ke belakang. Hal ini memungkinkan untuk menghasilkan citra stereo dari data yang hamper bersamaan.

Subsistem SWIR (*Short Wave Infrared Radiometer*) memiliki resolusi spasial 30 meter dan bekerja pada 6 band gelombang pendek infra merah. Kemampuan SWIR diharapkan dapat memberikan data obeservasi yang lebih baik untuk batu, mineral dan tumbuhan yang cukup bermanfaat untuk bidang geologi dan pertambangan.

Sedangkan subsistem TIR (*Thermal Infrared Radiometer*) memiliki resolusi spasial 90 m dan 5 band pada spektrum inframerah thermal. TIR diharapkan dapat menghasilkan data temperature dan emisi permukaan dengan presisi untuk keperluan di bidang thermal dan ekologi. Jika dibandingkan dengan sensor ETM satelit Landsat, untuk daerah gelombang inframerah pendek dan infra merah thermal, ASTER memiliki jumlah band lebih banyak dengan kisaran spektral yang lebih sempit untuk setiap bandnya. Kombinasi band infra merah dapat membedakan objek air dan bukan air secara kontras, kombinasi band cahaya tampak dapat menunjukkan perbedaan kualitas air secara kuantitatif, sedangkan band termal kurang dapat membedakan objek-objek

secara kontras sehingga untuk aplikasinya diperlukan persamaan matematis untuk mengkontraskannya. Citra ASTER dapat menggantikan citra satelit Landsat yang mengalami kerusakan pada sensornya dan dapat memberikan manfaat yang lebih untuk membantu dalam kegiatan inventarisasi potensi sumberdaya alam.

Data ASTER L1A merupakan data yang belum direkonstruksi dan belum diproses, terdiri dari image data, koefisien radiometrik, koefisien geometrik dan data tambahan yang lain yang belum diaplikasikan pada image data. Data Level 1B dihasilkan dengan menerapkan data-data koefisien untuk kalibrasi radiometrik dan resampling geometrik. Selain itu juga disediakan data dengan level yang lebih tinggi yaitu data ASTER L2, merupakan data yang sudah diolah dengan parameter-parameter seperti : dekorelasi VNIR, TIR, radiansi permukaan (*surface radiance*), emisivitas permukaan (*surface emisivity*), temperatur, permukaan kutub (*polar surface*) dan klasifikasi awan. Data ASTER L3 adalah data ASTER *Digital Elevation Model* (DEM). Data ASTER dapat mensubstitusi data Landsat 7. Selain itu data ASTER juga memiliki bidang aplikasiyanglebihluas.

Salah satu kelebihan dari citra Terra-Aster adalah resolusi yang lebih tinggi dibandingkan dengan citra satelit pendahulu dan sekelasnya (mis. JERS-1 dan Landsat). Sebagai contoh perbandingan tsb, silakan lihat Gambar 2.5. di bawah ini :

TERRA/ASTER JERS-1 OPS Landsat TM

Gambar 2.5. Perbandingan resolusi citra Terra-Aster dengan satelit pendahulunya

Kelebihan ini dapat meningkatkan keakurasian hasil analisa dengan menggunakan citra ini.

2.7. Pengolahan Citra Digital

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

2.7.1. Pemulihan Citra

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

1. Koreksi Radiometrik Citra

   Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari.

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

2. Koreksi Geometri Citra

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

Kesalahan internal yang disebabkan oleh konfigurasi sensornya, yaitu :

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

Kesalahan geometrik oleh kesalahan external dikarenakan oleh :

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

Koreksi geometrik memiliki tiga tujuan, yaitu :

1. Melakukan rektifikasi (penyeragaman) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
2. Registrasi (pencocokan) posisi citra dengan citra lain atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral atau citra multi temporal.
3. Registrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke peta, yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Prosedur yang diterapkan pada koreksi geometri biasanya memperlakukan distorsi ke dalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang sistematik atau dapat diperkirakan sebelumnya, dan distorsi

yang dipandang acak, atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya. *(Lillesand and Kiefer, 1979).*

Distorsi acak dikoreksi dengan menggunakan analisis titik ikat medan *(Ground Control Point/GCP).* Metode ini memerlukan ketersediaan peta teliti yang sesuai dengan daerah liputan citra dan titk-titik ikat medan yang dapat dikenali pada citra. Titik ikat medan merupakan kenampakan yang lokasinya diketahui dan secara tepat dapat diketahui posisinya pada citra satelit. Kenampakan yang baik sebagai titik ikat antara lain perpotongan jalan raya, tubuh air kecil, dan sebagainya. Pada proses koreksi diletakan sejumlah besar titik ikat medan ditempatkan sesuai dengan koordinat citra (lajur baris) dan koordinat peta (koordinat UTM atau garis lintang dan bujur, sebagaimana terukur pada peta).

2.7.2. Citra Komposit

Dalam penginderaan jauh dikenal istilah citra komposit, yang merupakan paduan dari beberapa saluran. Penyusunan citra komposit dimaksudkan untuk memperoleh gambar visual yang lebih baik, seperti halnya melihat foto udara, inframerah berwarna, sehingga pengamatan objek, pemilihan sample dan aspek estetika citra dapat diperbaiki. Dalam teori dikenal tiga warna dasar, yaitu biru, hijau, dan merah.

2.7.3. Penajaman Citra *(Image Enhancment)*

Penajaman citra meliputi semua operasi yang menghasilkan citra "baru" dengan kemampuan visual dan karakteristik spectral yang berbeda.

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

Secara visual, hasil ini berupa citra baru yang variasi hitam putihnya lebih menonjol, sehingga tampak lebih tajam dan memudahkan proses interpretasi.

2.7.4. Interpretasi Citra

Estes dan Simonett (1975) dalam *Sutanto (1992)* mengatakan bahwa interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Pengalaman sangat menentukkan hasil interpretasi, karena persepsi pengenalan objek bagi orang-orang yang berpengalaman biasanya lebih konstan atau dengan kata lain pengenalan objek yang sama pada berbagai bentuk citra akan selalu sama. Misalkan pada citra A dianggap sebuah pemukiman, maka pada citra B atau C pun tetap bisa dikenal sebagai pemukiman walaupun agak sedikit berbeda dalam penampakannya.

Ada tiga hal penting yang perlu dilakukan dalam proses interpretasi, yaitu deteksi, identifikasi dan analisis. Deteksi citra merupakan pengamatan tentang adanya suatu objek, misalkan pendeteksian objek disebuah daerah dekat perairan. Identifikasi atau pengenalan merupakan upaya mencirikan objek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup, misalnya mengidentifikasikan suatu objek berkotak-kotak sebagai tambak di sekitar perairan karena objek tersebut dekat dengan laut. Sedangkan analisis merupakan pengklasifikasian berdasarkan proses induksi dan deduksi, seperti penambahan informasi bahwa tambak tersebut adalah tambak udang dan diklasifikasikan sebagai daerah pernambakan udang.

Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara manual dan interpretasi secara digital *(Purwadhi, 2001).* Interpretasi secara manual adalah interpretasi data penginderaan jauh yang mendasarkan pada pengenalan ciri/karakteristik objek secara keruangan. Karakteristik objek dapat dikenali berdasarkan 9 unsur interpretasi yaitu bentuk, ukuran, pola, bayangan, rona/warna, tekstur, situs, asosiasi dan konvergensi bukti. Interpretasi secara digital adalah evaluasi kuantitatif tentang informasi spektral yang disajikan pada citra. Dasar interpretasi citra digital berupa klasifikasi citra pixel berdasarkan nilai spektralnya dan dapat dilakukan dengan cara statistik.

Dalam pengklasifikasian citra secara digital, mempunyai tujuan khusus untuk mengkategorikan secara otomatis setiap pixel yang mempunyai informasi spektral yang sama dengan mengikutkan pengenalan pola spektral, pengenalan pola spasial dan pengenalan pola temporal yang akhirnya membentuk kelas atau tema keruangan (spasial) tertentu.

1. Interpretasi Visual

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

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

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

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

1) Secara langsung, yaitu objek dapat dikenali langsung dari kenampakan citra, seperti jalan, pohon, rumah atau gedung dan hutan.
2) Secara tidak langsung, yaitu objek dikenali melalui analisis sesuai dengan topik interpretasi, baru kemudian dapat ditentukan jenis

objeknya, seperti penggunaan lahan, bentuk lahan, jenis vegetasi dan batas jenis tanah.

2. Interpretasi Digital

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

a. Klasifikasi Terbimbing *(Supervised Classification)*

Yaitu merupakan sekumpulan algoritma yang didasari pemasukan contoh atau sampel objek (berupa nilai spectral) oleh operator. Lokasi geografis kelompok pixel sampel ini disebut sebagai daerah contoh *(training area)*. Sebelum sampel diambil, operator harus mempersiapkan sistem klasifikasi yang akan diterapkan, seperti halnya klasifikasi manual. Dua hal yang harus dipertimbangkan dalam klasifikasi, ialah sistem klasifikasi dan criteria sampel. Pengambilan sampel secara digital oleh operator, pada dasarnya merupakan cara 'melatih' komputer untuk mengenali objek berdasarkan kecenderungan spektralnya. Perlu diperhatikan klasifikasi multispectral secara langsung hanya dapat diterapkan untuk pemetaan penutupan lahan. Oleh karena itu sisyem klasifikasi yang harus disiapkan, harus berisi kelas-kelas penutup lahan (misalnya perkebunan, pemukiman, lahan terbuka, sawah, vegatasi, air dan lain-lain), dan untuk penggunaan lahannya dapat diturunkan dari informasi penutup lahan atau dengan cara melalui pemasukan informasi temporal (rotasi tanaman, citra multitemporal, faktor bentuk lahan dan sebagainya). Bila kerangka klasifikasi yang tersedia ternyata hanya sistem klasifikasi untuk penggunaan lahan. Untuk konversi semacam ini, pengetahuan pengguna atau operator mengenai karakteristik penggunaan lahan dalam kaitannya dengan penutupan lahan sangatlah penting. Disamping itu, pengetahuan mengenai kondisi daerah yang diamati *(local knowledge)* juga sangat menunjang. Sistem klasifikasi yang secara langsung mengacu pada kategori-kategori penggunaan lahan atau yang mencampur-adukan aspek penutup lahan dengan penggunaan lahan, sebaiknya digunakan

pada klasifikasi awal, mengingat bahwa fungsi penggunaan lahan tidak dipresentasikan oleh pixel. Kriteria sampel sama dengan metode penelitian ataupun survey yang lain, sampel homogeny. Homogenitas sampel dalam klasifikasi digital ditunjukan oleh homogenitas nilai pixel pada tiap sampel. Cara termudah untuk mengambil sampel yang memenuhi criteria ini adalah dengan mengambil pixel-pixel murni *(pure pixel).* Pada luasan yang homogen, pengambilan pixel murni dapat secara mudah dilakukan dengan memilih pixel di bagian tengah kenampakan objek. Melalui penampilan warna komposir citra yang baik, homogenitas objek dicerminkan oleh warna yang seragam. Disamping itu, criteria statistic-pun diperlukan untuk menilai sampel. Sampel yang baik tentunya mempunyai homogenitas nilai pixel yang tinggi. Di bawah ini dijelaskan metode-metode klasifikasi terbimbing yang digunakan dalam identifikasi data citra pada penginderaan jauh :

1) Klasifikasi *minimum distance*

Metode ini dilakukan dengan menentukan nilai spectral rata-rata tiap kelas. Pixel akan memiliki koordinat posisional, karena pada dua saluran. Untuk memasukan suatu pixel ke dalam suatu kelas yang disebabkan pixel itu tidak dikenal, maka dilakukan dengan cara menghitung jarak pixel yang tidak dikenal terhadap nilai pixel rata-rata pada tiap kelas. Setelah dihitung, maka pixel yang tidal dikelan tersebut akan dimasukan ke dalam suatu kategori (misalkan jagung). Apabila suatu pixel letaknya sangat jauh dari kelas rata-rata yang telah ditetapkan oleh analisis, maka analisis akan mengklasifikasikan sebagai kelas tidak dikenal.

2) Klasifikasi *parallelpiped*

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

3) Klasifikasi *Maximum Likehood*

Pengklasifikasian maximum likehood (maximum-maximum) adalah merupakan pengklasifikasian terbimbing secara parametik yang paling popular dilakukan pada saat sekarang, untuk klasifikasi penutup/penggunaan lahan dari data penginderaan jauh.

b. Klasifikasi Tak Terbimbing *(Unsupervised Classification)*

Berbeda dengan klasifikasi terbimbing, klasifikasi tak terbimbing secara otomatis diputuskan oleh komputer, tanpa campur tangan operator, kalaupun ada proses interaksi ini sangat terbatas. Proses ini sendiri adalah suatu proses iterasi, sampai menghasilkan pengelompokan akhir gugus-gugus spectral. Campur tangan operator terutama setelah gugus-gugus spektral terbentuk, yaitu dengan menandai tiap gugus sebagai objek tertentu. Oleh karena itu, teknik klasifikasi semacam ini disebut klasifikasi *a-posteriori* (setelah fakta), sebagai lawan *a-priori* (mendahului fakta).

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

2.7.5. Unsur-unsur Interpretasi

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

1. Rona/warna

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

Cara mengukur rona ;

1). Dengan cara relative mengunakan mata biasa

Menggunakan mata biasa, pada umumnya rona dibedakan atas lima tingkat yaitu putih, kelabu-putih, kelabu, kelabu-hitam, dan hitam.

2). Dengan cara kuantitatif menggunakan alat

Dengan menggunakan alat maka rona dapat dibedakan dengan lebih pasti dan dengan tingkat perbedaan yang lebih banyak. Rona pada citra dipengaruhi oleh lima faktor :

1). Karakteristik objeknya sendiri

2). Bahan yang digunakan

3). Pemrosesan emulsi

4). Cuaca

5). Letak objek.

Cara pengukuran warna;

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

Faktor yang mempengaruhi warna;

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

1). Panjang gelombang sinar yang membentuk warna itu

2). Kejenuhan

Mencirikan julat (range) panjang gelombang yang membentuk warna

3). Intensitas

Intensitas ditentukan oleh jumlah total sinar yang dipantulkan, terlepas dari panjang gelombangnya.

2. Bentuk, yaitu konfigurasi umum suatu objek.

Variasinya dapat berupa segitiga, segiempat, bulat dan tidak beraturan. Bentang buatan biasanya lebih teratur daripada bentang alamiah.

3. Ukuran, dapat berupa ukuran luas, panjang, tinggi, kemiringan dan volume.

4. Bayangan, dapat mencerminkan bentuk objek.
   Bayangan juga kadang dapat membantu dalam analisis geomorfologi untuk memperjelas kenampakan bentuk lahan.
5. Tekstur, merupakan frekuensi perubahan rona/warna pada citra.
   Tekstur dibedakan menjadi kasar, agak halus, seragam, tidak seragam, tidak teratur.
6. Pola, merupakan susunan keruangan suatu objek, misalnya pola linier disepanjang jalan, sungai atau gugus pantai. Variasinya dapat berupa pola blok, parallel, linier strip, dot, mosaic, kontur dan sebagainya.
7. Lokasi, yaitu letak suatu objek dan hubungannya dengan sekitarnya. Banyak objek yang mempunyai karakteristik terkait pada lokasinya seperti tanggul sungai di dekat sungai.
8. Asosiasi pengenalan objek, dapat dilakukan karena adanya objek lain
9. Resolusi, digunakan sebagai ukuran bagi kualitas citra dalam mengenali objek.

2.8. Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.8.1. Pengertian Dasar SIG

Secara harafiah, SIG dapat diartikan sebagai suatu komponen yang terdiri dari perangkat keras, perangkat lunak, data geografis dan sumberdaya manusia yang bekerja bersama secara efektif untuk menangkap, menyimpan, memperbaiki, memperbaharui, mengelola, memanipulasi, mengintegrasikan, menganalisa, dan menampilkan data dalam suatu informasi berbasis geografis.

Sistem informasi Geografis merupakan suatu sistem yang berdasarkan komputer untuk mendapatkan, mengatur, mengedit, mengolah dan menyajikan informasi berdasarkan georeferensi dan selanjutnya sebagai bahan acuan dalam mengambil keputusan (*Mastra, 1993).*

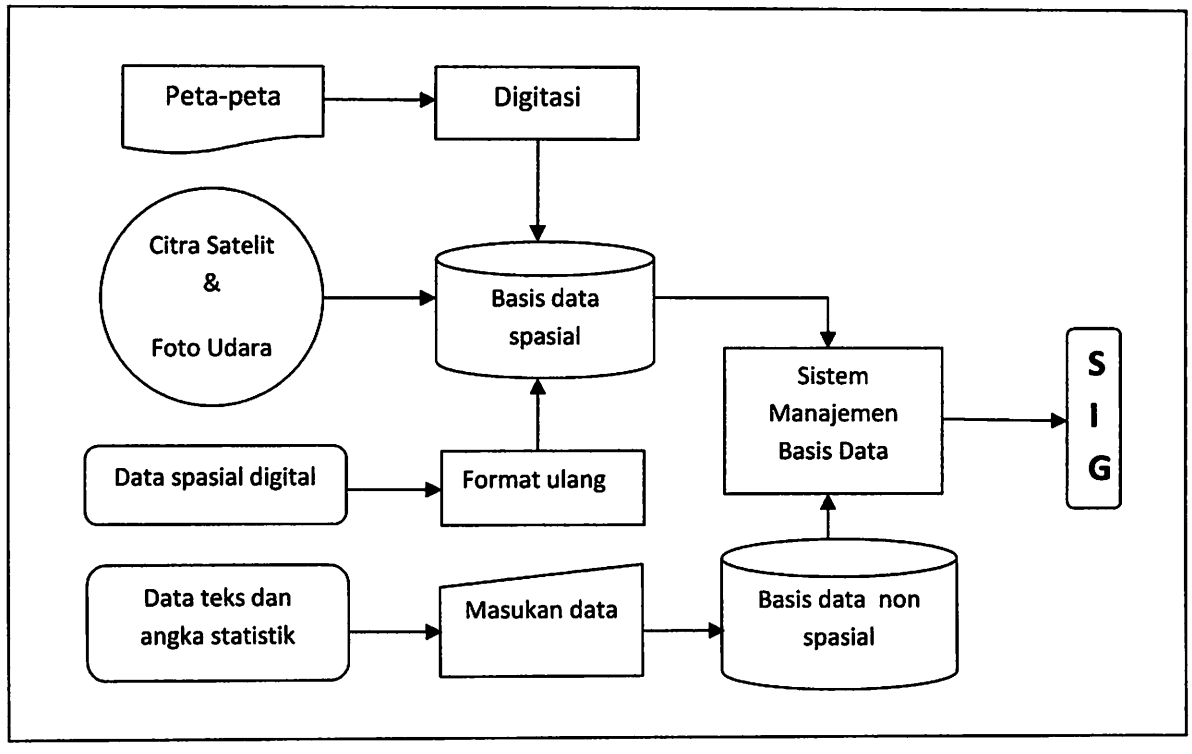
Pengertian informasi Geografis adalah informasi mengenai tempat-tempat yang terletak di permukaan bumi, pengetahuan mengenai posisi dimana suatu objek terletak di permukaan bumi, dan informasi mengenai keterangan-keterangan (*attribut*) yang terdapat di permukaan bumi yang posisinya diketahui. Objek-objek dan fenomena dimana lokasi geografis penting itu berada dianalisis demi pengambilan keputusan-keputusan atau demi kepentingan-kepentingan tertentu.

Dalam SIG, data grafis dan data teks (*attribut*) dihubungkan secara geografis sehingga ber-*georefrensi (Paryono, 1994).*

Aronoff (1989) secara lebih spesifik mendefinisikan SIG sebagai suatu sistem berdasarkan komputer yang mempunyai kemampuan untuk menangani data yang bereferensi Geografis yang mencakup pemasukan; manajemen data (penyimpanan data dan pemanggilan kembali); manipulasi dan analisa serta pengembangan produk dan pencetakan. Untuk melengkapi pengertian SIG, perlu ditambahkan pernyataan *Durana (1996)* bahwa dalam pengertian yang lebih luas lagi harus dimasukkan dalam definisi GIS selain perangkat keras dan perangkat lunak, juga pemakai dan organisasinya serta data yang dipakai, sebab tanpa mereka GIS tidak akan dioperasikan.

SIG mempunyai kemampuan untuk menghubungkan berbagai data pada suatu titik tertentu di bumi, menggabungkannya, menganalisa dan akhirnya memetakan hasilnya. Aplikasi SIG menjawab beberapa pertanyaan seperti: lokasi kondisi, trend, pola, dan pemodelan. Kemampuan inilah yang membedakan SIG dari sistem informasi lainnya. Dilihat dari definisinya, SIG adalah suatu sistem yang terdiri dari berbagai komponen yang tidak dapat berdiri sendiri-sendiri.

SIG mempunyai karakteristik sebagai perangkat pengelolaan basis data *(Data Base Management Sistem = DBMS)* sebagai perangkat analisis keruangan (spasial analisis) sekaligus merupakan proses komunikasi dalam pengambilan keputusan. Keunikan SIG dibandingkan dengan sistem pengelolaan basis data lainnya adalah kemampuan untuk menyajikan informasi spasial dan non spasial secara bersama-sama. Secara garis besar data dalam SIG dapat digambarkan seperti gambar 2.



Gambar 2.3. Sistem Manajemen Basis Data SIG

2.8.2. Struktur Komponen SIG

SIG merupakan sistem yang kompleks dan terintegrasi dengan lingkungan sistem-sistem yang lain, baik ditingkat fungsional maupun jaringan *(Paryono, 1994)*, komponen–komponen utama dari sistem Geografis yang harus diperhatikan yaitu :

- Data
- Perangkat Keras
- Perangkat Lunak,dan
- Sumber Daya Manusia (SDM)

2.8.3. Data SIG

Merupakan bagian terpenting dari Sistem Informasi Geografis, yang terdiri dari :

➢ **Data Spasial**

Merupakan data mengenai objek-objek atau unsur Geografis yang dapat diidentifikasi dan mempunyai acuan lokasi berdasarkan sistem koordinat tertentu atau ber*georefrensi* yang disimpan dalam koordinat dan topologi, data spasial terdiri dari data grafis, yaitu elemen gambar dalam komputer yang bisa berupa titik

(*node*), garis (*arc*)dan luasan (*poligon*) dalam bentuk data *vektor* ataupun data *raster*.

Dalam SIG, data spasial dapat direpresentasikan dalam dua format, yaitu:

1. Vektor

   Dalam data format vektor, bumi kita direpresentasikan sebagai suatu mosaik dari garis (*arc/line*), polygon (daerah yang dibatasi oleh garis yang berawal dan berakhir pada titik yang sama), titik/point (*node* yang mempunyai label), dan *nodes* (merupakan titik perpotongan antara dua buah garis). Keuntungan utama dari format data vektor adalah ketepatan dalam merepresentasikan fitur titik, batasan dan garis lurus. Hal ini sangat berguna untuk analisa yang membutuhkan ketepatan posisi, misalnya pada basisdata batas-batas kadaster. Contoh penggunaan lainnya adalah untuk mendefinisikan hubungan spasial dari beberapa fitur. Kelemahan data vektor yang utama adalah ketidakmampuannya dalam mengakomodasi perubahan gradual.

2. Raster

   Data raster (atau disebut juga dengan sel grid) adalah data yang dihasilkan dari sistem Penginderaan Jauh. Pada data raster, objek geografis direpresentasikan sebagai struktur sel grid yang disebut dengan pixel (*picture element*). Pada data raster, resolusi (definisi visual) tergantung pada ukuran pixel-nya. Dengan kata lain, resolusi pixel menggambarkan ukuran sebenarnya di permukaan bumi yang diwakili oleh setiap pixel pada citra. Semakin kecil ukuran permukaan bumi yang direpresentasikan oleh satu sel, semakin tinggi resolusinya. Data raster sangat baik untuk merepresentasikan batas-batas yang berubah secara gradual, seperti jenis tanah, kelembaban tanah, vegetasi, suhu tanah, dsb. Keterbatasan utama dari data raster adalah besarnya ukuran file; semakin tinggi resolusi grid-nya semakin besar pula ukuran filenya.

   Masing-masing format data mempunyai kelebihan dan kekurangan. Pemilihan format data yang digunakan sangat tergantung pada tujuan penggunaan, data yang tersedia, volume data yang dihasilkan, ketelitian yang diinginkan, serta kemudahan dalam analisa. Data vektor relatif lebih ekonomis dalam hal ukuran file dan presisi dalam lokasi, tetapi sangat sulit untuk digunakan dalam komputasi matematik. Sebaliknya, data raster biasanya

membutuhkan ruang penyimpanan file yang lebih besar dan presisi lokasinya lebih rendah, tetapi lebih mudah digunakan secara matematis.

Sebagaimana telah kita ketahui, SIG membutuhkan masukan data yang bersifat spasial maupun deskriptif. Beberapa sumber data tersebut antara lain adalah:

1. Peta analog (antara lain peta topografi, peta tanah, dsb.)

   Peta analog adalah peta dalam bentuk cetakan. Pada umumnya peta analog dibuat dengan teknik kartografi, sehingga sudah mempunyai referensi spasial seperti koordinat, skala, arah mata angin dsb. Peta analog dikonversi menjadi peta digital dengan berbagai cara. Referensi spasial dari peta analog memberikan koordinat sebenarnya di permukaan bumi pada peta digital yang dihasilkan. Biasanya peta analog direpresentasikan dalam format vektor.

2. Data dari sistem Penginderaan Jauh (antara lain citra satelit, foto-udara, dsb.)

   Data Pengindraan Jauh dapat dikatakan sebagai sumber data yang terpenting bagi SIG karena ketersediaanya secara berkala. Dengan adanya bermacam-macam satelit di ruang angkasa dengan spesifikasinya masing-masing, kita bisa menerima berbagai jenis citra satelit untuk beragam tujuan pemakaian. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format raster.

3. Data hasil pengukuran lapangan.

   Contoh data hasil pengukuran lapang adalah data batas administrasi, batas kepemilikan lahan, batas persil, batas hak pengusahaan hutan, dsb., yang dihasilkan berdasarkan teknik perhitungan tersendiri. Pada umumnya data ini merupakan sumber data atribut.

4. Data GPS.

   Teknologi GPS memberikan terobosan penting dalam menyediakan data bagi SIG. Keakuratan pengukuran GPS semakin tinggi dengan berkembangnya teknologi. Data ini biasanya direpresentasikan dalam format vektor.

   Teknik memasukkan data spasial dari sumber-sumber di atas ke dalam SIG, antara lain:

   1. Digitasi

2. Penggunaan GPS
3. Konversi dari sistem lain

- **Data Non Spasial atau *Attribut.***

Berisi informasi deskriptif (atribut) atau informasi non spasial. Suatu lokalitas bisa mempunyai beberapa atribut atau properti yang berkaitan dengannya; contohnya jenis vegetasi, populasi, pendapatan per tahun, dsb.

2.8.4. Perangkat Keras (*Hardware)*

Perangkat keras merupakan komponen fisik dari suatu sistem komputer. Untuk dapat dimanfaatkan dalam pengoperasian SIG digunakan beberapa peralatan atau perangkat terpisah yang membentuk suatu jaringan sistem. Setiap komponen memiliki peranan penting dalam pengoperasian keseluruhan sistem tersebut. Pada dasarnya perangkat keras untuk SIG terdiri dari empat fungsi yaitu peralatan kontrol (*control devices*), peralatan masukan (*input devices*), peralatan keluaran (*output devices*) dan peralatan penyimpanan (*storage devices*). Adapun perangkat keras yang sering digunakan untuk SIG adalah seperangkat komputer *(PC), mouse, digitizer, printer, plotter dan scanner.*

2.8.5. Perangkat Lunak (*Software*)

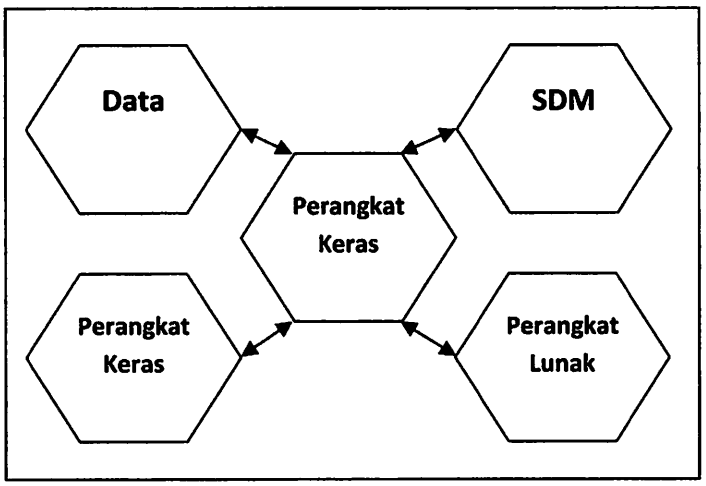
Mempunyai kemampuan utama, sebagai berikut :

1. Kemampuan memasukan data
2. Kemampuan memanipulasi data
3. Kemampuan menyimpan data
4. Kemampuan menganalisa data
5. Kemampuan mengolah data
6. Kemampuan menyajikan serta menampilkan data atau Informasi

2.8.6. Sumber Daya Manusia (*SDM*)

Merupakan person yang dapat menjalankan Sistem Informasi Geografis secara maksimal, dengan mengembangkan aplikasi sesuai pada bidang kerja masing-masing.

Secara global kelima komponen tersebut dapat dipadatkan menjadi tiga komponen, yaitu: Data, Sistem (perangkat lunak dan perangkat keras serta prosedur), dan manusia (pelaksana).



Gambar 2.4. Komponen Sistem Informasi Geografis (SIG)

2.8.7. Analisis Spasial SIG

Kekuatan SIG sebenarnya terletak pada kemampuannya untuk menganalisis dan mengolah data dengan volume yang besar. Pengetahuan mengenai bagaimana cara mengekstrak data dan bagaimana menggunakannya merupakan kunci analisis didalam SIG. Kemampuan analisis berdasarkan aspek spasial yang dapat dilakukan oleh SIG (Prahasta, 2003), antara lain:

1. *Klasifikasi*, yaitu mengelompokkan data spasial menjadi data spasial yang baru, contohnya adalah mengklasifikasi tata guna lahan untuk pemukiman, pertanian, perkebunan, ataupun hutan berdasarkan analisis data kemiringan atau data ketinggian.
2. *Overlay*, yaitu menganalisis dan mengintegrasi dua atau lebih data spasial yang berbeda, misalnya menganalisis daerah rawan erosi dengan meng-overlay-kan data ketinggian, jenis tanah, dan kadar air.
3. *Networking*, yaitu analisis yang bertitik tolak pada jaringan yang terdiri dari garis-garis dan titik-titik yang saling terhubung. Analisa ini sering dipakai dalam berbagai bidang, misalnya pada sistem jaringan telpon, kabel listrik, pipa minyak, atau gas.
4. *Buffering*, yaitu analisis yang akan menghasilkan *buffer* / penyangga yang bisa berbentuk lingkaran atau poligon yang melingkupi suatu objek sebagai pusatnya, sehingga kita bisa mengetahui berapa para meter objek dan luas wilayahnya. *Buffering* dapat digunakan menentukan jalur hijau, menggambarkan *Zona*

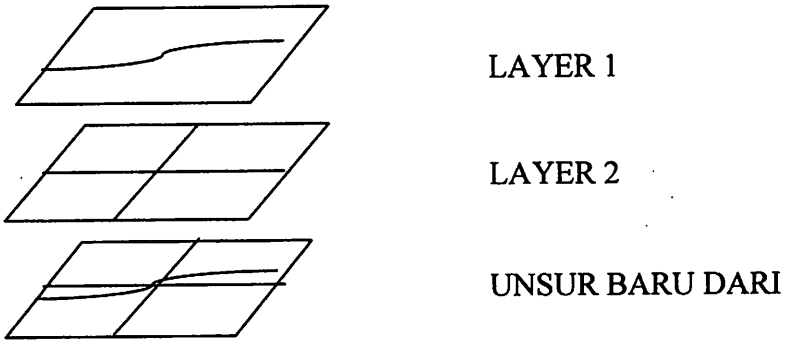
Ekonomi Ekslusif (*ZEE*), ataupun mengetahui daerah yang terjangkau BTS untuk telepon seluler.

5. Analisis 3 Dimensi, analisis ini sering digunakan untuk memudahkan pemahaman, karena data divisualisasikan dalam *3dimensi*, contoh penggunaannya adalah untuk menganalisis daerah yang terkena aliran lava.

2.8.8. Analisis Tumpang Susun (*Overlay*)

Satu keuntungan yang diperoleh dari operasional SIG adalah kemampuan dalam integrasi informasi. Sebetulnya teknik pengintegrasian informasi secara konvensional telah lama dikenal, melalui teknik tumpang susun (*overlay*) untuk berbagai keperluan. Penerapan pendekatan sistem overlay dalam SIG, harus didukung pengetahuan tentang SIG, juga dasarpengetahuan mengenai tata kerja diatas peta, karena peraga utama SIG ini adalah peta.

Peta pada hakikatnya adalah gambaran sebagian permukaan bumi, yang digambarkan diatas bidang datar dan ukurannya dapat dipertanggungjawabkan secara matematis. Didalam SIG, suatu peta atau objek disajikan pada bidang atau matriks atau himpunan larik (*array*). Setiap sel dalam array hanya dapat menyimpan dalam satu nilai atribut-atribut geografis yang berbeda (misalnya peta wilayah, struktur tanah, vegatasi penggunaan lahan, geologi). Setiap atribut yang berbeda tersebut harus disajikan dalam bidang yang berbeda. Bidang penyajian yang berhubungan dengan suatu atribut geografis disebut dengan lapis (layer). Konsep overlay merupakan fungsi analisis dari SIG dan konsep ini sama dengan konsep picture function pada pengolahan citra digital pada teknologi penginderaan jauh. Fungsi analisis overlay ini dapat dilakukan dalam suatu peta atau beberapa macam peta.



Gambar 2.5. Contoh Operasi Overlay

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Kabupaten Pasuruan mempunyai luas wilayah 147.401,50 Ha (3,13 % luas Propinsi Jawa Timur) terdiri dari 24 Kecamatan, 24 Kelurahan, dan 341 Desa. Letak geografi Kabupaten Pasuruan antara 112 33` 55" hingga 113 30` 37" Bujur Timur dan antara 70 32` 34" hingga 80 30` 20" Lintang Selatan dengan batas – batas wilayah:

- Utara : Kabupaten Sidoarjo dan Selat Madura.
- Selatan : Kabupaten Malang
- Timur : Kabupaten Probolinggo
- Barat : Kabupaten Mojokerto

3.2. Persiapan Penelitian

Tahap persiapan merupakan tahap awal dalam penelitian, yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan penelitiaan. Dimana tahap ini memuat tentang proses perencanaan penelitian, pengadaan data-data yang diperlukan dalam penelitian, serta nara sumber dan literatur-literatur yang akan digunakan sebagai referensi dalam penelitian.

3.3. Pengumpulan Data

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari :

1. Citra Satelit Terra-Aster 2006
2. Peta Rupabumi Indonesia Kabupaten Pasuruan skala 1 :25.000
3. Peta Jenis Tanah Kabupaten Pasuruan Skala 1 : 25.000
4. Peta Kelerengan Tanah Kabupaten Pasuruan Skala 1 : 25.000
5. Peta Curah Hujan Propinsi Jawa Timur Skala 1 : 250.000
6. Peta Kawasan Hutan Kabupaten Pasuruan 1 : 25.000
7. Peta Batas Administrasi Kabupaten Pasuruan Skala 1 : 25.000

3.4. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi perangkat keras *(hardware)* dan perangkat lunak *(software)*, berikut spesifikasinya :

3.4.1. Perangkat Keras (Hardware)

Dalam penelitian ini menggunakan perangkat keras yang terdiri dari :

- PC dengan Prosesor Intel Pentium 4, 2.4 MHz
- Ram 512 Mb
- Hardisk 80 Gb
- VGA Card 128 Mb
- Monitor 15"
- Printer

3.4.2. Perangkat Lunak (Software)

- AutoCAD 2004

  Perangkat lunak AutoCAD 2004 adalah perangkat lunak yang digunakan dalam penggambaran grafis atau untuk mengubah data analog menjadi data digital.

- Ermapper 6.4

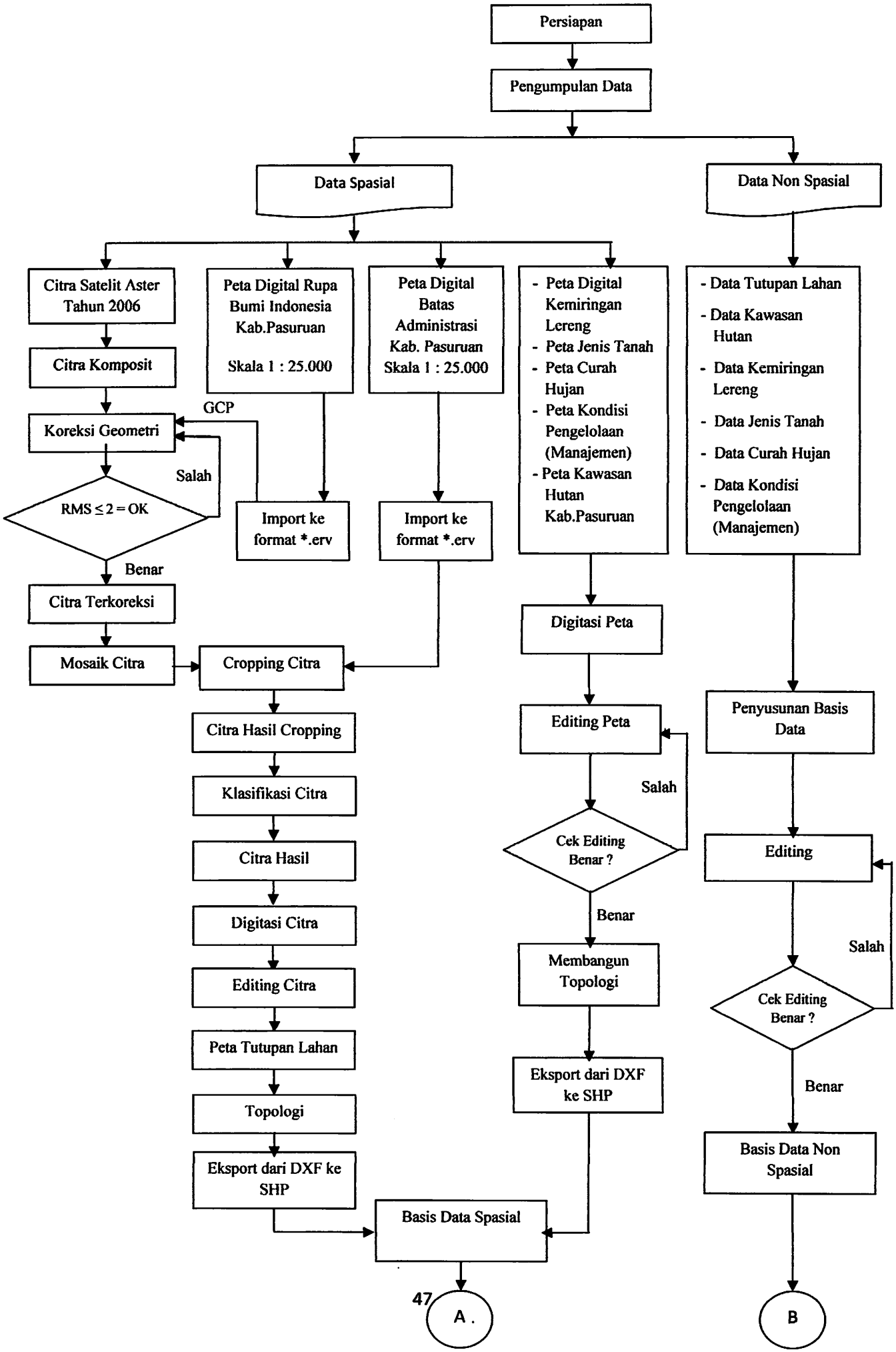
  Perangkat lunak yang digunakan untuk memproses data citra satelit aster untuk memperoleh data liputan lahan.

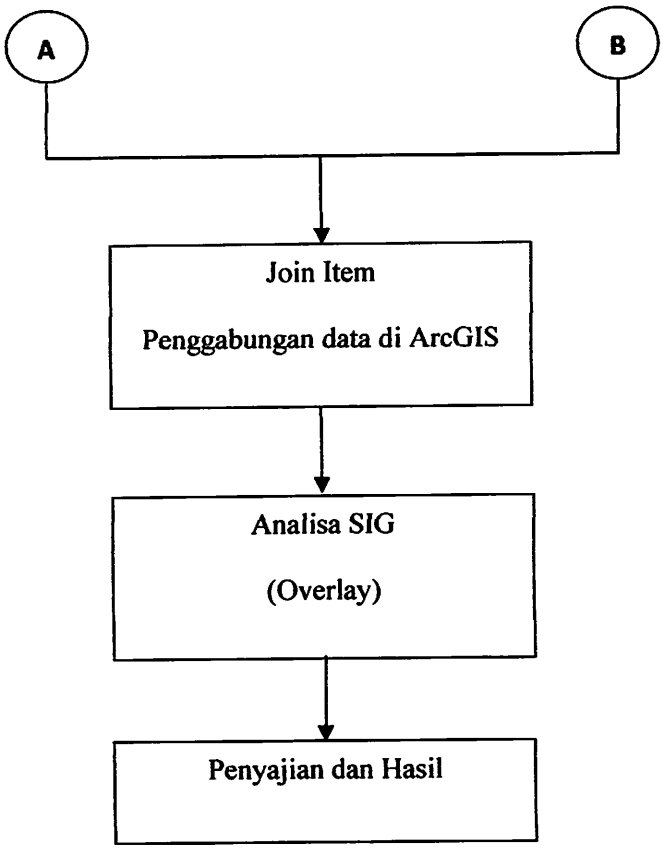
- ArcGIS 9.2_1

  Perangkat lunak yang digunakan untuk melakukan penggabungan data (joint item) operasi overlay dan proses penyajian peta hasil penelitian.

3.5. Langkah Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian ini, perlu ditetapkan suatu sistematika dari kegiatan dan langkah-langkah yang akan dikerjakan, sebagaimana terlihat pada Gambar 3.1.


Persiapan
Pengumpulan Data
Data Spasial
Data Non Spasial
Citra Satelit Aster Tahun 2006
Citra Komposit
Koreksi Geometri
GCP
Salah
RMS ≤ 2 = OK
Benar
Citra Terkoreksi
Mosaik Citra
Peta Digital Rupa Bumi Indonesia Kab.Pasuruan
Skala 1 : 25.000
Import ke format *.erv
Peta Digital Batas Administrasi Kab. Pasuruan Skala 1 : 25.000
Import ke format *.erv
- Peta Digital Kemiringan Lereng
- Peta Jenis Tanah
- Peta Curah Hujan
- Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen)
- Peta Kawasan Hutan Kab.Pasuruan
Digitasi Peta
Editing Peta
Salah
Cek Editing Benar ?
Benar
Membangun Topologi
Eksport dari DXF ke SHP
- Data Tutupan Lahan
- Data Kawasan Hutan
- Data Kemiringan Lereng
- Data Jenis Tanah
- Data Curah Hujan
- Data Kondisi Pengelolaan (Manajemen)
Penyusunan Basis Data
Editing
Salah
Cek Editing Benar ?
Benar
Basis Data Non Spasial
B
Cropping Citra
Citra Hasil Cropping
Klasifikasi Citra
Citra Hasil
Digitasi Citra
Editing Citra
Peta Tutupan Lahan
Topologi
Eksport dari DXF ke SHP
Basis Data Spasial
A .



Gambar 3.1. Diagram alir Penelitian

Keterangan Bagan Alir Penelitian :

1. Persiapan, meliputi kegiatan pengumpulan data raster (Data Citra satelit Terra-Aster), data vektor (Peta Rupa Bumi Indonesia Digital), persiapan perangkat keras dan perangkat lunak.
2. Data spasial yaitu tipe data yang berhubungan dengan lokasi, posisi, bentuk dan hubungan antar unsur-unsur geografis.
3. Data Non Spasial (data atribut) yaitu tipe data yang berhubungan karakteristik dan deskripsi antar unsur-unsur geografis.
4. Penyusunan Basis Data atribut

   Penyusunan basis data atribut merupakan proses melakukan pengolahan data-data yang berupa keterangan-keterangan atau berupa tabel yang menjelaskan data-data spasial dengan syarat dalam pengolahan data itu tidak mengalami redundant data, duplikasi data maupun repeating group.

5. Citra Komposit

Merupakan paduan dari beberapa saluran. Penyusunan citra komposit dimaksudkan untuk memperoleh gambaran visual yang lebih baik seperti halnya melihat foto udara, inframerah berwarna, sehingga pengamatan objek, pemilihan sampel, dan aspek estetika citra dapat diperbaiki. Dalam teori warna, dikenal ada 3 (tiga) warna dasar, yaitu biru, hijau dan merah. Kombinasi dari ketiga warna tersebut akan menghasilkan warna-warna lain.

6. Koreksi Geometri

Koreksi Geometrik dengan menggunakan data peta referensi (peta RBI) pada Citra Satelit Terra-Aster dengan metode *GCP (Ground Control Point)*/Titik ikat medan.

7. Mosaik Citra

Mosaik citra adalah proses menggabungkan/menempelkan dua atau lebih citra yang tumpang tindih (overlapping) sehingga menghasilkan citra yang representatif dan kontinyu. Dalam ER Mapper proses ini dapat dilakukan tanpa membuat suatu file yang besar, kecuali bila kita ingin menyimpannya menjadi file tersendiri.

8. Cropping Data Citra

Data satu scene umumnya mencakup wilayah yang cukup luas. Cakupan 1 scene citra Aster adalah 61,5 km x 61,5 km. Kadang-kadang tidak semua data yang tercakup dalam scene tersebut kita butuhkan. Misalnya bila kita hanya membutuhkan informasi Kawasan Hutan saja, maka kita sebaiknya memotong scene tersebut sesuai dengan daerah pengamatan kita. Hal ini untuk memperkecil besar file yang kita gunakan serta mempercepat proses-proses dalam ER Mapper bila dibandingkan dengan mengolah data satu scene penuh.

9. Klasifikasi citra

Merupakan perbuatan mengkaji citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut. Klasifikasi citra secara digital ini dilakukan melalui pengenalan pola spektral dengan bantuan komputer. Dasar klasifikasi citra digital berupa klasifikasi pixel berdasarkan nilai spektralnya dan dapat dilakukan dengan cara statistik. Klasifikasi tingkat kerapatan tutupan vegetasi dengan menggunakan metode Klasifikasi Terbimbing *(Supervised Classification)*.

10. Citra Hasil Klasifikasi

Dari proses klasifikasi diperoleh citra tingkat kerapatan tutupan vegetasi untuk pemantauan lahan kritis.

11. Proses Digitasi

Merupakan proses mengubah data spasial analog menjadi digital.

12. Editing

Merupakan proses memperbaiki data spasial dan data non spasial akibat kesalahan pada saat digitasi dan penyusunan basis data.

13. Cek Editing

Memeriksa kebenaran dan kelengkapan data spasial dan non spasial, apabila terjadi kekurangan kembali ke proses editing.

14. Topologi

Topologi adalah metode matematis yang digunakan untuk mendefinisikan hubungan spasial antara masing-masing fitur pada peta. Adanya topologi antara lain membuat penyimpanan data lebih efisien, sehingga pemrosesan data lebih cepat.

15. Join item

Yaitu proses penggabungan data spasial dan data non spasial dalam *software ArcGIS 9.2_1.*

16. Analisa dan overlay

Yaitu penggabungan dua atau lebih data spasial (*coverage*) menjadi satu *coverage* yang baru sesuai dengan kriteria yang ditetapkan.

17. Penyajian hasil (*layout*) berupa data digital (*soft copy*) maupun *hard copy.*

3.6. Tahapan Pekerjaan

Adapun tahapan yang dilakukan pada proses penelitian adalah sebagai berikut :

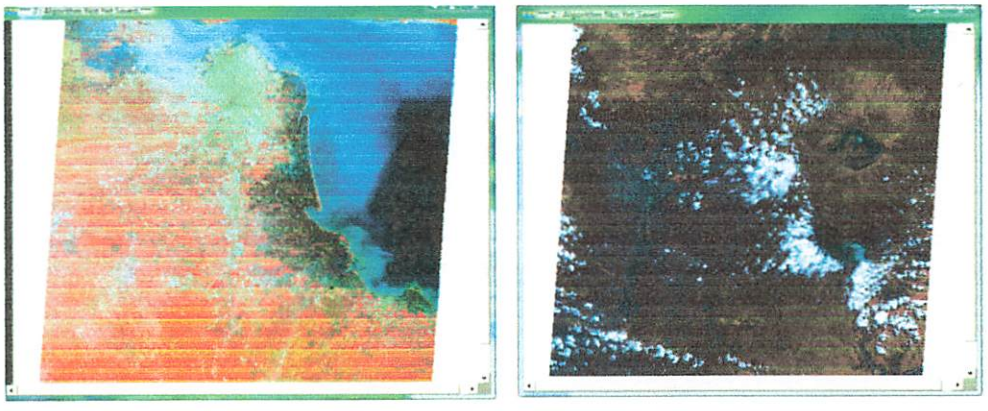
1. Menampilkan Citra Aster dan Data Vektor
2. Pembuatan Citra Komposit
3. Koreksi Geometri
4. Mosaik Citra Aster
5. Pemotongan/Cropping Citra
6. Klasifikasi Citra
7. Digitasi *On Screen*
8. Topologi
9. Membuka Data Spasial dan Non Spasial dengan ArcMap
10. Join Item Data di ArcGis
11. Analisa dan Overlay Data
12. Pembuatan Layout Peta

3.6.1. Menampilkan Citra Aster dan Data Vektor

- Menampilkan Citra Aster

  Menampilkan data Citra Aster Kabupaten Pasuruan pada layar monitor bertujuan untuk menampilkan citra kedalam layar monitor dengan menggunakan perangkat lunak ER-Mapper 7.0 yang memiliki kemampuan untuk menampilkan citra dalam bentuk layer dalam jumlah yang tak terbatas. Adapun tahap pelaksanaan adalah sebagai berikut :

  1. Mengaktifkan program **ER-Mapper.**
  2. Dari toolbar **"New"** dan selanjutnya **"Edit Algorithm".**
  3. Pada layar monitor akan muncul kotak dialog "**Algorithm**" dan "**Load a Dataset**". Dan pada *Files of Type* pilih **"Aster/Modis/Landsat/EODIS/Spot Vegetation(.l1g, .l1r, .met, .hdf)"**
  4. Pilih Nama file yang akan ditampilkan "OKE". Kemudian "Refresh" yang ada di toolbar untuk menampilkan gambar citra dengan jelas pada layar monitor. Untuk kabupaten Pasuruan terdiri dari 2 scene citra, yaitu :
     - ✓ AST_L1B_00307012006025257_20060907165856_10728.hdf
     - ✓ AST_L1B_00308282004025245_20060907170106_12855.hdf



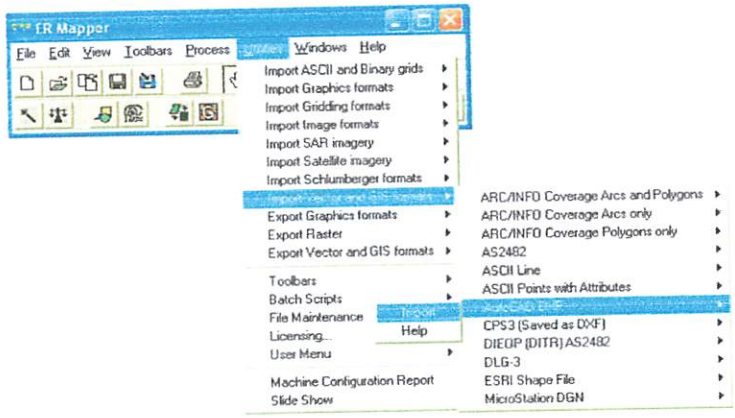
Gambar 3.2. Tampilan Citra Terra-Aster

- Menampilkan Data Vektor

  Sebelum ditampilkan, data vektor harus diimport. Data vektor yang diimport adalah data spasial S*ungai* dan *Jalan* dari Peta Rupa Bumi Digital daerah Kabupaten Pasuruan yang digunakan untuk koreksi geometri.

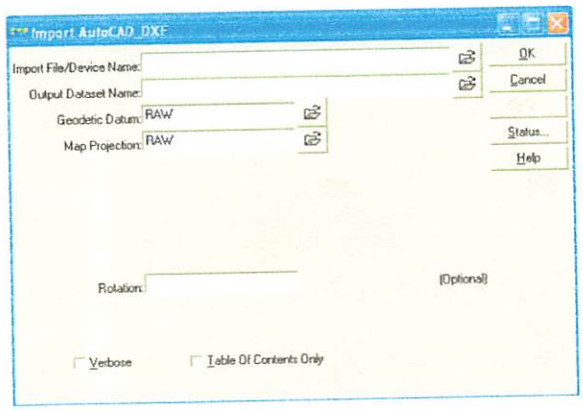
Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

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



Gambar 3.3. Kotak Dialog Import Vector and GIS Format

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

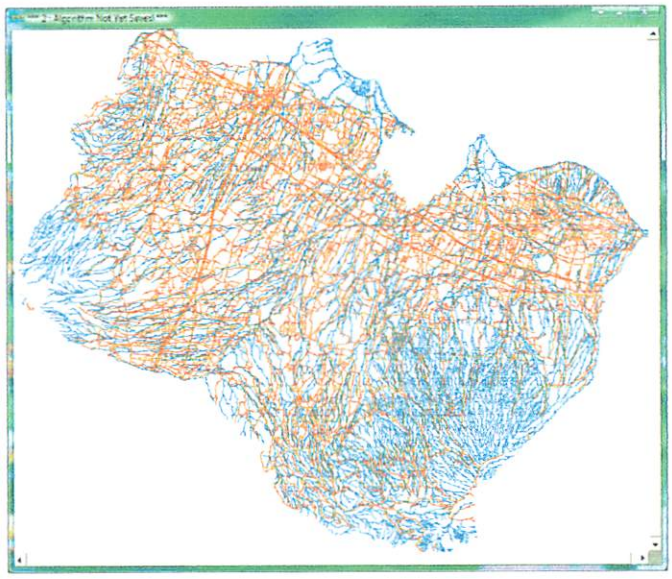


Gambar 3.4. Kotak Dialog Import Autocad_DXF

Data spasial sungai dan jalan daerah Kabupaten Pasuruan hasil import dapat ditampilkan dengan langkah – langkah sebagai berikut :

1. Pilih icon setelah muncul kotak dialog *algorithm* pilih ***Edit → Add Vektor Layer → Annotation/Map Composition***;

2. Akan muncul layer *Annotation Layer*, pilih file ***Sungai*** dan ***Jalan*** yang akan ditampilkan lewat icon *Dynamic Link Chooser*;
3. Hasil tersebut disimpan dengan nama file ***Vector.alg***.



Gambar 3.5. Tampilan Data Vektor Sungai dan Jalan Hasil Import

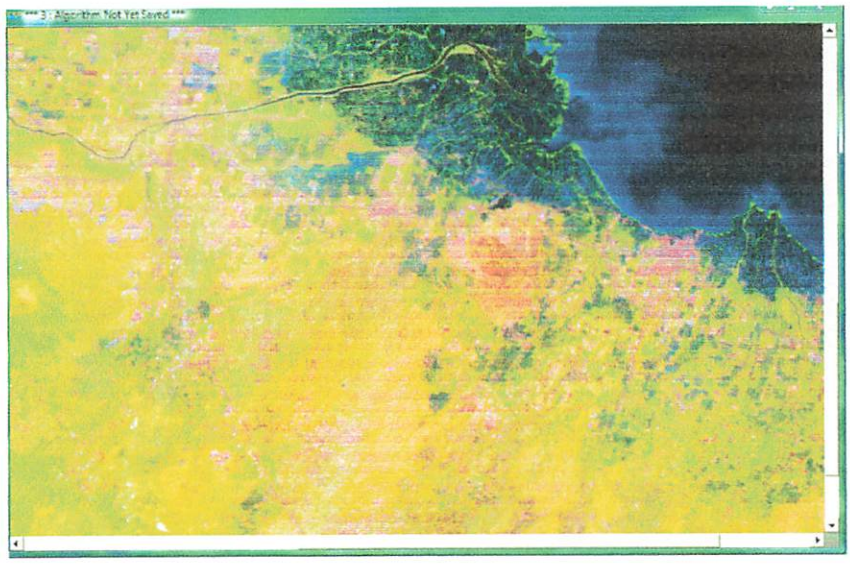
3.6.2. Pembuatan Citra Komposit

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

Adapun langkah – langkahnya sebagai berikut :

1. Buka Citra Aster dengan icon akan nampak tampilan citra dalam *window algorithm* yang masih berwarna *Greyscale,* dalam kotak dialog *algorithm* akan tampak bahwa jenis *surface*-nya *Pseudocolor* dan layernya juga *Pseudocolor*;
2. *Untuk membuat kombinasi warna kita harus membuat kombinasi dalam layer Red, Layer Green* dan *Layer Blue* yaitu dengan mengaktifkan kelompok *toolbar foresty* dalam menu toolbar, lalu pilih maka secara otomatis akan tampil citra sudah terkombinasi warna, dalam kotak dialog algorithm terlihat jenis *surface*-nya *Red,*

Green dan *Blue* dengan setiap layer diisi band sesuai dengan kebutuhan interpretasinya dalam hal ini menggunakan kombinasi band 4 3 2.



Gambar 3.6. Citra Hasil Kombinasi

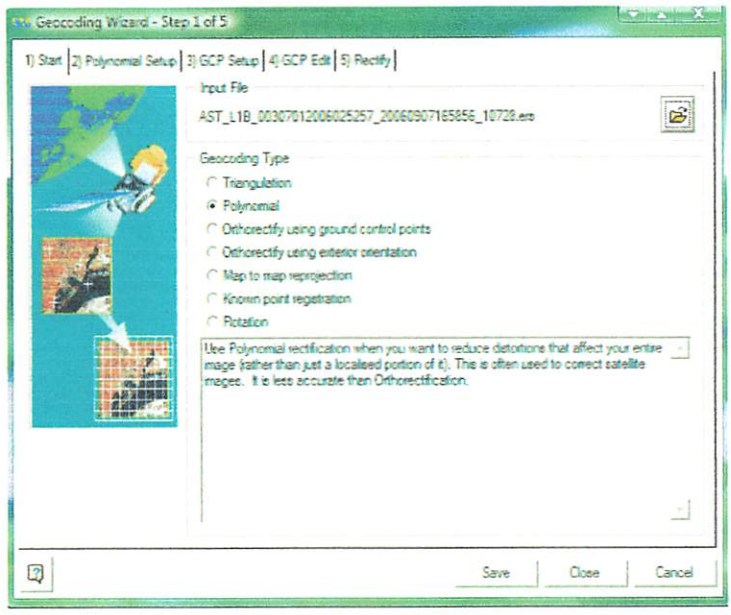
3.6.3. Koreksi Geometri

Koreksi Geometri Citra dengan data spasial sungai dan jalan dari Peta Rupa Bumi Indonesia digital. Adapun langkah – langkah dalam proses koreksi geometri tersebut adalah sebagai berikut :

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

1. Pilih file ***AST_L1B_00307012006025257_20060907165856_10728.ers*** yang akan dikoreksi geometri dari icon serta tentukan *Geocoding Type*-nya adalah *Polynomial.*
2. Tentukan type *Polynomial Order* adalah *Linier.*

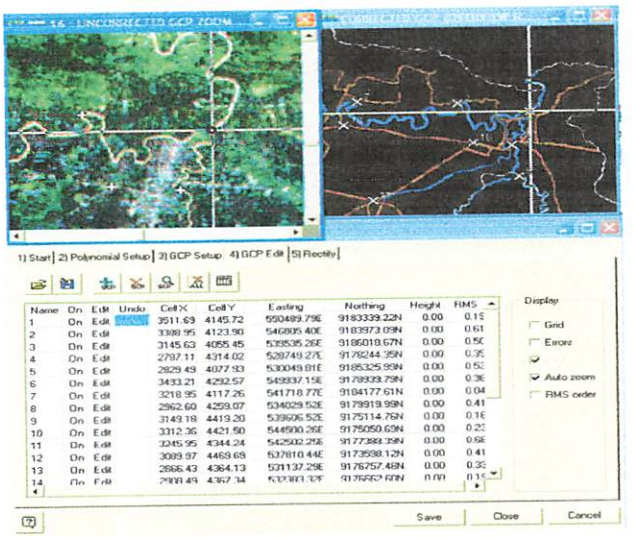
3. Tentukan *GCP Picking Method* dengan memilih *Geocoded Image, vector or algorithm* dan tentukan nama file acuan yaitu ***Vector.alg***. Pada *Output Coordinate Space* akan nampak datum dan sistem proyeksi dari hasil citra akhir.



Gambar 3.7. GCP Setup

4. Menentukan titik kontrol yang merupakan titik sekutu yang sama pada citra dengan acuan vektor, yaitu belokan sungai, titik perempatan jalan, perpotongan antara jalan dan sungai.

   - Gunakan icon untuk membuat atau menambah titik kontrol baru, kemudian dengan menggunakan icon tentukan titik kontrol pada windows citra dan selanjutnya ke windows acuan vektor. Untuk menghapus titik kontrol yang salah pilih icon .



Gambar 3.8. Proses Koreksi Geometri

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

5. Proses rektifikasi dilakukan pada saat pelaksanaan koreksi geometri dengan menampilkan titik-titik kontrol yang banyak dan merata pada obyek dipermukaan bumi.
6. Demikian juga untuk citra aster ***AST_L1B_00308282004025245_20060907170106_12855.ers,*** dilakukan koreksi geometri dengan tahapan seperti diatas.

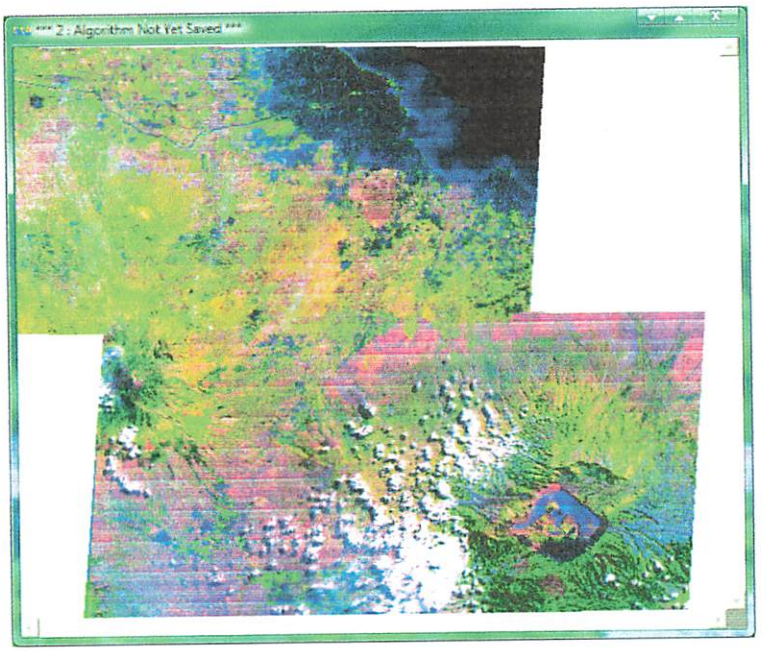
3.6.4. Mosaik Citra Aster

Untuk wilayah kawasan hutan di Kabupaten Pasuruan terliput dalam 2 scene citra aster, untuk itu perlu dilakukan mosaik sebelum proses lebih lanjut. Adapun langkah kerjanya adalah sebagai berikut :

1. Tampilkan citra melalui box "***View Algorithm***" lalu pilih file yang ber-*ekstension* "****.ers***" misal "***pasuruan1.ers***", pada menu box "***View Algorithm***" terdapat "***Default surface***" yang didalamnya terdapat layer "***Pseudo Layer***", kemudian copy

layer tersebut menjadi 4 layer dan ganti nama "***Pseudo Layer***" dengan nama *band* mulai *band* 1 s/d *band* 4

2. Kemudian *duplicate surface* "***Default surface***" , dan buka pada tiap *band*-nya dengan file "***pasuruan2.ers***",
3. Simpan hasil cropping klik toolbar "***File***" → "***Save as dataset***" masukkan nama file baru, misalnya "***Mosaik_Pasuruan.ers***" lalu klik "***Ok***" dan tunggu prosesnya



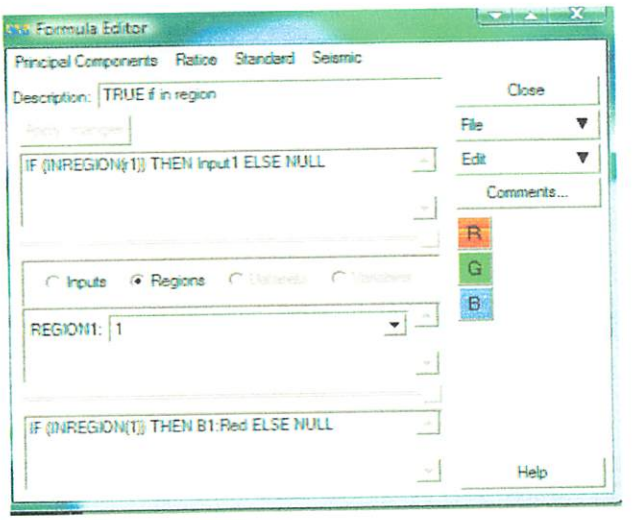
Gambar 3.9. Mosaik Citra Aster Kabupaten Pasuruan

3.6.5. Cropping Citra Aster

Mosaik Citra Aster dipotong berdasar batas Administrasi Kabupaten Pasuruan, adapun tahapannya adalah sebagai berikut :

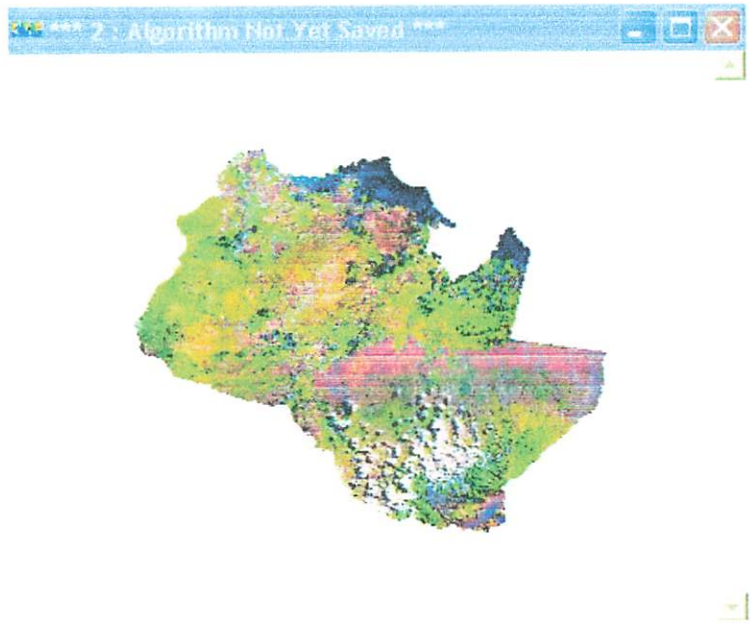
1. Jadikan batas Administrasi Kabupaten Pasuruan menjadi region melalui perintah, ***Process – Polygon<->Region Conversion – Vektor dataset polygon to Region*** . Kemudian akan muncul kotak dialog dan masukkan Admin.erv kedalam input vektor file dan mosaik.ers sebagai output rasternya.
2. Tampilkan citra melalui "***View Algorithm***" , yaitu melalui layer ***Pseudo Layer*** pilih buka mosaik.ers dengan tool open

3. Kemudian copy layer ***Pseudo Layer*** tersebut menjadi 4 layer dan ganti nama "***Pseudo Layer***" dengan nama band mulai band 1 s/d band 4
4. Sesuaikan band dari citra 4 band dengan band-band yang baru dibuat dari "***Pseudo Layer***".
5. Setiap penyamaan band masukkan persamaan rumus dengan menekan tombol "***Emc²***" lalu klik toolbar "***Standard***" → "***Inside region polygon test***" lalu klik "***Region***" pilih input sesuai dengan peta digital yang menjadi batas penelitian. Klik icon "***Ps***" untuk memotong citra pada band selanjutnya sampai seluruh band terpotong.



Gambar 3.10. Formula Editor

6. Untuk menyimpan hasil cropping klik toolbar "***File***" → "***Save as dataset***" masukkan nama file baru, misalnya "***Kawasan Hutan.ers***" lalu klik "***Ok***" dan tunggu prosesnya.



Gambar 3.11. Hasil Cropping Citra Aster

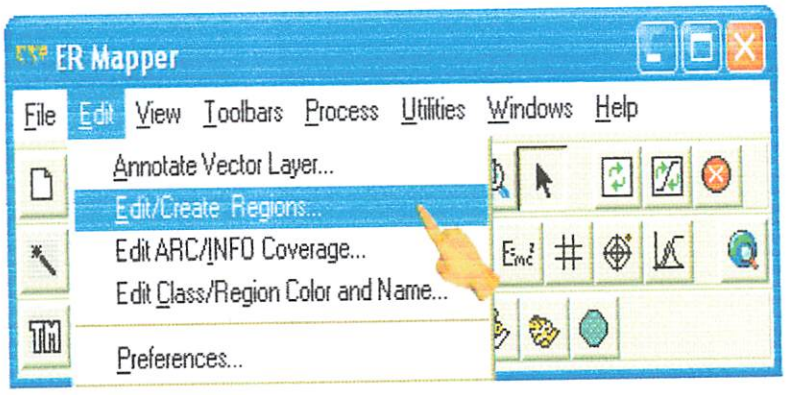
3.6.6. Proses Klasifikasi

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

Untuk penelitian ini kita mendefinisikan wilayah-wilayah untuk kelas-kelas tutupan vegetasi dengan menggambar wilayah latihannya, dengan menggambarkan poligon-poligon pada area sesuai dengan karakteristik-karakteristik spektralnya. Klasifikasi supervised kemudian akan mencari semua pixel dengan karakteristik-karakteristik spektral yang sama, sesuai dengan yang telah didefinisikan.

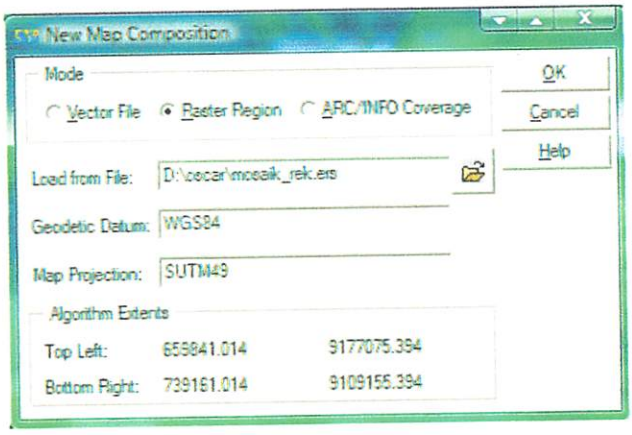
Langkah-langkah pekerjaannya adalah :

1. Buka file yang akan diklasifikasikan, buat komposit warnanya agar memudahkan dalam membedakan obyek yang akan dikelaskan. Komposit yang umum digunakan adalah RGB 432.
2. Kemudian dari menu bars pilih "***Edit***" → "***Edit/Creat Regions...***",



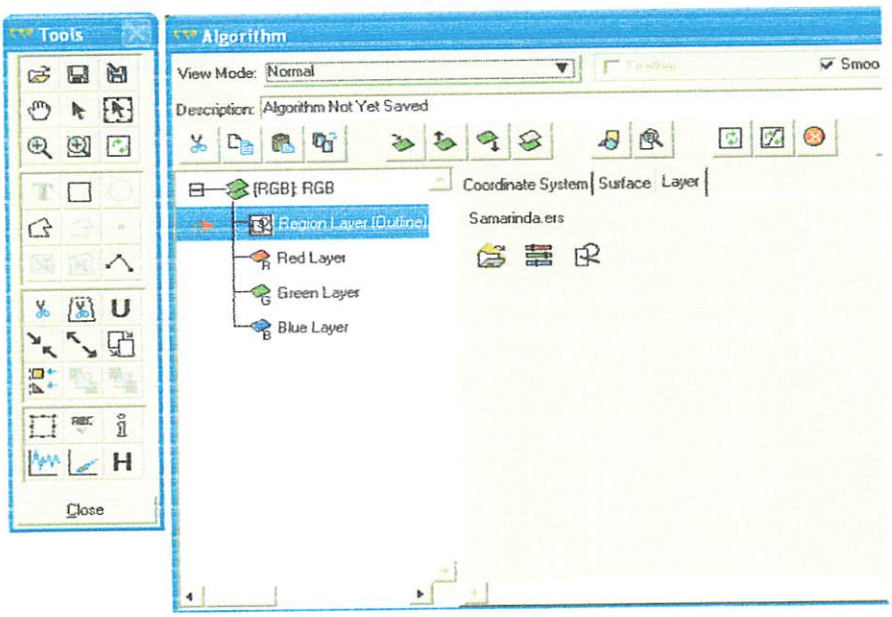
Gambar 3.12. Menu pilihan Edit/Create Regions

3. Maka akan muncul kotak "***New Map Composition***", kemudian klik "***Ok***".



Gambar 3.13. Tampilan New Map Composition

4. Kemudian akan muncul kotak "***Tools***", pada kotak "***Algorithm***" akan muncul "***Region Layer (Outline)***".

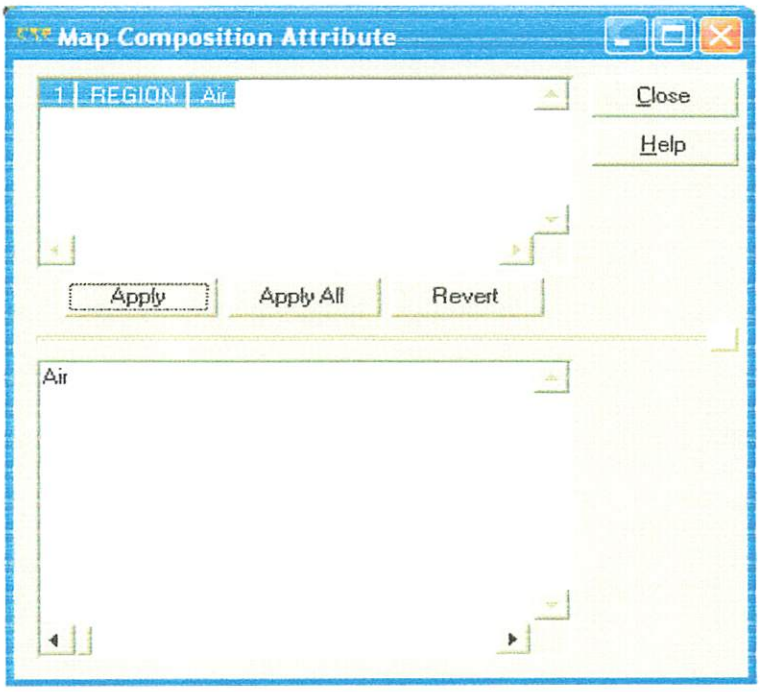


Gambar 3.14. Tools Region Layer

5. Dari kotak tools ini buat poligon training area yang mewakili obyek-obyek yang akan kita kelaskan. Klik untuk memulai pengambilan polygon training area.

6. Kursor akan berubah menjadi , kemudian kita membuat polygon dengan mengklik kiri untuk memulai polygon dan seterusnya lalu diakhiri dengan mengklik kiri dua kali, maka polygon akan menutup. Misalnya kelas pertama adalah vegetasi sangat baik, maka buat polygon pada daerah vegetasi sangat baik.

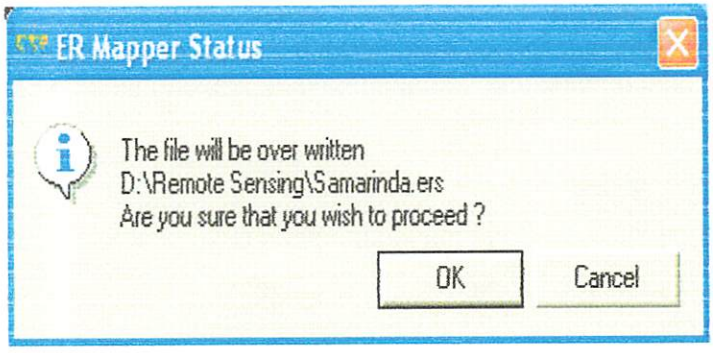
7. Kemudian klik akan muncul kotak Map Composition Attribute.



Gambar 3.15. Jendela Dialog Map Composition Attribute

8. Ketikkan nama kelasnya, misal : sangat baik, kemudian klik "***Apply***".

9. Setelah itu save region ke dalam file. Akan muncul

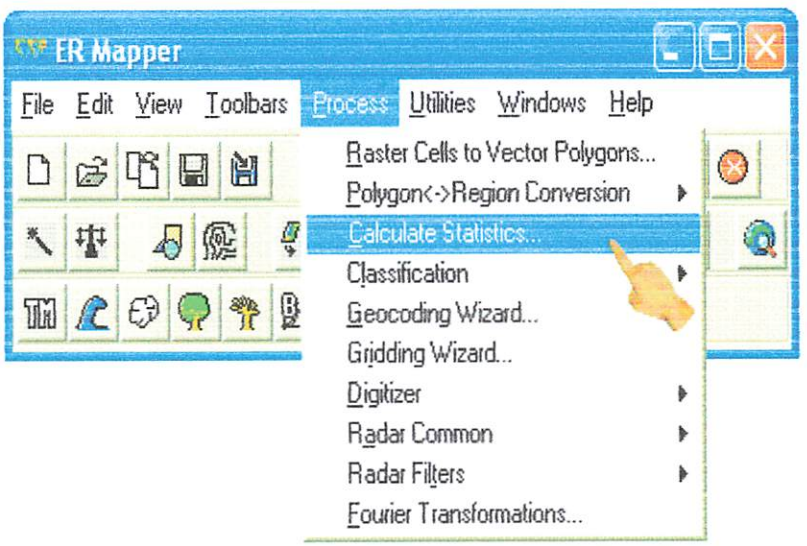


Gambar 3.16. Jendela Dialog Status Konfirmasi

10. Klik **OK**
11. Akan muncul massage yang menandakan polygon tersebut telah tersimpan dalam file.

Gambar 3.17. Jendela Pesan penyimpanan region

12. Lakukan proses yang sama untuk obyek-obyek yang lain.Setelah semua obyek terwakili melalui polygon training area, kemudian klik Close pada kotak Tools.
13. Kemudian pada menubars pilih Process lalu pilih Calculate Statistics….

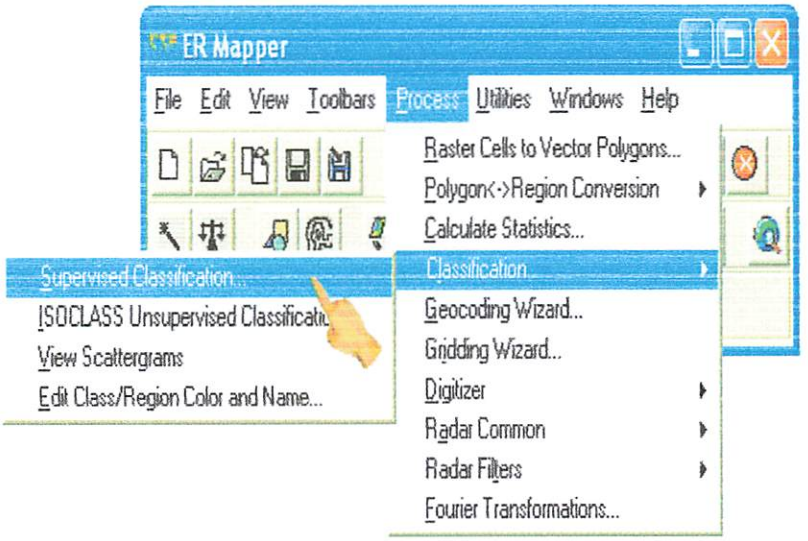


Gambar 3.18. Menu proses Calculate Statistics

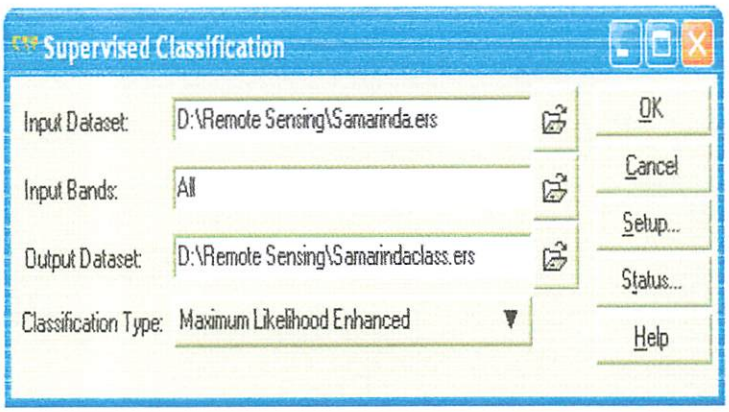
14. Akan muncul kotak dialog baru

Gambar 3.19. Jendela Pemilihan Dataset

15. Klik pada Dataset, kemudian pilih file yang tadi telah kita training area
16. Isikan nilai 1 pada Subsampling interval, kemudian pada kotak di samping Force Recalculate stats klik sehingga seperti contoh diatas. Kemudian klik OK.
17. ERMapper akan memproses Calculate Statistics. Klik OK
18. Pada menubars pilih ***Process*** kemudian pilih ***Classification***, kemudian pilih ***Supervised Classification.***

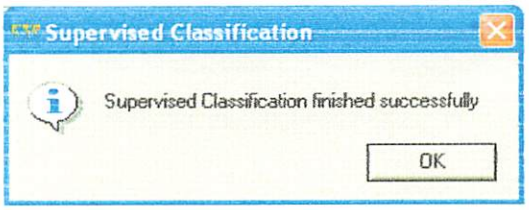


Gambar 3.20. Menu Pilihan Klasifikasi Superfised



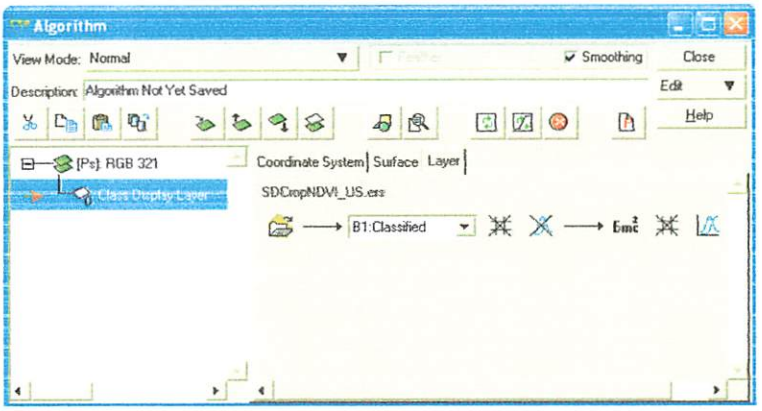
Gambar 3.21. Menu Pemilihan dataset

19. Klik pada Input Dataset, pilih file yang telah di calculate statistics.
20. ***Input Band*** pilih ***All***, karena hanya terdapat satu band saja (***Pseudo Layer***).
21. Pada Output Dataset biasanya sudah diberi nama secara otomatis dengan menambahkan akhiran ***_class*** pada nama file input. Kemudian klik OK.
22. ERMapper akan memproses klasifikasi, jika sudah selesai akan ada jendela informasi yang menyatakan Supervised Classification finished successfully.
23. Klik OK



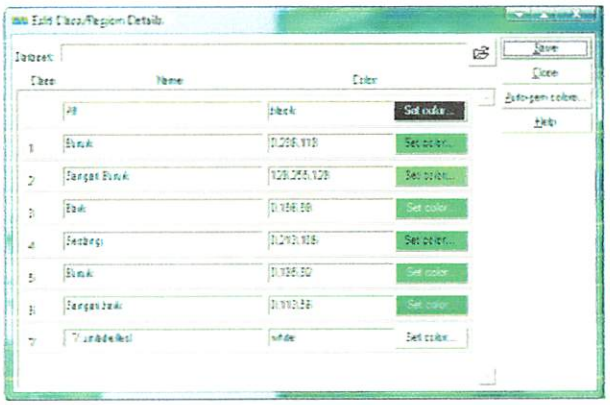
Gambar 3.22. Jendela Dialog selesai dengan sukses

24. Untuk menampilkan hasil klasifikasi, klk "***load dataset***" atau dari menu bar klik "***View***" → "***Algorithm...***".
25. Kemudian ubah "***Pseudo Layer***" dengan mengklik kanan menjadi "***Class Display Layer***".



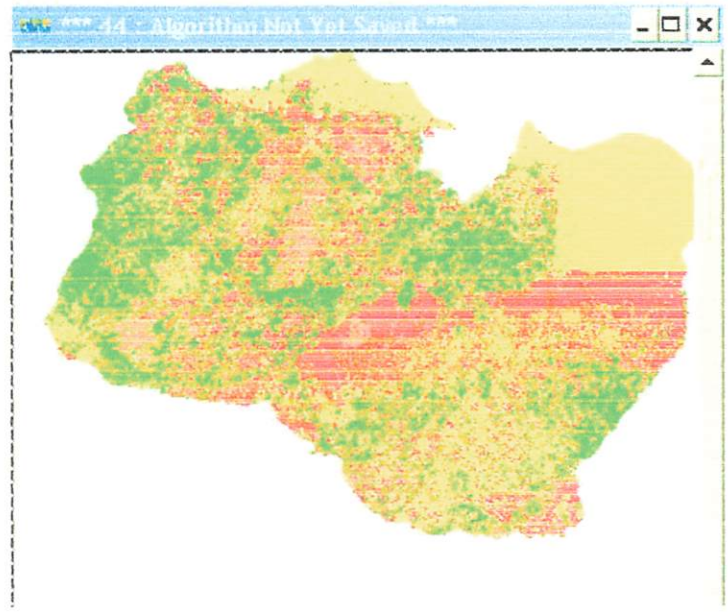
Gambar 3.23. Tampilan Class Display Layer pada Box Algorithm

26. Akan muncul kotak image berwarna putih, karena kelas-kelas tersebut belum diberi warna.
27. Untuk memberi warna, pada menu bars pilih "***Edit***" → "***Edit Class/Region Color and Name...***".



Gambar 3.24. Tampilan Kotak Edit Class/Region Details

28. Ganti warna dengan mengklik "***Set Color***" sesuai dengan warna yang diinginkan. Kemudian "***Save***" lalu "***Cancel***" untuk menutup kotak.
29. Klik "***Load Dataset***" kembali pada file yang sama pada kotak "***Algorithm***".

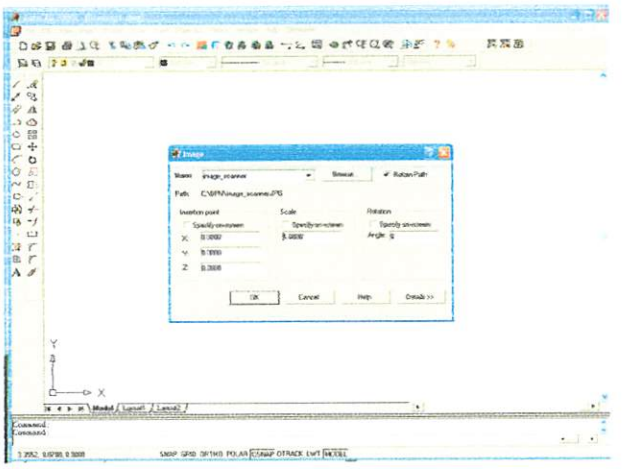


Gambar 3.25. Citra Hasil Klasifikasi Terbimbing

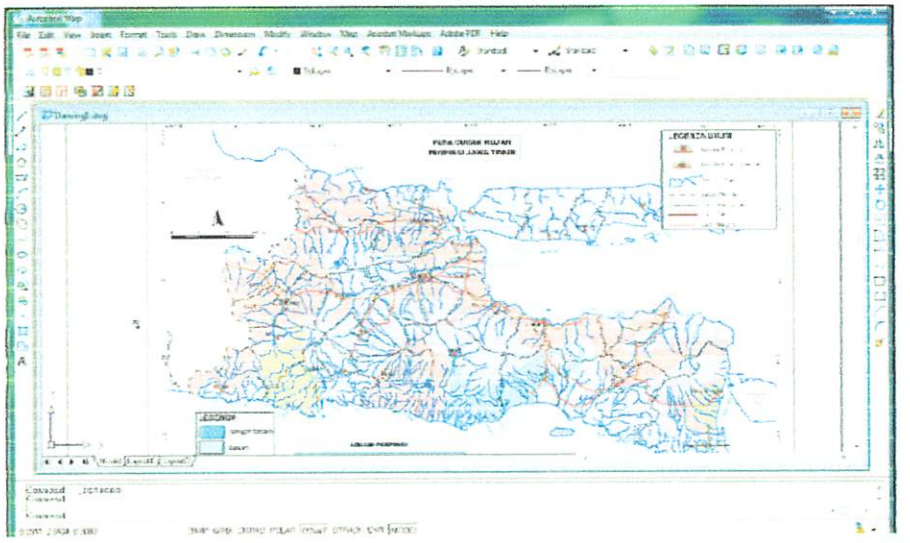
3.6.7. Digitasi Peta

On screen digitasi merupakan metode digitasi yang memanfaatkan data hasil scanner / atau dari data yang aslinya sudah berformat raster. Sebagai perangkat utamanya pada metode digitasi ini yang diperlukan adalah scanner dan komputer adapun langkah-langkah dalam *on screen* digitasi adalah sebagai berikut :

1. Klik ***Start*** pada komputer anda (pojok kiri bawah), kemudian klik ***Program***, klik ***Autocad 2004***, atau seperti pada gambar berikut:
2. Atau pilih icon ***AutoCad*** pada komputer anda kemudian klik 2 kali pada icon tersebut.
3. Untuk memulai digitasi, klik menu **Raster Image** atau **Image Manager** pada menu bar **Insert,** pilih file image yang akan didigit.
4. Setelah file image dipilih kemudian kita akan menjumpai menu seperti dibawah ini. Menu ini berfungsi untuk menentukan lokasi, rotasi dan skala image pada media gambar autocad. Lebih jelasnya ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar 3.26. Image Manager



Gambar 3.27. Peta Raster Curah Hujan Hasil Scanner

5. Sebelum dilakukan digitasi, dilakukan proses rubber sheeting yaitu proses pemberian koordinat pada gambar raster, dengan memilih menu ***Map - Tools – Rubber Sheet***
6. Dan tentukan titik-titik pada gambar yang dijadikan titik ikat, tunjuk dengan cursor kemudian isi nilai koordinatnya pada ***reference point*** di ***command line***
7. Untuk memulai proses digitasi, pertama-tama yang perlu dilakukan adalah membuat layer-layer (sama dengan perintah sebelumnya bagaimana membuat layer) yang sesuai dengan infornasi pada peta yang akan didigit.
8. Pendigitasian peta ini menggunakan perintah ***line (PL)*** untuk obyek bergaris dan *rectangle* untuk obyek persegi/kotak.

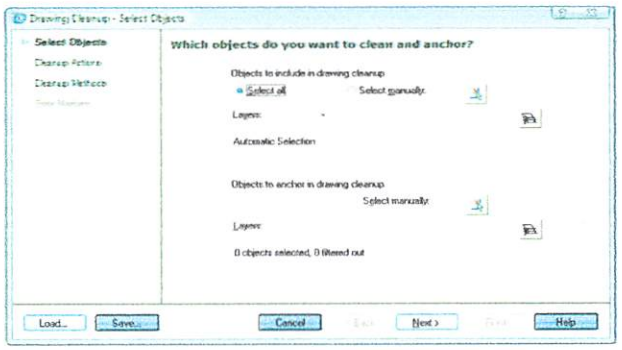
9. Perintah ***Polyline(Pline)*** digunakan, karena garis yang digambar oleh ***Pline*** merupakan kesatuan obyek, sehingga menghemat ruang penyimpanan. ***Pline*** sering digunakan untuk digitasi bentuk jalan, sungai, batas administrasi dan lain-lain.
10. Klik pada obyek yang akan didigitasi. Dan mulailah mendigit dengan mengikuti batas atau tepi dari obyek yang dimaksud.
11. Setelah proses digitasi selesai, dilanjutkan dengan proses editing yang bisa dilakukan dengan perintah trim, extend, erase, break, dll.

3.6.8. Topologi

Topologi pada peta digital adalah metode matematis yang digunakan untuk mendefinisikan hubungan spasial antara masing-masing fitur pada peta. Adanya topologi antara lain membuat penyimpanan data lebih efisien, sehingga pemrosesan data lebih cepat.

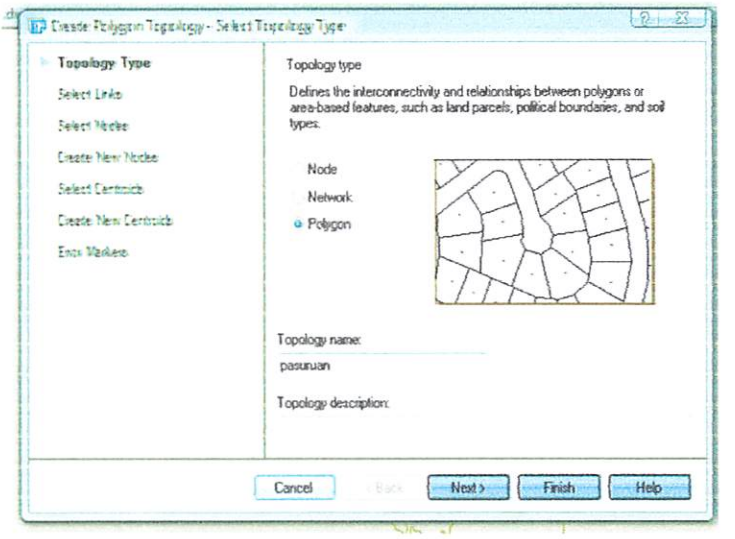
Proses topology dalam penelitian ini dilakukan dengan software autocad, adapun tahapan perintahnya adalah sebagai berikut :

1. Buka data spatial peta yang telah didigit, dan pilih menu ***Map - Tools – Drawing Cleanup***
2. Kemudian muncul kotak dialog *Drawing Cleanup*, ikuti tahapan perintah yang ada kotak dialog tersebut.



Gambar 3.28. Kotak Dialog *Drawing Cleanup*

3. Akan diperoleh data spatial berbentuk polyline yang yang tertutup dan saling terhubung oleh node, dan telah memenuhi syarat untuk proses topology berikutnya.
4. Memilih menu ***Map – Topology – Create***, dan akan muncul kotak dialog



Gambar 3.29. Kotak Dialog Create Polygon Topology

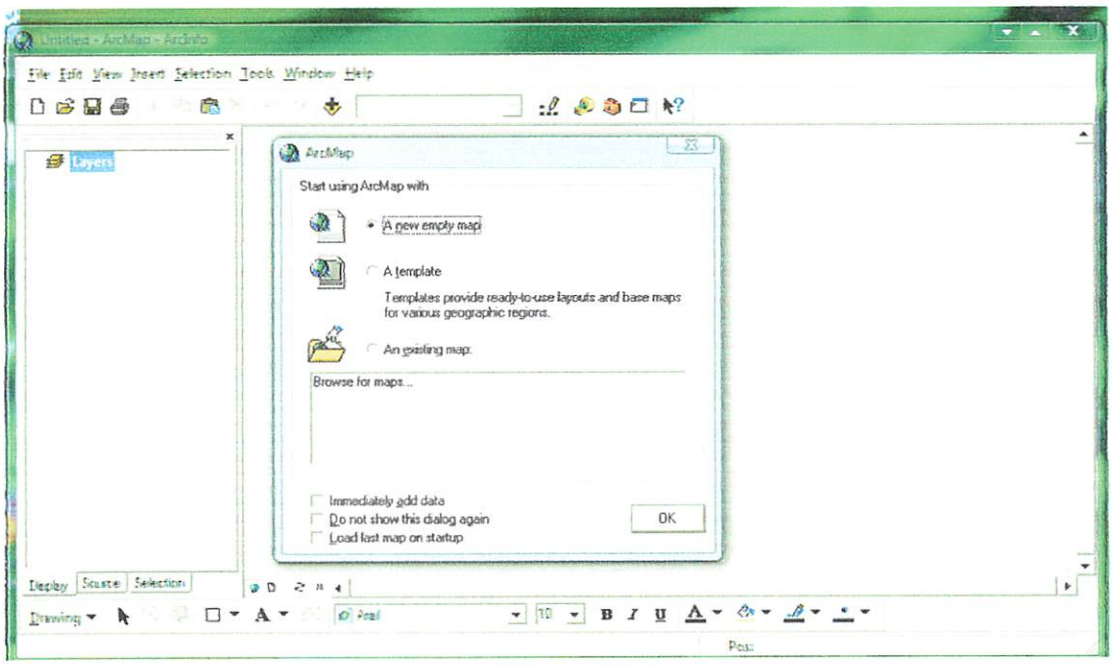
5. Pilih ***type***-nya ***Polygon*** dan isi ***Topology name***-nya, dan ikuti perintahnya sampai selesai.
6. Setelah proses *topology* selesai akan muncul di tengah tiap *polyline* sebuah titik, itu menandakan bahwa *polyline* tersebut telah betul-betul tertutup dan memenuhi syarat untuk menjadi *polygon.*
7. Setelah melalui tahap topology, selanjutnya data dieksport ke format *arcview(shp),* yaitu melalui menu *Map – Tools – Export,* tentukan nama dan folder penyimpanan sehingga akan muncul kotak dialog

Gambar 3.30. Kotak Dialog *Export*

8. Demikian semua tahapan dilakukan untuk Peta Kelerengan Tanah, Peta Jenis Tanah, Peta Curah Hujan, dan Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen).

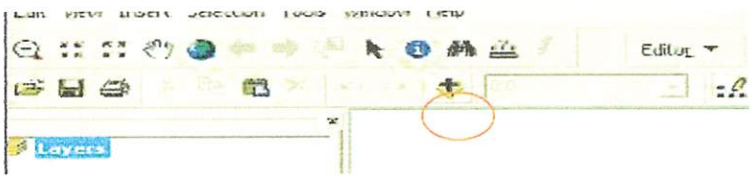
3.6.9. Membuka Data Spasial dan Non Spatial dengan ArcMap

1. Mulai *ArcMap* dengan klik Start > Programs > ArcGIS > ArcMap atau dengan klik icon ArcMap pada desktop.
2. Pada saat *ArcMap* dijalankan, maka akan terlihat kotak dialog Startup yang akan memberikan pilihan untuk memulai sebuah sesi pekerjaan. Kita dapat memilih antara lain : membuka Project baru (**open new map**), membuka format yang telah disediakan (**template**), atau membuka sebuah Project document yang telah ada atau Project yang telah dibuat sebelumnya.
3. Untuk membuka Project baru, pilih (**open new map**) lanjutkan dengan klik **OK**.

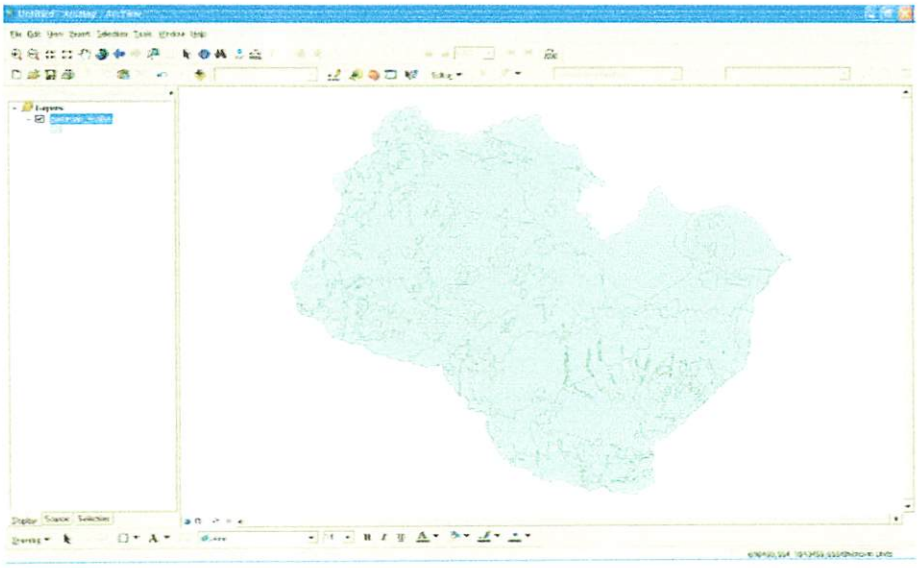


Gambar 3.31. Kotak Dialog *ArcMap*

4. Tambahkan layer peta lereng tanah.shp, hal ini bisa dilakukan dengan mengklik tanda "+" di sebelah atas kiri layar ArcGIS.

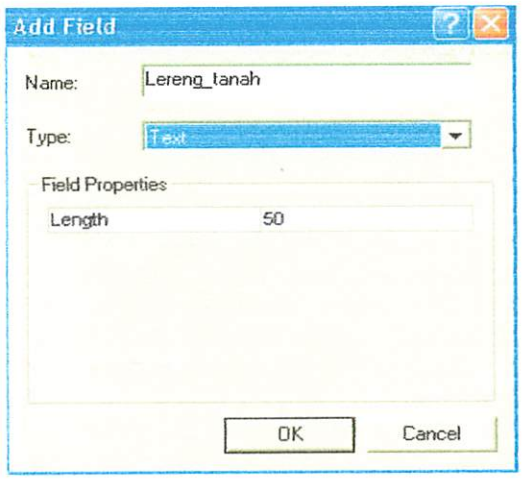


5. Setelah muncul data peta, definisikan proyeksi dan datum peta dengan pilih tool ***Layers*** dan klik kanan sehingga akan menu baru dan pilh ***Properties.***
6. Sehingga akan muncul kotak dialog ***Date Frame Properties***, pilih buton ***Coordinate System*** dan pada kolom ***Select a coordinate system*** pilih ***Predefined – Projected Coordinate System – UTM – WGS 1984 – WGS 1984 UTM Zone 49S*** dan klik ***OK.***



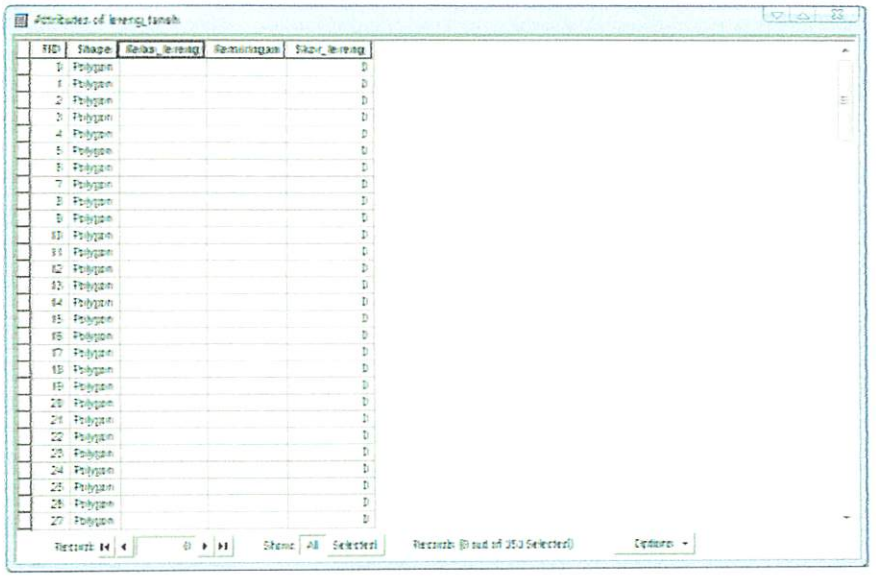
Gambar 3.32. Tampilan Peta di ArcMap

7. Dilanjutkan dengan editing pada database yaitu dengan pilih **lereng_tanah** dan klik kanan sehingga akan menu baru dan pilih ***Open Attribute Table***
8. Pada kotak dialog ***Open Attribute Table*** pilih *buton* ***Option – Add Field*** dan tentukan nama kolom, type, dan lebarnya.



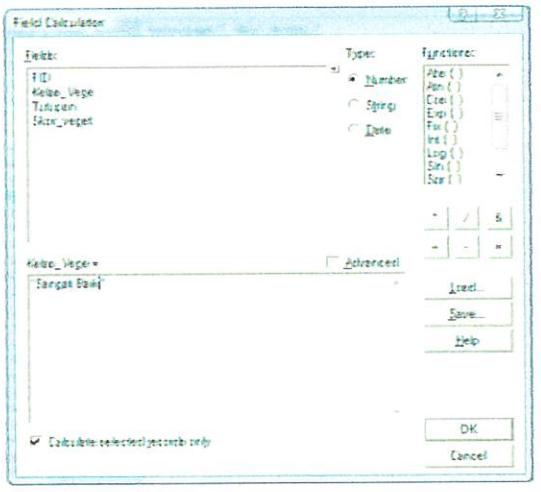
Gambar 3.33. Kotak Dialog Add Field

9. Sehingga akan muncul kotak dialog **Attributes of lereng_tanah** yang masih kosong.



Gambar 3.34. Kotak Dialog Attributes of Lereng_Tanah Yang Kosong

10. Isi **Attributes of lereng_tanah** yang masih kosong tersebut dengan memilih salah satu baris yang kosong yang otomatis akan terhubung dengan data spatial yang terbuka, dengan referensi peta lereng hasil scan awal isikan kelas lereng, kemiringan, dan skornya. Gunakanan kotak dialog ***Field Calculator*** untuk mengisikannya.



Gambar 3.35. Kotak Dialog *Field Calculator*

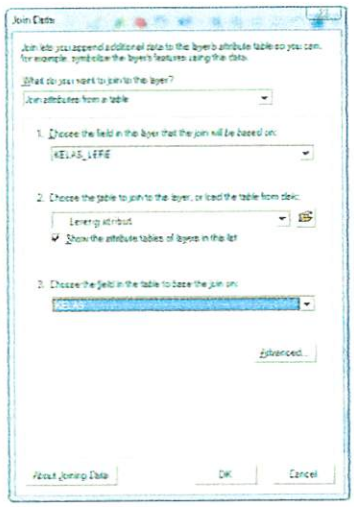
11. Sehingga semua baris terisi dengan data atribut yang sesuai dengan data spasialnya.

3.6.10. Join Item/Penggabungan Data Atribut Di Arcgis

1. Sebelumnya di program excel susun data non spatial klasifikasi lereng dan skoringnya seperti contoh tabel di bawah ini.

Kelas	Kemiringan Lereng	Skoring x Bobot (20%)
Datar	< 8	100
Landai	8 – 15	80
Agak Curam	16 – 25	60
Curam	26 – 45	40
Sangat Curam	>45	20

2. Kemudian pilih menu **file – Save**, dan pada kotak dialog **Save** pada **Save as Type** pilih **dbf 3 (dbase III),** dan tutup file tersebut.
3. Buka kembali program arcgis, tampilkan file lereng yang data atributnya telah terisi data pada kolom kelas_lereng.
4. Kemudian klik kanan pada layer Lereng pilih menu **Join and Relate – Join** sehingga akan muncul kotak dialog **Join Data** .
5. Pada kotak dialog **Join Data** isikan kolom yang menjadi dasar penggabungan pada layer Lereng, pilih tabel yang akan dijoin yaitu Lereng_atribut, dan tentukan kolom yang menjadi dasar penggabungan lainnya yaitu kelas



Gambar 3.36. Kotak Dialog Join Data

6. Pada buton **Advanced** pilih metode join yaitu **keep only matching record,** dimana ke dua data atribut akan menggabung hanya pada dasar kolom yang sama, tekan Ok.
7. Untuk mengechek hasilnya klik kanan layer lereng dan pilih menu **Open Atribut Table,** maka akan terlihat akan terdapat kolom tambahan
8. Untuk menjadikan hasil join tersebut menjadi permanent maka layer lareng harus diexport dengan menu klik kanan pada layer lereng, pilih **Data – Export** Data simpan menjadi layer lereng atribut.
9. Buka layer lereng atribut, dan tampilkan kembali data atributnya, hapus kolom yang tidak diperlukan dengan memilih kolom tersebut dan klik kanan pilih **delete field,** sehingga akan didapat hasil akhir seperti di bawah ini

Attributes of peta kemiringan

FID	Shape *	KELAS LERE	KEMIRINGAN	SKOR LEREN
0	Polygon	Datar	< 8	100
1	Polygon	Agak Curam	16 - 25	60
2	Polygon	Datar	< 8	100
3	Polygon	Curam	26 - 45	40
4	Polygon	Datar	< 8	100
5	Polygon	Landai	8 - 15	80
6	Polygon	Sangat Curam	> 45	20

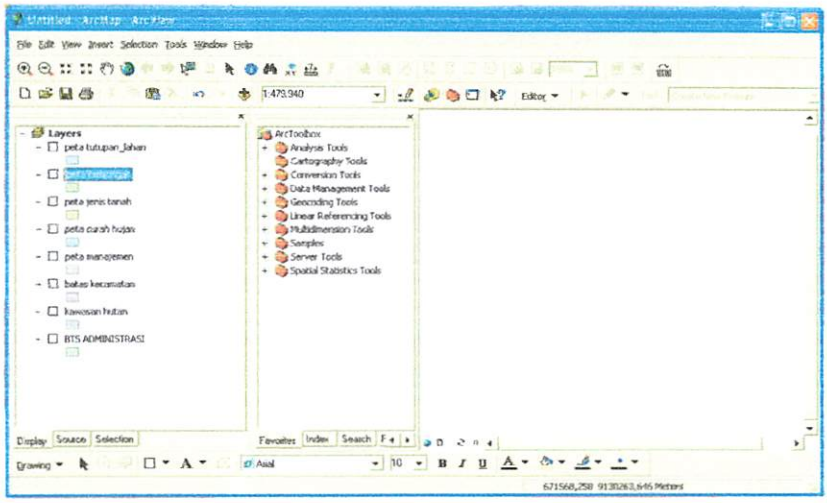
Gambar 3.37. Data Atribut Kemiringan Lereng

10. Demikian pula tahapan tersebut dilakukan pada Peta Tutupan Lahan, Peta, Peta Jenis Tanah, Peta Curah Hujan, dan Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen).

3.6.11. Analisa dan Overlay Data

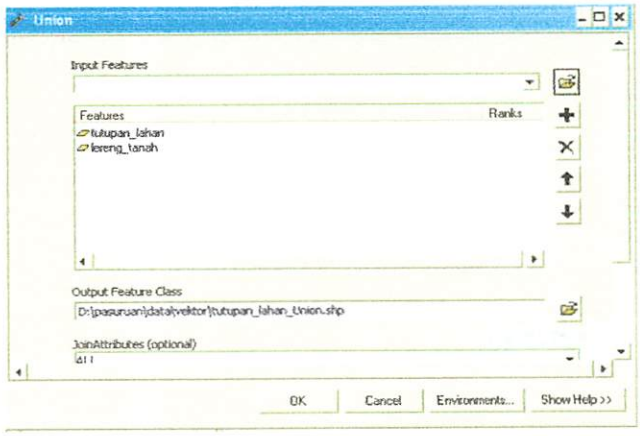
Analisa dan overlay, yaitu penggabungan dua atau lebih data spasial (*coverage*) menjadi satu data spasial yang baru sesuai dengan kriteria yang ditetapkan. Metode overlay yang di gunakan adalah metode union. Adapun tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Tampilkan semua layer peta yang akan dianalisa yaitu Peta Tutupan Lahan, Peta Kemiringan Lereng, Peta Jenis Tanah, Peta Curah Hujan, dan Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen), hal ini bisa dilakukan dengan meng-*klik* tanda "+" di sebelah atas kiri layar *ArcGIS*
2. Pilih tool *Arctoolbox* untuk mengaktifkan perintah-perintah yang ada di *arcgis*



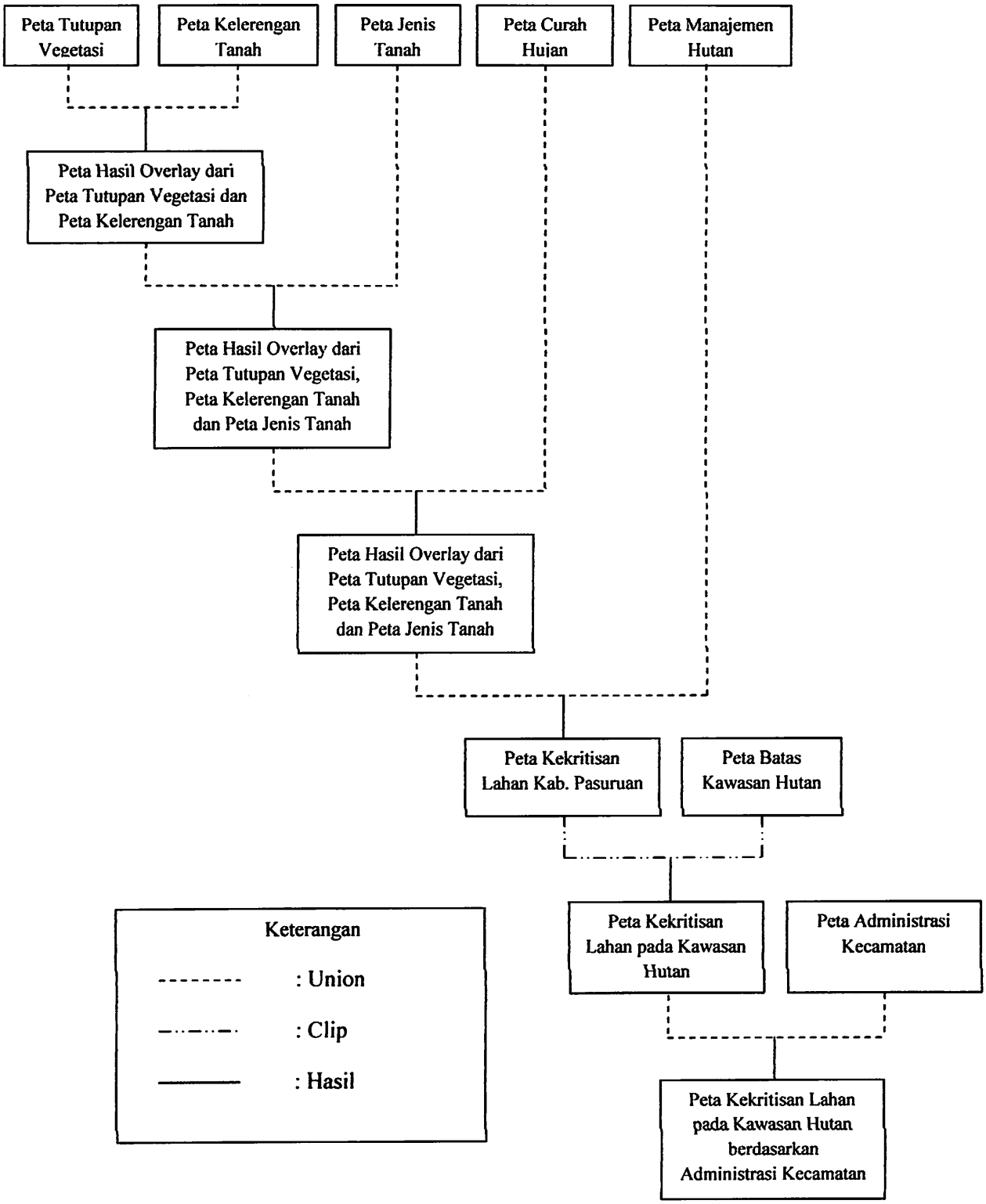
Gambar 3.38. Kotak *Arctoolbox*

3. Pada Arctoolbox pilih ***Analysis Tool – Overlay – Union*** , maka akan muncul kotak dialog ***Union.*** Masukan features yaitu peta tutupan lahan dan peta kelerengan tanah yang akan di union dan lokasi penyimpanan file hasil union



Gambar 3.39. Kotak Dialog *Union*

4. Klik **OK**, maka hasil overlay akan di tampilkan pada jendela kerja Arcmap
5. Lakukan langkan-langkah overlay di atas untuk semua data spasial sesuai dengan diagram alir Analisa Overlay berikut:



Gambar 3.40. Diagram alir analisa Overlay

Keterangan Diagram Alir Analisa Overlay

Pada proses overlay ini menggunakan proses Union. Adapun penjelasannya sebagai berikut :

a. Peta Tutupan Lahan dioverlaykan dengan peta Kelerengan Tanah, menghasilkan coverage baru.
b. Peta hasil overlay dari peta tutupan lahan dengan peta kelerengan tanah dioverlaykan dengan peta jenis tanah menghasilkan coverage baru.
c. Peta hasil overlay dari peta tutupan lahan, peta kelerengan tanah dan peta jenis tanah dioverlaykan lagi dengan peta curah hujan menghasilkan coverage baru.
d. Coverage baru hasil overlay dari peta tutupan lahan, peta kelerengan tanah, peta jenis tanah dan peta curah hujan dioverlaykan dengan peta manajeman hutan menghasilkan Peta Kekritisan Lahan Kabupaten Pasuruan.
e. Untuk mengetahui tingkat kekritisan lahan di kawasan hutan berada di wilayah administrasi kecamatan apa, maka peta tingkat kekritisan lahan kawasan hutan tersebut dioverlaykan dengan peta administrasi kecamatan di Kabupaten Pasuruan.

6. Tampilkan data hasil union dan buka data atributnya, buat field baru untuk menjumlah skor semua peta dengan memilih buton ***Option – Add Field*** dan tentukan nama kolom, type, dan lebarnya.

7. Pada kolom Total_Skor jumlah semua nilai skor pembobotan pada peta dengan menggunakan kotak dialog ***Field Calculator***

Gambar 3.41. Kotak Dialog *Field Calculator*

8. Maka pada *Attributes of Hasil_Union* akan muncul jumlah skor pada kolom Total_Skor

Attributes of PETA KEKRITISAN LAHAN PASURUAN

FID	Shape *	FID_pasuru	KELAS_SKOR	TNGKT_KRIT	AREA	FID_batas	KECAMATAN	Kabupaten	area_1
0	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	8	LUMBANG	Pasuruan	122781905,252
1	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	11	PASREPAN	Pasuruan	83420218,0381
2	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	13	PRIGEN	Pasuruan	131547868,123
3	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	14	PURWODADI	Pasuruan	90989057,7217
4	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	15	PURWOSARI	Pasuruan	74587604,552
5	Polygon	0	120 - 180	Sangat Kritis	1650826,411	16	PUSPO	Pasuruan	71895478,2008
6	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	0	BANGIL	Pasuruan	43189277,8546
7	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	4	GRATI	Pasuruan	46732416,7618
8	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	6	KRATON	Pasuruan	56234686,221
9	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	7	LEKOK	Pasuruan	47680642,1444
10	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	8	LUMBANG	Pasuruan	122781905,252
11	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	9	NGULING	Pasuruan	45337622,7459
12	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	11	PASREPAN	Pasuruan	83420218,0381
13	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	12	POHJENTREK	Pasuruan	12564424,0274
14	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	13	PRIGEN	Pasuruan	131547868,123
15	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	14	PURWODADI	Pasuruan	90989057,7217
16	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	15	PURWOSARI	Pasuruan	74587604,552
17	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	16	PUSPO	Pasuruan	71895478,2008
18	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	18	REMBANG	Pasuruan	57169228,438
19	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	20	TOSARI	Pasuruan	81610500,3268
20	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	21	TUTUR	Pasuruan	90314993,0596
21	Polygon	1	181 - 270	Kritis	184745304,42	22	WINONGAN	Pasuruan	42923436,8413
22	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	0	BANGIL	Pasuruan	43189277,8546
23	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	1	BEJI	Pasuruan	39142658,0074
24	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	2	GEMPOL	Pasuruan	60488434,0941
25	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	3	GONDANG WETA	Pasuruan	26992697,7304
26	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	4	GRATI	Pasuruan	46732416,7618
27	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	5	KAJAYAN	Pasuruan	79958788,3823
28	Polygon	2	271 - 360	Agak Kritis	843189367,859	6	KRATON	Pasuruan	56234686,221

Record: 1 Show: All Selected Records (0 out of 91 Selected) Options

Gambar 3.42. Kotak *Attributes of Hasil_Union*

9. Untuk kemudian buat *field* baru lagi untuk mengkelaskan **Tingkat Kekritisan** dan kelaskan tingkat kekritisan berdasarkan kelas dan keterangan yang ada.
10. Kemudian untuk menghitung luas dari kelas kekeritisan, pada ***Arctoolbox*** pilih menu ***Spatial Statictic Tools – Utilities – Calculate Areas*** sehingga akan muncul kotak dialog ***Calculate Areas,*** isikan input dan output features class nya dan akan muncul data atribut luas .

Attributes of Sum_Output

OID	TNGKT_KRIT	Count_TNGKT_KRIT	Sum_area_1
0	Agak Kritis	34	2278808544,4682
1	Kritis	19	1315923849,2607
2	Potensial Kritis	30	2049319631,4885
3	Sangat Kritis	6	575222131,8876
4	Tidak Kritis	2	221862861,1826

Record: 1 Show: All Selected Records

Gambar 3.43. Kotak Atribut Luas Kelas Kekritisan Lahan

Untuk mendapatkan tingkat kekritisan lahan pada kawasan hutan dilakukan pemotongan dengan menggunakan perintah "***Clip***" . Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Pilih tool ***Arctoolbox - Analysis Tools – Extract – Clip***, lalu akan muncul kotak dialog *Clip*.

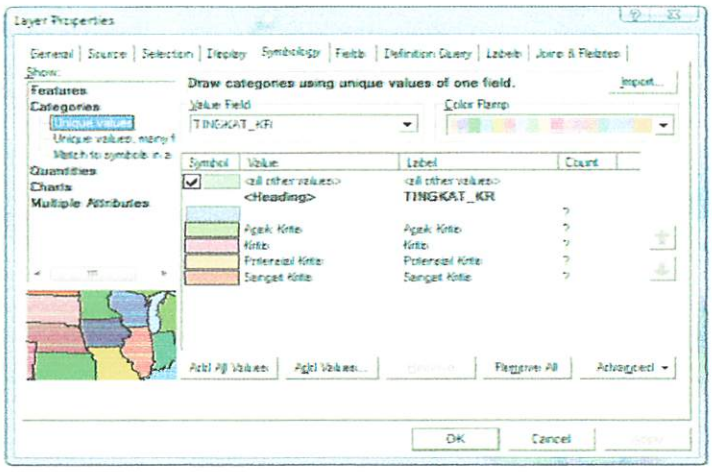
Gambar 3.44. Kotak Dialog Perintah *Clip*.

2. Pada ***Input Features*** masukan Peta Kekritisan Lahan Kabupaten Pasuruan yang akan dipotong, kemudian pada ***Clip Features*** masukan peta kawasan hutan sebagai pemotong, lalu pada ***Output Features Class*** masukan tempat penyimpanan dan nama *file*-nya.
3. Klik "OK" untuk mendapatkan hasilnya.

3.6.12. Pembuatan Layout Peta

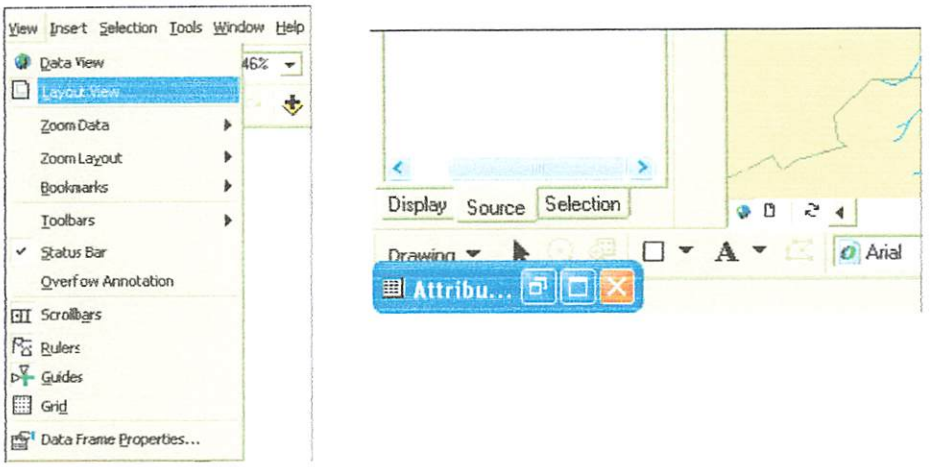
Untuk menampilkan hasil perlu dibuat layout peta terlebih dahulu, untuk kemudian dapat dicetak menjadi hardcopy. Adapun langkah – langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Tampilkan file **hasil_analisa_akhir**.
2. Klik kanan pada hasil_analisa_akhir > ***Properties*** > ***Symbology***. Atau klik dua kali pada file yang dipilih, pilih ***Categories*** > ***Unique Values,*** pilih Tingkat_kritis pada kolom ***Value Field***. Klik ***Add All Values.***



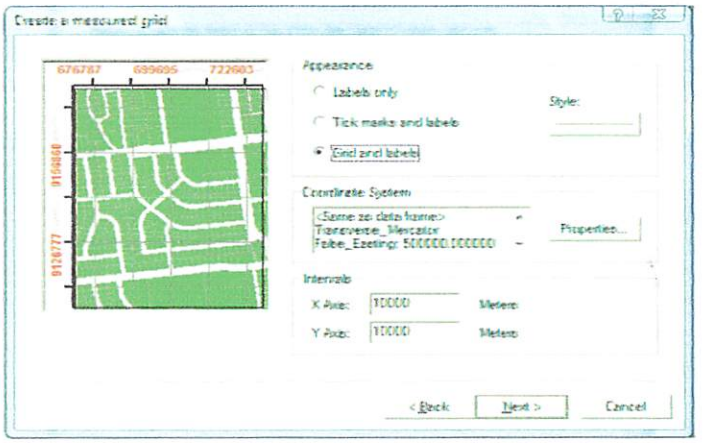
Gambar 3.45. *Layer Properties*

3. Pindahkan ke *Layout View* dengan klik ***View*** > ***Layout View***. Atau klik ikon di bagian bawah halaman data.



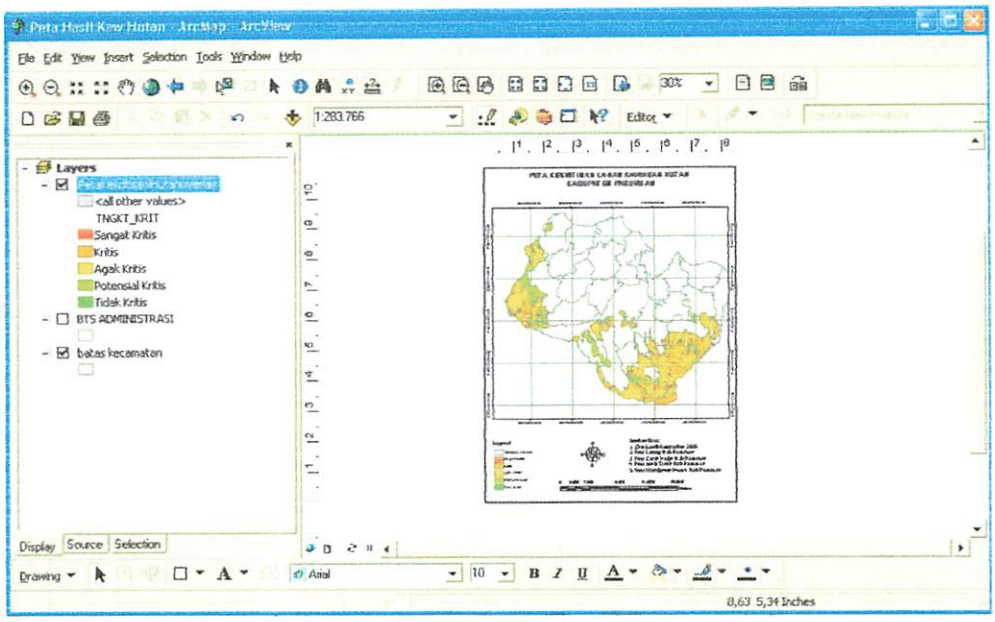
Gambar 3.46. Perintah *Layout View*

4. Atur ukuran dan orientasi kertas pada menu ***View*** > ***Page and Print Setup***. Kemudian akan muncul kotak dialog ***Page and Print Setup***.
5. Kemudian atur grid peta dengan klik kanan pada frame peta dan pilih properties sehingga akan muncul kotak dialog ***Data Frame Properties*** , dan pilih buton ***Grids – New Grids*** kemudian ikuti perintah menyesuaikan dengan bentuk grid yang diinginkan



Gambar 3.46. Kotak Dialog *Create a Measured Grid*

6. Tambahkan **arah utara, skala, judul, legenda** dengan perintah yang ada pada menu ***Insert***, sehingga akan muncul tampilan seperti berikut.



Gambar 3.46. Peta Kritisan Lahan Kawasan Hutan Kabupaten Pasuruan

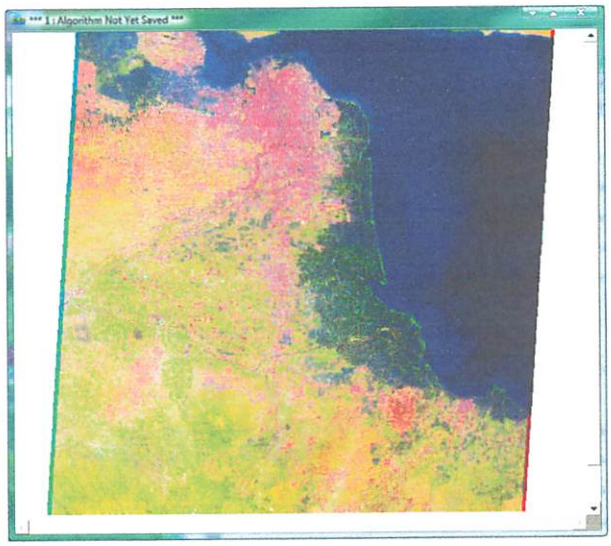
7. Untuk mencetak peta pilih menu ***File*** > ***Print,*** kotak ***Print*** akan muncul. *Setup* cetak dapat disesuaikan dengan meng-klik ***Setup*** > ***OK***.

BAB IV
PEMBAHASAN HASIL PENELITIAN

Data hasil analisa visual dari data citra aster dan data spasial yang berupa Peta Topografi, Peta Administrasi diolah dengan menggunakan Software ER Mapper versi 7.0 dan Arcgis 9.2.

4.1.Analisa Pengolahan Citra Komposit

Dalam penginderaan jauh dikenal citra komposit yang merupakan perpaduan dari beberapa saluran atau band yang ada pada citra. Penyusunan citra komposit dimaksudkan untuk memperoleh gambar visual yang lebih baik seperti halnya foto udara inframerah berwarna, sehingga pengamatan objek, pemilihan sampel dan aspek estetika citra dapat diperbaiki. Dalam teori warna ada tiga warna dasar, yaitu : merah, hijau, biru. Berikut ini tampilan *False Color Composit* citra tahun perekaman 2006 dengan kombinasi band 4, band 3, band 2. Band-band tersebut merupakan kombinasi yang terbaik untuk tujuan mendeteksi vegetasi.



Gambar 4.1. Citra Aster dengan Kombinasi 432

4.2.Analisa Koreksi Geometrik

Untuk menghilangkan adanya kesalahan geometrik yang disebabkan oleh pergerakan orbit satelit dan pengaruh topografi dari obyek yang direkam, maka citra perlu untuk dilakukan koreksi geometrik. Data citra Aster harus dikoreksi geometrik terhadap sistem koordinat bumi, agar semua informasi data citra telah sesuai

keberadaanya dibumi. Dalam hal ini menentukan obyek pada sistem koordinat bumi pada Peta Rupa Bumi Indonesia skala 1:25.000 yang posisinya sama dengan obyek pada citra. Hal ini disebut dengan "***Rektifikasi***" yaitu proses koreksi geometrik antara citra belum terkoreksi dengan peta (*Image to Map*).

Pada penelitian ini, untuk citra pasuruan 1 ditentukan 29 titik sekutu yang masih dapat diterima dalam batas toleransi (< 2 piksel).

Tabel 4.1. Data Hasil Koreksi Geometrik Citra Pasuruan 1

Map Projecti			SUTM49		
Datum			WGS84		
Point	Cell-X	Cell-Y	Easting	Northing	RMS
"1"	2964.804	3121.073	696796.9	9159684	0.81
"2"	2647.217	4054.416	690028.3	9146553	0.60
"3"	3064.268	3852.844	696654.9	9148604	0.50
"4"	3396.444	3616.493	702112.2	9151367	0.29
"5"	3568.011	4044.569	703713.8	9144638	0.44
"6"	4306.093	3751.281	715307.7	9147344	0.40
"7"	4024.926	3996.225	710591.7	9144340	0.17
"8"	4283.228	3412.251	715711.3	9152430	0.43
"9"	3852.046	4154.173	707671.8	9142379	0.32
"10"	3044.688	3423.681	697326.9	9155015	0.28
"11"	2083.704	3623.105	682635.3	9154197	0.29
"12"	2248.784	3347.083	685691.3	9157915	0.60
"13"	2832.719	3602.62	693787.3	9152835	0.31
"14"	1832.879	4054.843	677955	9148355	0.10
"15"	2423.429	3702.713	687498.8	9152260	0.44
"16"	2301.308	4153.979	684676.3	9145840	0.35
"17"	3226.234	4129.906	698451.5	9144137	0.16
"18"	3073.457	4188.858	696053.5	9143597	0.25
"19"	2733.123	3384.203	692791.4	9156294	0.08
"20"	2195.491	2887.923	685921.5	9164853	0.27
"21"	4311.215	4176.267	714432.6	9141031	0.23
"22"	4070.817	3740.194	711837.2	9148034	0.03
"23"	2684.519	3104.406	692690.2	9160549	0.21
"24"	2446.838	2951.138	689501	9163358	0.29
"25"	2409.615	3081.1	688662.7	9161515	0.35
"26"	2472.572	3537.56	688585.8	9154599	0.12
"27"	3777.638	3662.657	707664.5	9149833	0.33
"28"	3269.244	3128.435	701307.5	9158890	0.20

"29"	3628.851	3243.467	706384.3	9156387	0.04

Average RMS error	: 0.307 meter
Total RMS error	: 8.906 meter
Total (X-Xrata-rata)^2	: 0.769396 meter

Perhitungan standart deviasi untuk data citra pasuruan1 hasil koreksi geometrik adalah sebagai berikut :

- Jumlah titik sekutu adalah 29, dengan toleransi < 2 piksel, maka dari data koreksi geometrik tersebut dapat dihitung standart deviasi dan besarnya kesalahan sebagai berikut :
- Jumlah nilai RMS error : 8.906 meter
- Jumlah titik sekutu : 29 titik
- Rata-rata :

$$Xrata - rata = \frac{\sum RMS \quad error}{Jumlah \quad data}$$

$$Xrata - rata = \frac{8.906}{29} = 0.307 \text{ meter}$$

- Jumlah Total (X – Xrata-rata)^2 : 0.769396 meter
- Maka besarnya standart deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrata - rata)^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{0.769396}{29-1}} = \sqrt{\frac{0.769396}{28}} = 0.176994 \text{ pixel}$$

Jadi besarnya nilai kesalahan (RMS Error) untuk koreksi geometrik adalah 0.176994 piksel. Maka besarnya nilai kesalahan untuk koreksi geometrik tersebut adalah : 0.176994 * 30 = 5.309818 meter.

Tabel 4.2. Data Hasil Koreksi Geometrik Citra Pasuruan 2

Map Projecti SUTM49
Datum WGS84

Point	Cell-X	Cell-Y	Easting	Northing	RMS
"1"	971.541	511.085	677214.4	9141115	0.73
"2"	999.723	200.998	678317.4	9145638	0.33
"3"	2791.694	470.977	704241.2	9137650	0.23
"4"	3060.255	837.561	707406.1	9131610	0.31
"5"	3594.655	1411.182	714047.5	9121908	0.44
"6"	1992.352	394.736	692574.3	9140552	0.57
"7"	1803.451	144.572	690324.8	9144697	0.86
"8"	1292.078	62.588	682961.8	9147045	0.73
"9"	1748.962	57.604	689730.7	9146101	0.60
"10"	2375.686	29.344	699053	9145130	0.34
"11"	2185.266	454.144	695316.1	9139252	0.96
"12"	3424.201	800.93	712871.2	9131355	0.58
"13"	3339.867	55.516	713267.8	9142587	0.54
"14"	2899.634	42.656	706783.2	9143759	0.41
"15"	1622.442	647.891	686539.8	9137623	0.50
"16"	1667.136	410.637	687738.5	9141055	0.68
"17"	2315.665	537.831	697044.9	9137723	0.42
"18"	2056.83	836.434	692550	9133866	0.58
"19"	3957.169	169.738	722134.4	9139525	0.90
"20"	3066.921	1368.468	706329.1	9123721	0.08
"21"	3204.724	513.925	710255.7	9136093	0.10
"22"	3910.872	432.575	720889	9135732	0.48
"23"	3644.938	1024.503	715632.8	9127546	0.74
"24"	2573.14	836.228	700195.2	9132716	0.15
"25"	2463.168	1187.336	697794.8	9127738	0.91
"26"	1261.627	139.164	682332.1	9145977	0.07
"27"	1567.748	102.167	686942.5	9145853	0.49
"28"	1383.668	448.43	683453.6	9141108	0.60
"29"	949.235	26.066	677954.7	9148347	0.38

Average RMS error	:	0.507
Total RMS error	:	14.71
Total $(X\text{-}Xrata\text{-}rata)^2$	:	1.743181

Perhitungan standart deviasi untuk data citra pasuruan2 hasil koreksi geometrik adalah sebagai berikut :

- Jumlah titik sekutu adalah 29, dengan toleransi < 2 piksel, maka dari data koreksi geometrik tersebut dapat dihitung standart deviasi dan besarnya kesalahan sebagai berikut :
- Jumlah nilai RMS error : 14.71
- Jumlah titik sekutu : 29
- Rata-rata :

$$Xrata - rata = \frac{\sum RMS \quad error}{Jumlah \quad data}$$

$$Xrata - rata = \frac{14.71}{29} = 0.507$$

- Jumlah $(X - Xrata\text{-}rata)^2$: 1.743181
- Maka besarnya standart deviasi :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(X - Xrata - rata)^2}{n-1}}$$

$$SD = \sqrt{\frac{1.743181}{29-1}} = \sqrt{\frac{1.743181}{28}} = 0.249512$$

Jadi besarnya nilai kesalahan (RMS Error) untuk koreksi geometrik adalah 0.249512 piksel. Maka besarnya nilai kesalahan untuk koreksi geometrik tersebut adalah : 0.249512 * 30 = 7.485374 meter.

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

1. **Faktor Manusia**

   Kesalahan yang ditimbulkan oleh manusia dalam melaksanakan koreksi geometrik dapat berupa kesalahan dalam pengidentifikasian obyek yang dijadikan sebagai patokan dalam pembuatan Titik Sekutu, selain itu juga pada saat penentuan titik sekutu yang kurang tepat sehingga akan menghasilkan nilai RMS (*Root Mean Square*) yang besar. Dalam hal ini pekerjaan interpretasi peta dan citra betul-betul harus diperhatikan, karena sangat berhubungan dalam penentuan titik sekutu.

2. **Metode yang Digunakan**

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

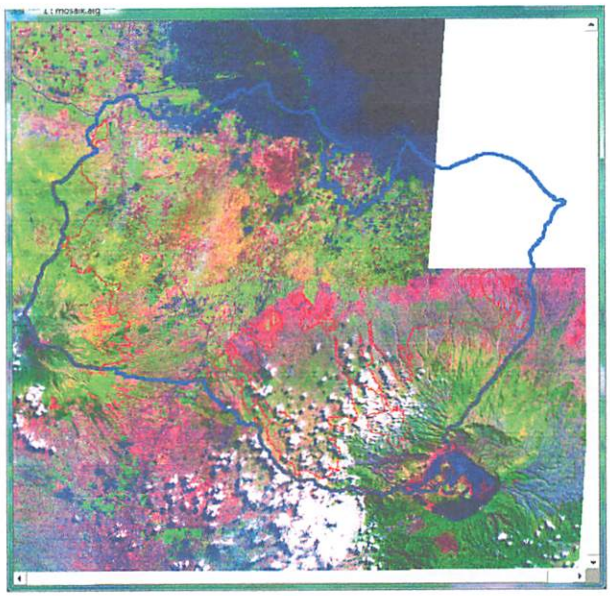
3. **Distribusi Titik Sekutu yang Kurang Baik**

   Penentuan **Titik Sekutu** diusahakan merata pada seluruh daerah citra Aster, sehingga kesalahan geometrik dapat terkoreksi keseluruhan serta seimbang.

   Dari hasil ketelitian (Standart Deviasi) dari RMS pada pelaksanaan koreksi geometrik citra Aster, besarnya kesalahan tersebut masih dapat diterima karena pada

penelitian ini diberikan batasan toleransi dari besarnya nilai kesalahan adalah < 2 piksel (untuk Landsat ETM yang besar resolusi spasialnya adalah 30 meter).

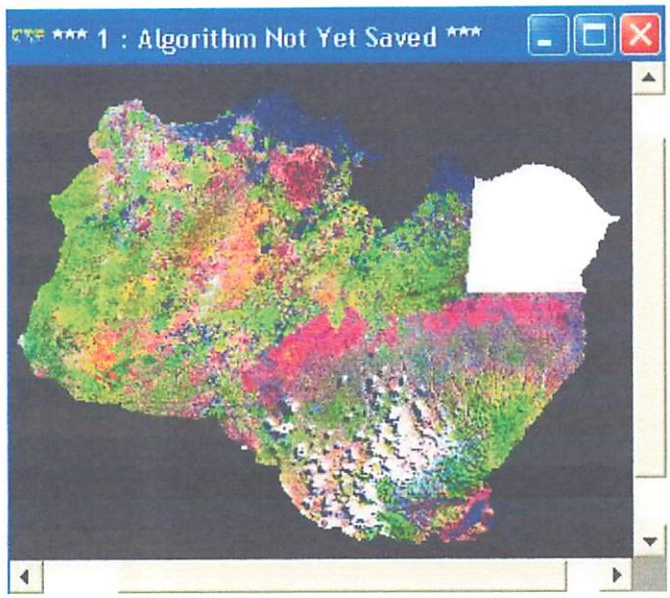
Setelah penyamaan sistem koordinat pada citra dan peta, maka dengan menggunakan langkah-langkah overlay secara otomatis peta akan overlay pada citra sesuai posisi koordinat pada citra dan peta. Hasil overlay dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.2. Tampilan Hasil Overlay Citra-Peta

4.3.Analisa Croping Citra Aster

Daerah yang tercakup dalam scene citra umumnya mencakup wilayah yang cukup luas, kadang-kadang tidak semua data yang tercakup dalam scene tersebut dibutuhkan. Seperti scene aster yang mencakup daerah dari Surabaya sampai Pasuruan, dimana hanya dibutuhkan informasi kerapatan vegetasi wilayah hutan di kabupaten Pasuruan saja, maka sebaiknya dilakukan pemotongan scene tersebut sesuai dengan daerah penelitian. Hal ini untuk memperkecil besar file yang digunakan serta mempercepat proses-proses dalam ER Mapper bila dibandingkan dengan mengolah data dua scene penuh. Pengcropingan image dapat dilakukan sebelum atau setelah koreksi geometrik. Namun pada penelitian ini croping image dilakukan setelah koreksi geometrik, seperti tampak pada gambar berikut :

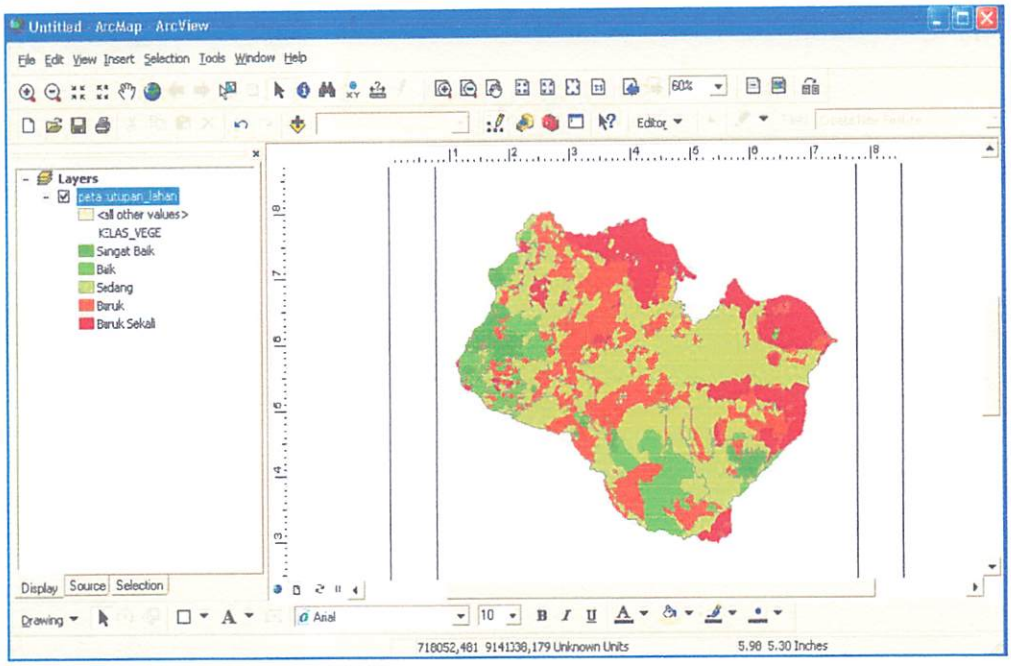


Gambar 4.3. Citra Aster Hasil Cropping

4.4. Analisa Klasifikasi Tutupan Vegetasi

Dari citra aster hasil croping tersebut kemudian dilakukan proses klasifikasi dengan metode klasifikasi ***supervised*** (terbimbing). Pada proses ini dibuat dulu training area dengan menggambarkan poligon-poligon pada area sesuai dengan karakteristik-karakteristik spektral yang diinginkan . Klasifikasi *supervised* kemudian akan mencari semua pixel dengan karakteristik-karakteristik spektral yang sama, sesuai dengan yang telah didefinisikan.

Untuk kemudian hasil klasifikasi tersebut disimpan dalam bentuk geotiff, sehingga dapat dibaca di *AutoCad* untuk kemudian didigit menjadi peta tutupan vegetasi yang merupakan salah satu parameter penentu kekritisan lahan di kawasan hutan.



Gambar 4.4. Tampilan Citra Hasil Klasifikasi Tutupan Vegetasi yang telah didigit

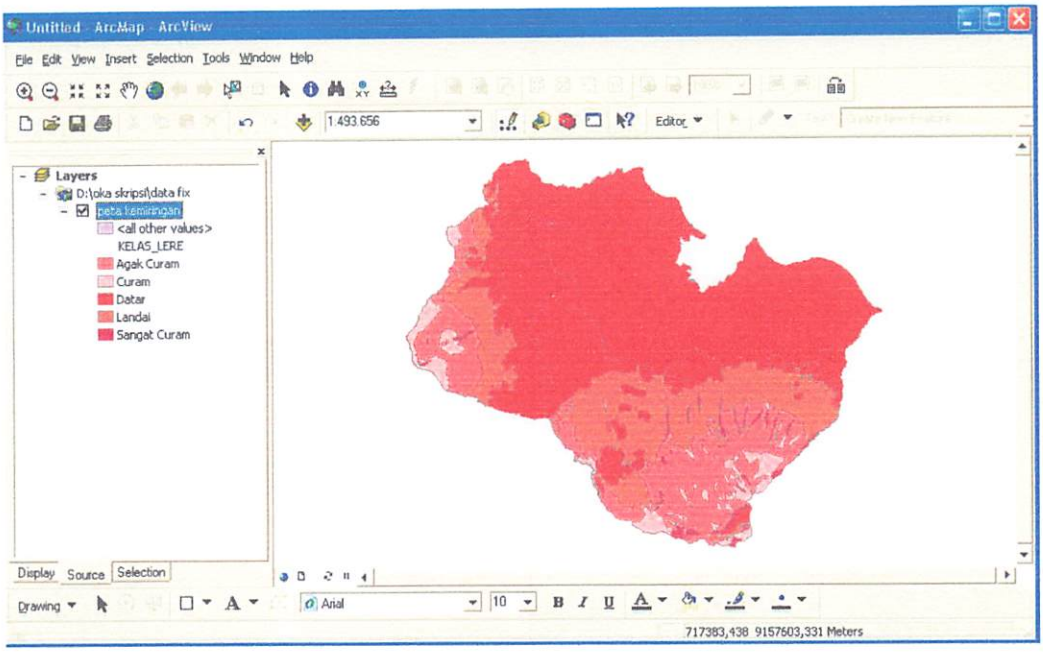
Adapun analisa luasan dari tutupan vegetasi hasil klasifikasi adalah sebagai berikut:

No	Kelas Vegetasi	Luas (m^2)
1	Sangat Baik	59.476.031,0443
2	Baik	141.243.559,9443
3	Sedang	684.204.301,4974
4	Buruk	364.510.274,4917
5	Buruk Sekali	238.550.557,5482

Dari tabel diatas terlihat bahwa kelas vegetasi **Sedang** merupakan yang terbesar dengan luas mencakup 684.204.301,4974 m^2. Sedangkan yang paling kecil adalah kelas vegetasi **Sangat Baik** dengan luas mencakup 59.476.031,0443 m^2.

4.5. Data Kelerengan Tanah

Kelerengan Tanah adalah perbandingan antara beda tinggi (jarak vertikal) suatu lahan dengan jarak mendatarnya. Besar kelerengan tanah dapat dinyatakan dengan beberapa satuan, diantaranya adalah dengan prosen (%) dan derajat (°). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada peta kelerengan tanah dan tabelnya di bawah ini.



Gambar 4.5. Peta Kelerengan Tanah

Adapun analisa luasan kelereng tanah di kawasan hutan adalah sebagai berikut:

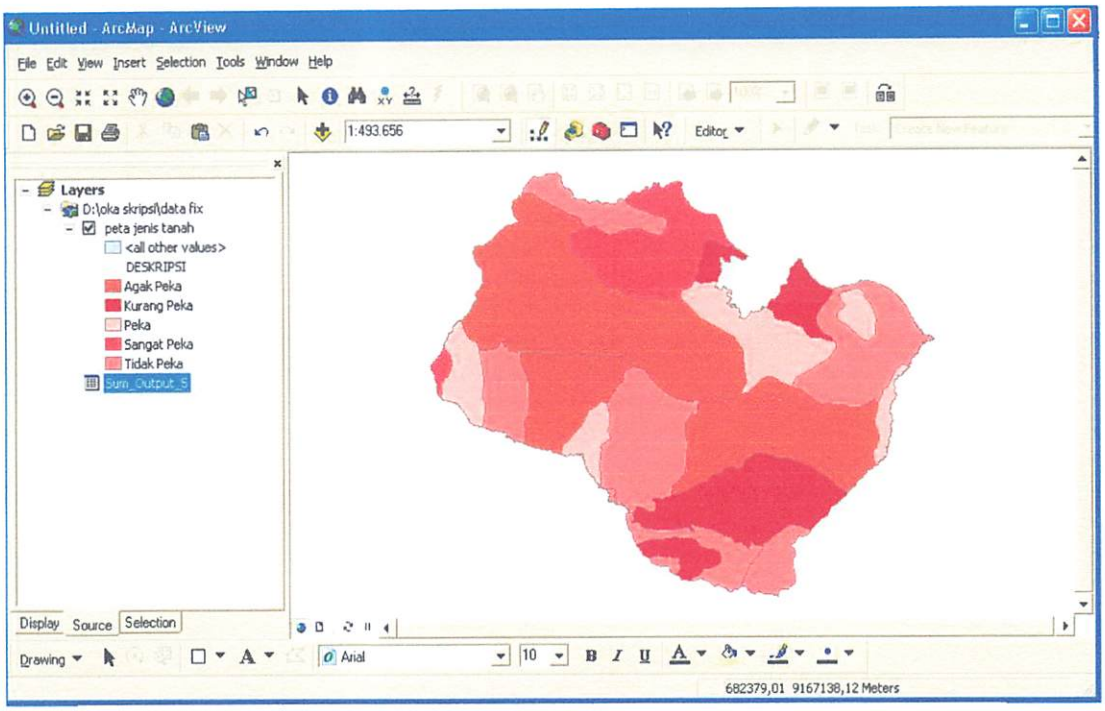
No	Kelas	Derajat Kelerengan Tanah	Luas (m^2)
1	Datar	<8	874.961.496,659
2	Landai	8 - 15	306.502.560,095
3	Agak Curam	16 - 25	217.548.676,576
4	Curam	26 - 45	69092284,4049
5	Sangat Curam	>45	18.062.064,5346

Kabupaten Pasuruan didominasi oleh kelerengan tanah antara $<8^0$ dengan luas mencakup 874.961.496,659 m², sedangkan yang paling sedikit kelerengan tanah yaitu diatas 45° yaitu meliputi luas 15.929.831.771 m².

4.6. Data Indeks Erodibilitas Tanah

Erodibilitas Tanah adalah tingkat kepekaan jenis tanah terhadap bahaya erosi, dalam hal ini dikelaskan menjadi 5 kelas. Kabupaten Pasuruan didominasi oleh kelas tanah IV- Peka (Andosol,Laterik,Grumusol,Podsol,Podsolik) dengan luas 596.517.022,7907 m², dan kelas tanah I – Sangat Peka (Aluvial,tanah glei, planosol, hidromorf kelabu, laterik air tanah.) seluas 127.104.984,175 m2 merupakan luasan terkecil.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta Indeks Erodibilitas Tanah dan tabelnya di bawah ini.



Gambar 4.6. Peta Indeks Erodibilitas Tanah

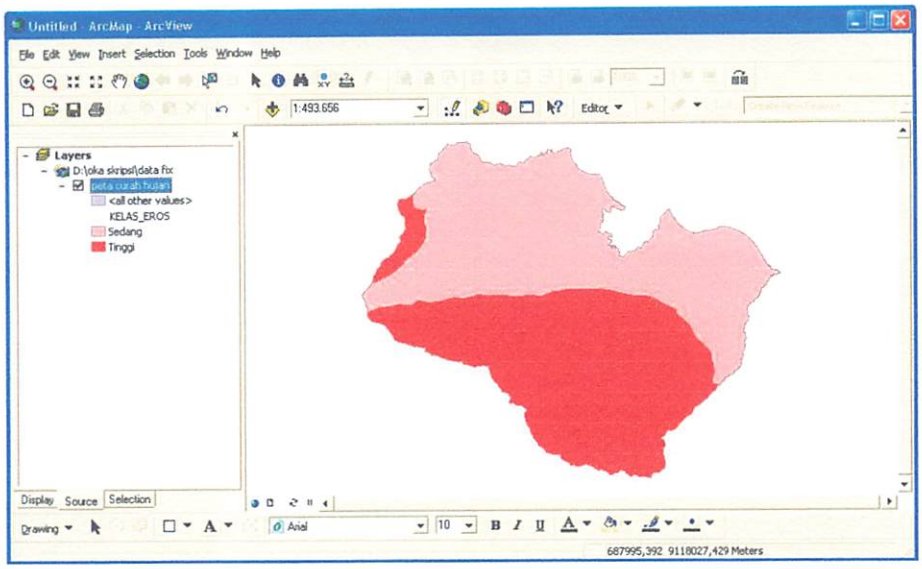
Adapun analisa luasan dari indeks erodibilitas tanah adalah sebagai berikut

No	Kelas Tanah	Sifat Tanah	Luas (m^2)
1	I	Tidak Peka	127.104.984,175
2	II	Agak Peka	174.264.141,5533
3	III	Kurang Peka	202.547.442,2587
4	IV	Peka	596517022,7907
5	V	Sangat Peka	385.732.792,2726

4.7. Data Indeks Erosivitas Hujan

Indeks erosivitas hujan adalah daya erosi hujan pada suatu tempat dengan satuan Mega joule cm/ha/jam/tahun. Untuk di kawasan hutan di Kabupaten Pasuruan hanya terdapat 2 kelas kategori Erosivitas Hujan, yaitu sebagian besar Indeks Erosivitas Hujan adalah anatara 4000- 5000 seluas 762.954.681,49 m^2 dan sebagian kecil Indeks Erosivitas Hujan nya adalah antara 1500-4000 seluas 692.506.368,371 m^2.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta Indeks Erosivitas Hujan dan tabelnya di bawah ini.



Gambar 4.7. Peta Indeks Erosifitas Hujan

Adapun analisa luasan dari indeks erisifitas hujan adalah sebagai berikut

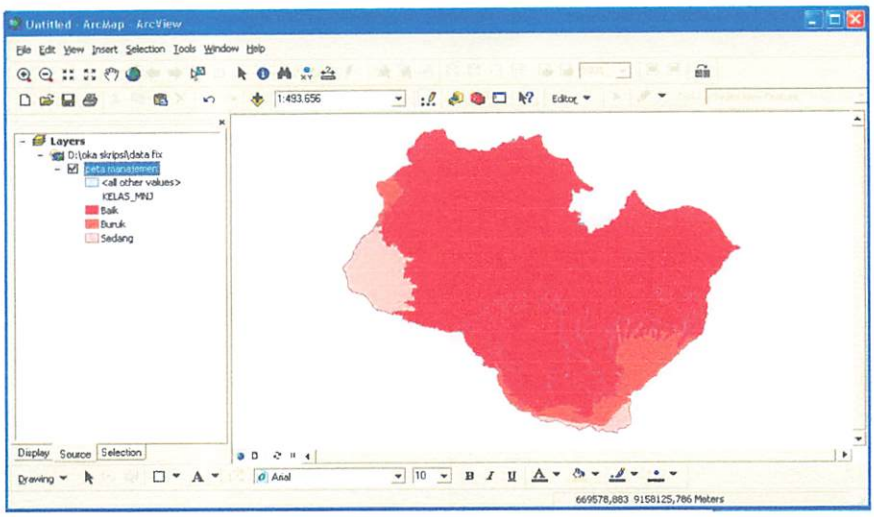
No	Kelas	Indeks Erosivitas	Luas (m^2)
1	Sedang	1500 - 4000	762.954.681,490
2	Tinggi	4000 - 5000	692.506.368,371

4.8. Data Kondisi Pengelolaan (Manajemen)

Manajemen merupakan salah satu kriteria yang dipergunakan untuk menilai kekritisan lahan di kawasan hutan lindung , yang dinilai berdasarkan kelengkapan aspek pengelolaan yang meliputi keberadaan tata batas kawasan, pengamanan dan pengawasan serta dilaksanakan atau tidaknya penyuluhan.

Untuk Kawasan Hutan di daerah Kabupaten Pasuruan didominasi oleh manajemen pengelolaan yang lengkap yaitu seluas 154.676.238.082 m^2 dan untuk manajemen pengelolaan yang tidak lengkap memiliki luas terkecil yaitu 101296064.943 m^2.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta Manajemen Pengelolaan Hutan dan tabelnya di bawah ini



Gambar 4.8. Peta Manajemen Pengelolaan Hutan

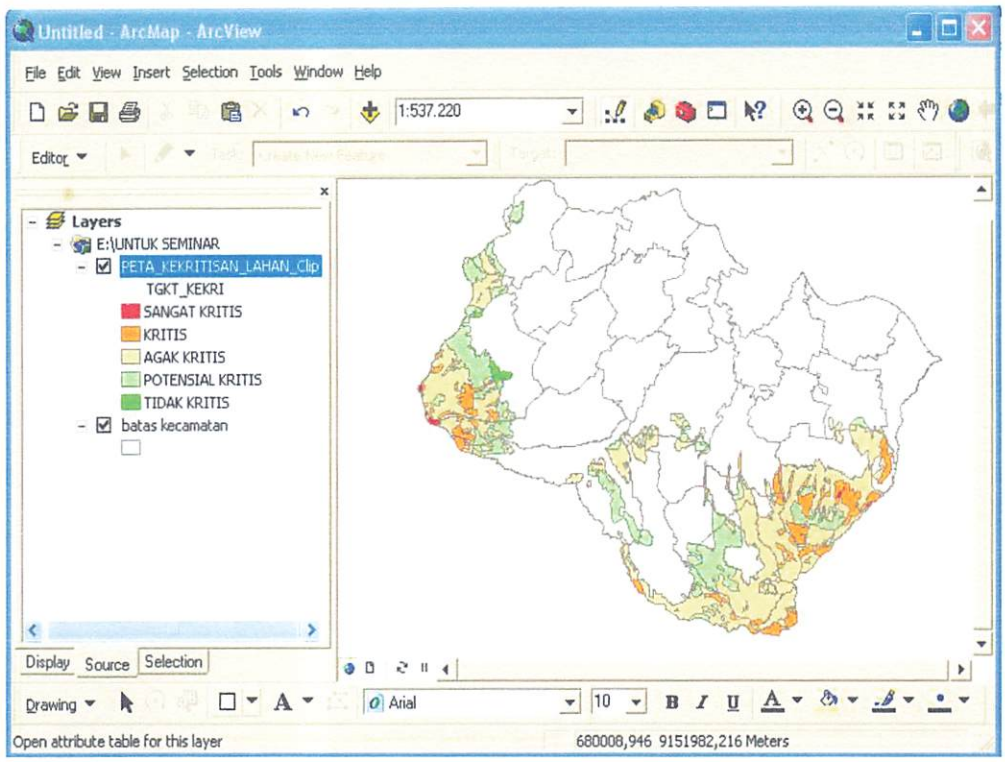
No	Kelas	Deskripsi	Luas (m^2)
1	Baik	Lengkap	154.676.238,082
2	Sedang	Tidak Lengkap	108.964.047,914
3	Buruk	Tidak Ada	101.296.064,943

4.9. Peta Tingkat Kekritisan Pada Kawasan Hutan di Kabupaten Pasuruan

Dari proses overlay parameter kondisi tutupan vegetasi, kemiringan lereng, indeks erodibilitas tanah, indeks erosivitas hujan, kondisi pengelolaan (Manajemen) maka diperoleh data Peta Tingkat Kekritisan di Kabupaten Pasuruan.

Untuk mendapatkan Peta Tingkat Kekritisan Lahan pada Kawasan Hutan maka Peta Tingkat Kekritisan Lahan Kabupaten Pasuruan dipotong dengan peta batas kawasan hutan Kabupaten Pasuruan.

Untuk kawasan hutan di Kabupaten Pasuruan kelas **Agak Kritis** mempunyai area yang paling luas yaitu 212.726.527,6984 m^2 dan kelas **Sangat Kritis** menjadi kelas yang paling kecil luasnya yaitu 1.650.798,7466 m^2



Gambar 4.9. Peta Lahan Kritis pada Kawasan Hutan di Kabupaten Pasuruan

Adapun analisa luasan tingkat kekritisan lahan di kawasan hutan adalah seperti pada tabel berikut :

No	Tingkat Kekritisan	Total Skor	Total Luas (m^2)
1	Sangat Kritis	100 – 180	1.650.798,7466
2	Kritis	181 – 260	47.689.958,9834
3	Agak Kritis	261 – 340	212.726.527,6984
4	Potensial Kritis	341 – 420	101.041.629,9885
5	Tidak Kritis	421 - 500	2.881.237,97

Untuk mengetahui tingkat kekritisan di kawasan hutan berada di wilayah administrasi kecamatan apa, maka data tingkat kekritisan di kawasan hutan tersebut juga dioverlaykan terhadap administrasi kecamatan di Kabupaten Pasuruan. Sehingga di dapat pembagian tingkat kekritisan berdasar administrasi kecamatan seperti tabel di bawah ini :

- Tingkat Kekritisan **Sangat Kritis** di Administrasi Kecamatan.

  Tingkat kekritisan Sangat Kritis terdapat di 5 Kecamatan dengan luas masing-masing adalah seperti pada tabel berikut :

No	Kecamatan	Tingkat Kekritisan	Luas (m^2)
1	Lumbang	Sangat Kritis	498.024,0131
2	Pasrepan	Sangat Kritis	69.613,6368
3	Prigen	Sangat Kritis	879.888,1738
4	Purwosari	Sangat Kritis	102.398,0191
5	Puspo	Sangat Kritis	100.874,9039

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa daerah yang paling luas tingkat kekritisan **Sangat Kritis** terletak di **Kecamatan Prigen** dengan luas 879.888,1738 m^2. Dan daerah yang paling sedikit tingkat kekritisan **Sangat Kritis** terletak di **Kecamatan Pasrepan** dengan luas 69.613,6368 m^2.

- Tingkat Kekritisan **Kritis** di Administrasi Kecamatan.

  Tingkat kekritisan **Kritis** di Kabupaten Pasuruan terdapat di 9 Kecamatan dengan luas masing-masing adalah seperti pada tabel berikut :

No	Kecamatan	Tingkat Kekritisan	Luas (m^2)
1	Lumbang	Kritis	21.544.474,1131
2	Nguling	Kritis	100.260,0462
3	Pasrepan	Kritis	1.865.128,4101
4	Prigen	Kritis	8.359.074,739
5	Purwodadi	Kritis	1.268.469,1318
6	Purwosari	Kritis	2.793.290,0817
7	Puspo	Kritis	3.566.369,7749
8	Tosari	Kritis	4.799.021,9186
9	Tutur	Kritis	3.393.870,768

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa daerah yang paling luas tingkat kekritisan **Kritis** terletak pada **Kecamatan Lumbang** dengan luas 21.544.474,1131 m^2. Dan Daerah yang paling sedikit tingkat kekritisan **Kritis** terletak pada **Kecamatan Nguling** dengan luas 100.260,0462 m^2.

- Tingkat Kekritisan **Agak Kritis** di Administrasi Kecamatan.

  Tingkat kekritisan Agak Kritis terdapat di 13 Kecamatan dengan luas masing-masing adalah seperti pada tabel berikut :

No	Kecamatan	Tingkat Kekritisan	Luas (m^2)
1	Gempol	Agak Kritis	3.276.939,2393
2	Grati	Agak Kritis	1.648.603,7685
3	Kajayan	Agak Kritis	4.020.645,1388
4	Lumbang	Agak Kritis	52.857.502,5425
5	Nguling	Agak Kritis	8.314,7066
6	Pandaan	Agak Kritis	2.129,1383
7	Pasrepan	Agak Kritis	5.351.172,6825
8	Prigen	Agak Kritis	38.089.129,0503
9	Purwodadi	Agak Kritis	11.534.999,6121
10	Purwosari	Agak Kritis	7.782.811,682
11	Puspo	Agak Kritis	21.783.597,0888
12	Tosari	Agak Kritis	42.727.016,3721
13	Tutur	Agak Kritis	23.643.666,6767

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa daerah yang paling luas lahan **Agak Kritis** adalah **Kecamatan Lumbang** dengan luas 52.857.502,5425 m^2. Dan daerah yang paling sedikit lahan **Agak Kritis** adalah **Kecamatan Pandaan** dengan luas 2.129,1383 m^2.

- Tingkat Kekritisan **Potensial Kritis** di Administrasi Kecamatan.

  Tingkat kekritisan Potensial Kritis terdapat di 11 Kecamatan dengan luas lahan Potensial Kritis masing-masing adalah seperti pada tabel berikut :

No	Kecamatan	Tingkat Kekritisan	Luas (m^2)
1	Gempol	Potensial Kritis	5.416.875,5839
2	Grati	Potensial Kritis	971.680,8583
3	Kajayan	Potensial Kritis	3.131.700,5748
4	Lumbang	Potensial Kritis	10.509.221,7191
5	Pasrepan	Potensial Kritis	2.027.557,205
6	Prigen	Potensial Kritis	27.153.826,7543
7	Purwodadi	Potensial Kritis	13.637.461,6861
8	Purwosari	Potensial Kritis	4.740.299,2971
9	Puspo	Potensial Kritis	6.192.174,8741
10	Tosari	Potensial Kritis	19.803.824,995
11	Tutur	Potensial Kritis	7.457.006,4409

Dari tabel diatas dapat dilihat Kecamatan yang paling luas tingkat kekritisan **Potensial Kritis** terletak di **Kecamatan Prigen** dengan luas 27.153.826,7543 m^2. Dan daerah yang paling sedikit tingkat kekritisan **Potensial Kritis** terletak di **Kecamatan Grati** dengan luas mencakup 971.680,8583 m^2.

- Tingkat Kekritisan **Tidak Kritis** di Administrasi Kecamatan

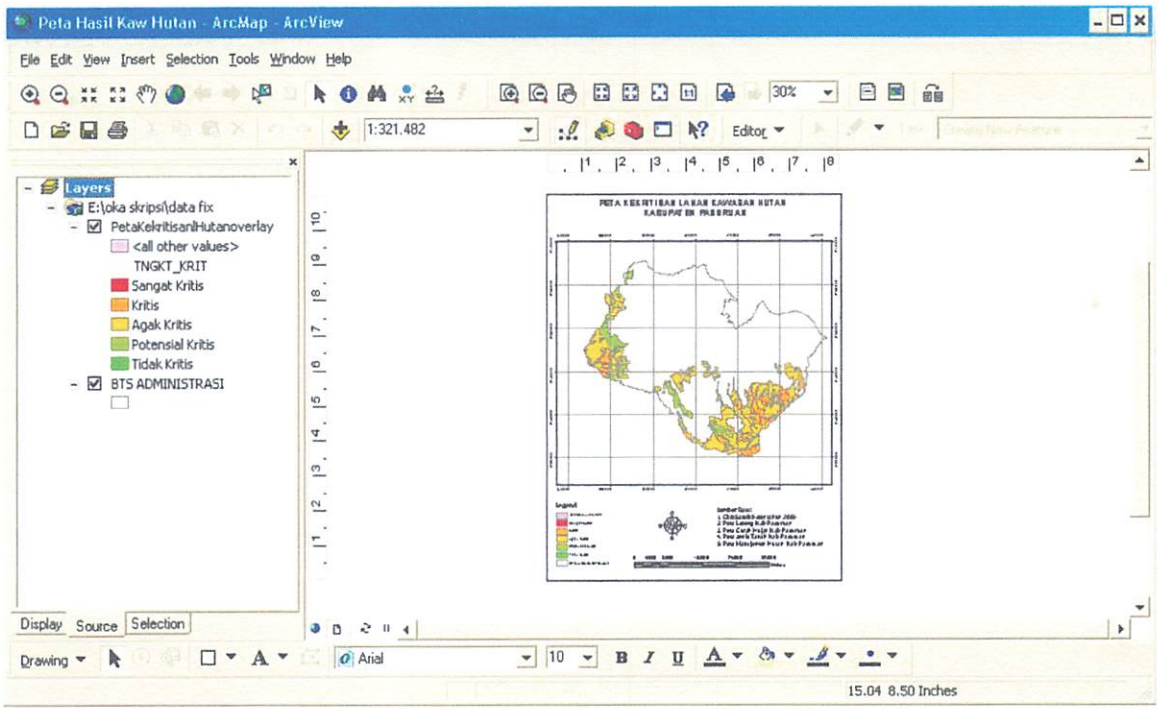
  Tingkat kekritisan **Tidak Kritis** hanya terdapat di 4 Kecamatan dengan luas lahan seperti pada tabel berikut :

No	Kecamatan	Tingkat Kekritisan	Luas (m^2)
1	Gempol	Tidak Kritis	6.218,8971
2	Prigen	Tidak Kritis	2.630.672,5906
3	Purwodadi	Tidak Kritis	242.304,6225
4	Tutur	Tidak Kritis	2.041,8598

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kecamatan yang paling besar tingkat kekritisan **Tidak Kritis** terletak di **Kecamatan Prigen** dengan luas area mencakup 2.630.672,5906 m^2, sedangkan kecamatan yang paling kecil luas area tingkat kekritisan Tidak Kritis adalah **Kecamatan Tutur** yang mencakup 2.041,8598 m^2.

4.10. Data Hasil Anotasi/Komposisi Peta

Dari hasil analisa Tingkat Kekritisan Pada Kawasan Hutan di Kabupaten Pasuruan kemudian dibuat anotasi/komposisi peta sesuai dengan nama kelas, Dalam hal ini ada beberapa anotasi/komposisi peta yang harus ditampilkan antara lain grid, skala bar, blok titel, panah arah utara, logo dan legenda. Dengan komposisi peta tersebut mempermudah dalam mempersentasikan hasil analisa secara proporsional dan mudah dipahami.



Gambar 4.10. Peta Kekritisan Lahan Kawasan Hutan
di Kabupaten Pasuruan

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari penelitian ini dapat disimpulkan beberapa hal, yaitu :

1. Faktor – faktor yang mempengaruhi tingkat kekritisan lahan suatu daerah adalah kondisi tutupan vegetasi, kemiringan lereng, indeks erodibilitas tanah, indeks erosivitas hujan, dan kondisi pengelolaan (manajemen).
2. Pada wilayah administrasi Kabupaten Pasuruan terdapat 5 tingkat kekritisan lahan pada kawasan hutan, yaitu tingkat kekritisan **Sangat Kritis** yang tersebar pada 5 kecamatan dengan luas keseluruhan mencakup 1.650.798,7466 m^2 ,tingkat kekritisan **Kritis** tersebar di 9 kecamatan dengan luas keseluruhan mencakup 47.689.958,9834 m^2, tingkat kekritisan **Agak Kritis** yang tersebar pada 13 kecamatan dengan luas keseluruhan mencakup 212.726.527,6984 m^2 , tingkat kekritisan **Potensial Kritis** yang tersebar pada 11 kecamatan dengan luas keseluruhan mencakup 101.041.629,9885 m^2 dan tingkat kekritisan **Tidak Kritis** terdapat di 4 Kecamatan dengan luas area keseluruhan mencakup 2.881.237,97 m^2.
3. Untuk kawasan hutan Kabupaten Pasuruan tingkat kekritisan terbesar adalah **Agak Kritis** dengan luas area mencakup 212.726.527,6984 m^2 dan tingkat kekritisan terkecil adalah **Sangat Kritis** dengan luas area mencakup 1.650.798,7466 m^2.

5.2. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya menggunakan peta terbaru dengan skala yang lebih detail (skala besar) agar hasil penelitian lebih akurat.
2. Data citra satelit sebaiknya digunakan yang terbaru agar hasil klasifikasi tutupan vegetasi lebih *up to date*.
3. Melakukan aktifitas penghijauan untuk daerah – daerah yang termasuk dalam kategori sangat kritis, kritis dan agak kritis.

DAFTAR PUSTAKA

Bakosurtanal, 1993. *Pedoman Umum dan Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan Neraca Sumberdaya Alam Spasial.* Dok. No. 29/1994. ISSN No: 0126 – 4982.

Departemen Kehutanan, Direktorat Jendral Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan, 1995. *Petunjuk Pelaksanaan Penilaian Tanaman Rehabilitasi Hutan.* Jakarta.

Undang-undang Republik Indonesia Nomor 41 tahun 1999, tentang *Rehabilitasi Hutan dan Lahan.*

Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis tahun 2004 oleh Direktorat Jenderal Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial (RLPS) dan Surat Direktur Jenderal RLPS No. S.296/V-SET/2004 tanggal 5 Oktober 2004.

Data Spasial Lahan Kritis Kabupaten Kepulauan Talaut oleh Balai Pengolahan DAS Tondano tahun 2004

Jaya Wijaya dan Irmadi Nahib, 1998. *Identifikasi Lahan Kritis Menggunakan Data Inderaja dan SIG di Kabupaten Kupang, Nusa Tenggara Timur.*

Atie Puntodewo, Sonya Dewi, dan Jusupta Tarigan, 2003. *Sistem Informasi Geografis untuk Pengelolaan Sumberdaya Alam.*

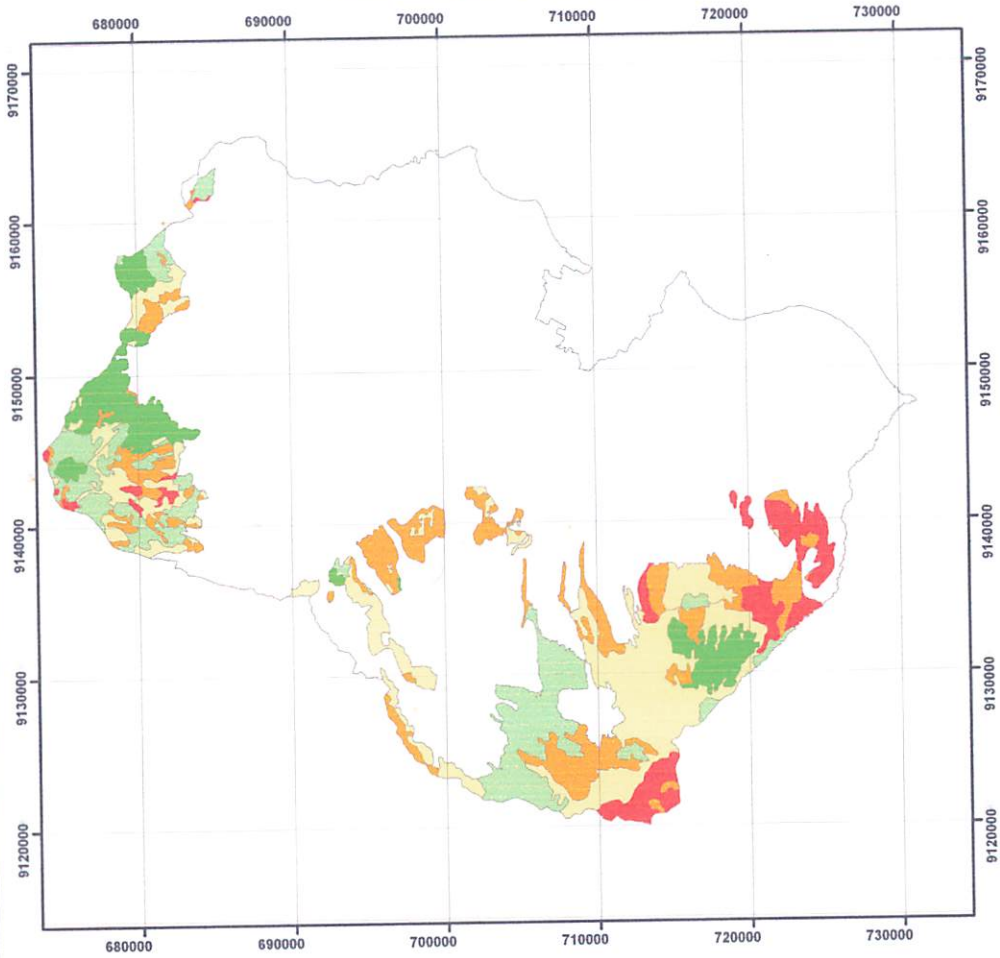
Wahyono, T. 2003. *Sistem Informasi "Konsep Dasar, Desain dan Implementasi".* Graha Ilmu. Yokyakarta.

Perum Perhutani Unit II Jawa Timur, 2005. *Penanggulangan Lahan Kritis di Dalam Kawasan Hutan.*

Suprapto, A. 2008. *Tutorial Untuk Sistem Informasi Geografis.* http://inigis.info/bog/free-arcgis-tutorial-basic/.

LAMPIRAN

PETA TUTUPAN VEGETASI PADA KAWASAN HUTAN KABUPATEN PASURUAN



Legenda

- Buruk Sekali
- Buruk
- Sedang
- Baik
- Sangat Baik

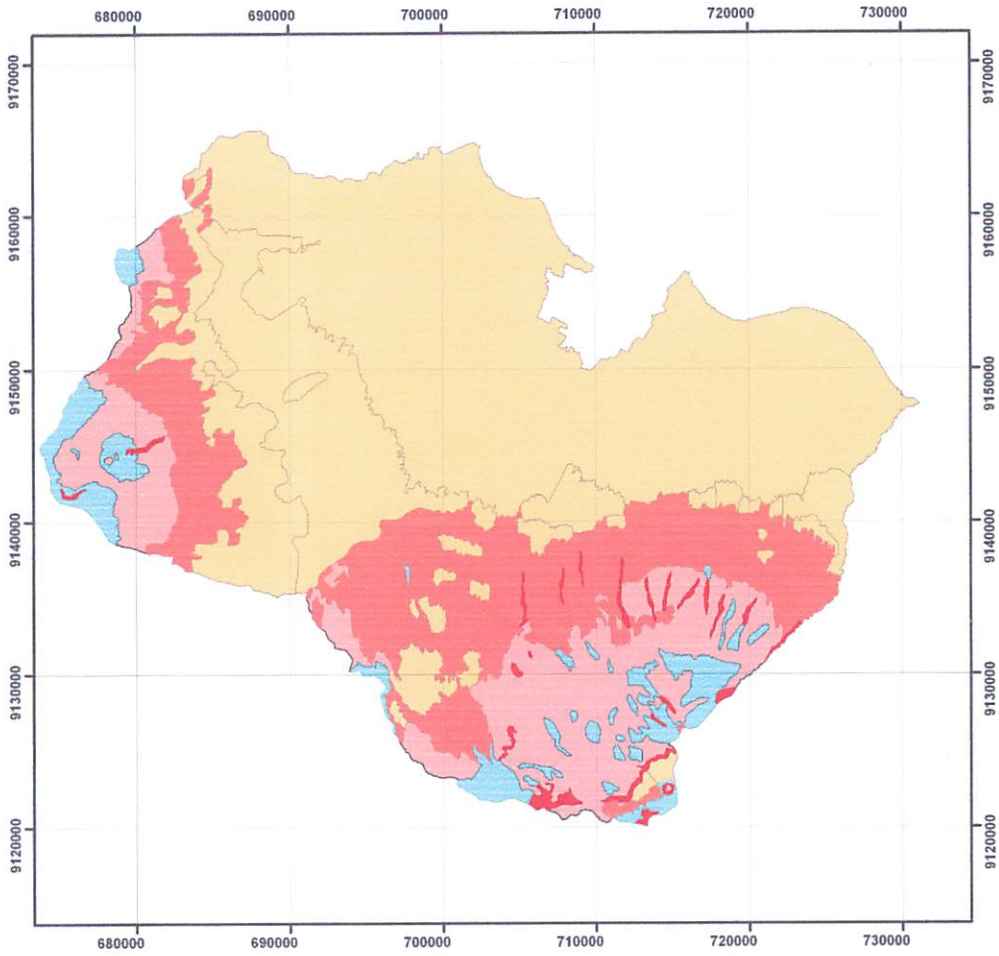
N
W E
S

0 2.6205.240 10.480 15.720 20.960 Meters

Proyeksi : UTM
Sistem Grid : UTM
No Zona : 49 S
Satuan : Meter
Sumber : Citra Aster Tahun 2006

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Malang

PETA KELERENGAN
KABUPATEN PASURUAN



Legenda

- Datar
- Landai
- Agak Curam
- Curam
- Sangat Curam

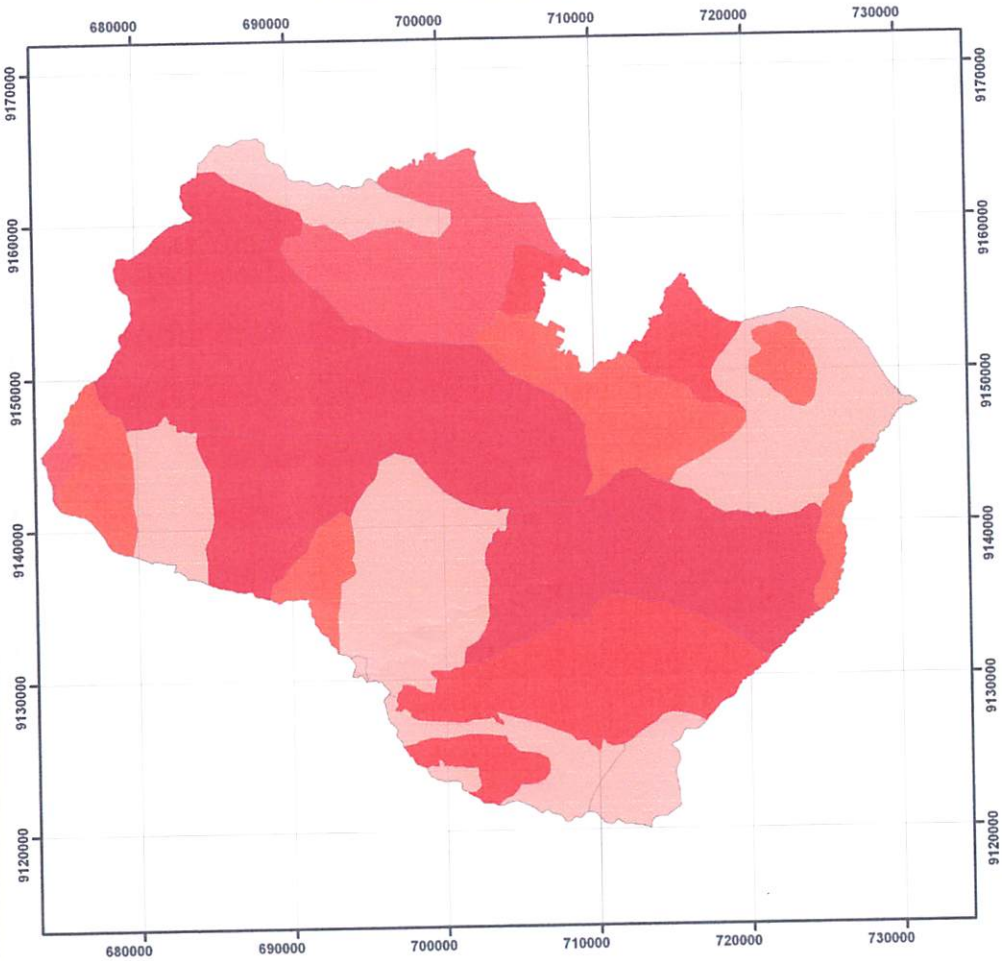
N
W E
S

0 2.7005.400 10.800 16.200 21.600
Meters

Proyeksi : .....UTM
Sistem Grid : .....UTM
No Zona : .....49 S

Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Malang

PETA ERODIBILITAS TANAH
KABUPATEN PASURUAN



Legenda

- Agak Peka
- Kurang Peka
- Peka
- Sangat Peka
- Tidak Peka

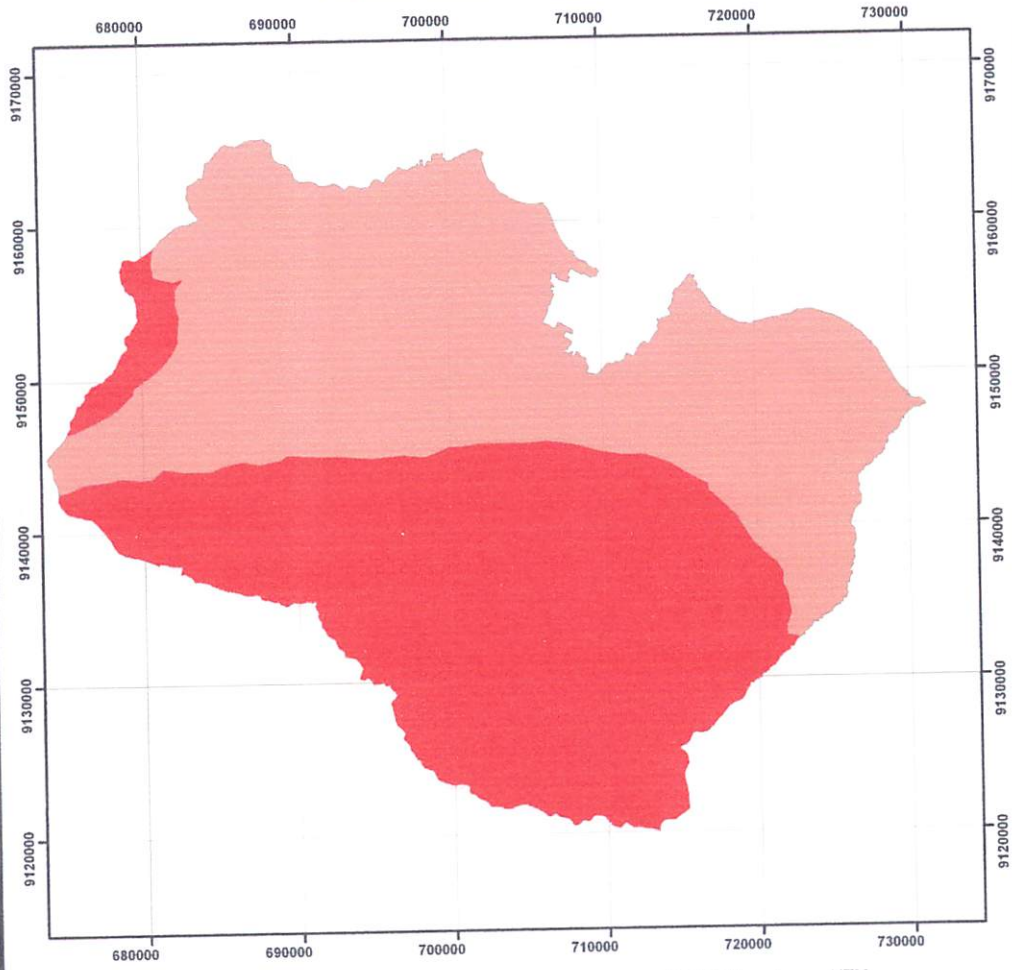
N
W E
S

0 2.590 5.180 10.360 15.540 20.720
Meters

Proyeksi : UTM
Sistem Grid : UTM
No Zona : 49 S
Satuan : Meter
Sumber : Peta jenis Tanah Kab. Pasuruan

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Malang

PETA CURAH HUJAN
KABUPATEN PASURUAN



Legenda

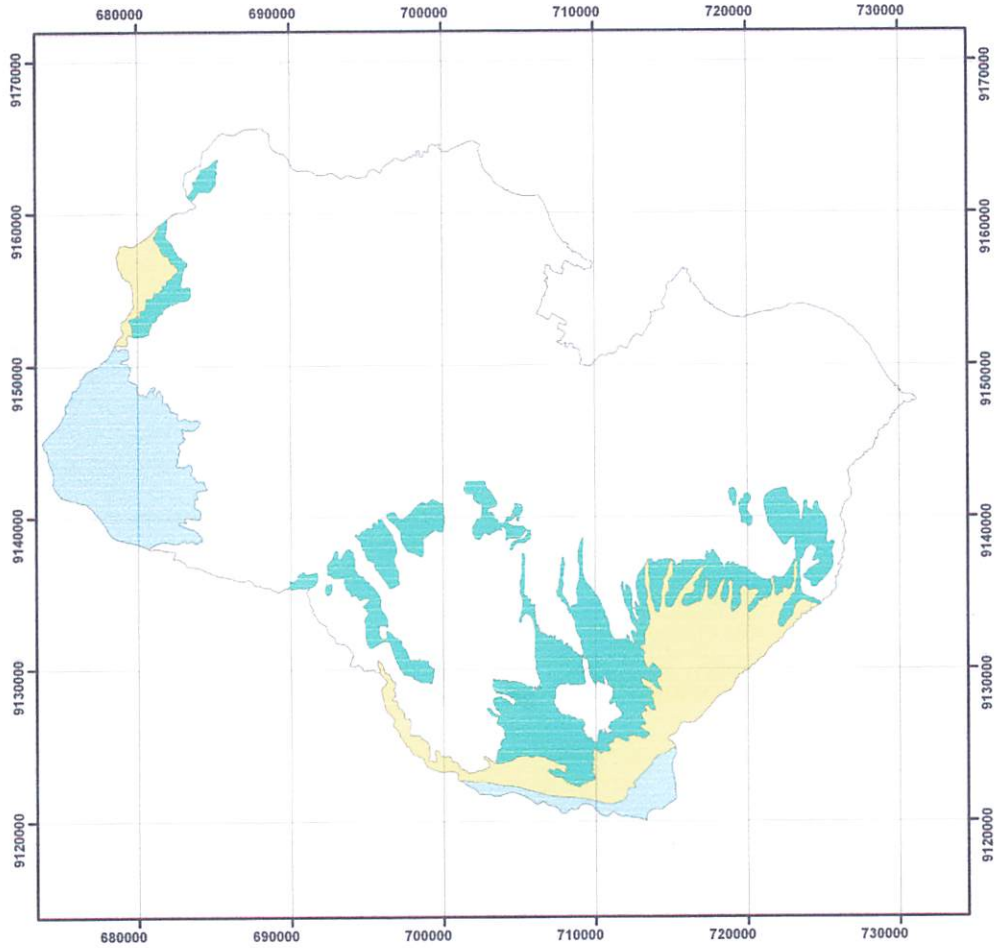
- Sedang
- Tinggi

0 2.7005.400 10.800 16.200 21.600 Meters

Proyeksi : .....UTM
Sistem Grid : .....UTM
No Zona : .....49 S
Sumber Data : .....Peta Curah Hujan Propinsi Jawa Timur

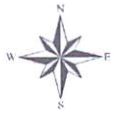
Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Malang

PETA KONDISI PENGELOLAAN (MANAJEMEN) KAWASAN HUTAN KABUPATEN PASURUAN



Legenda

- Baik
- Buruk
- Sedang

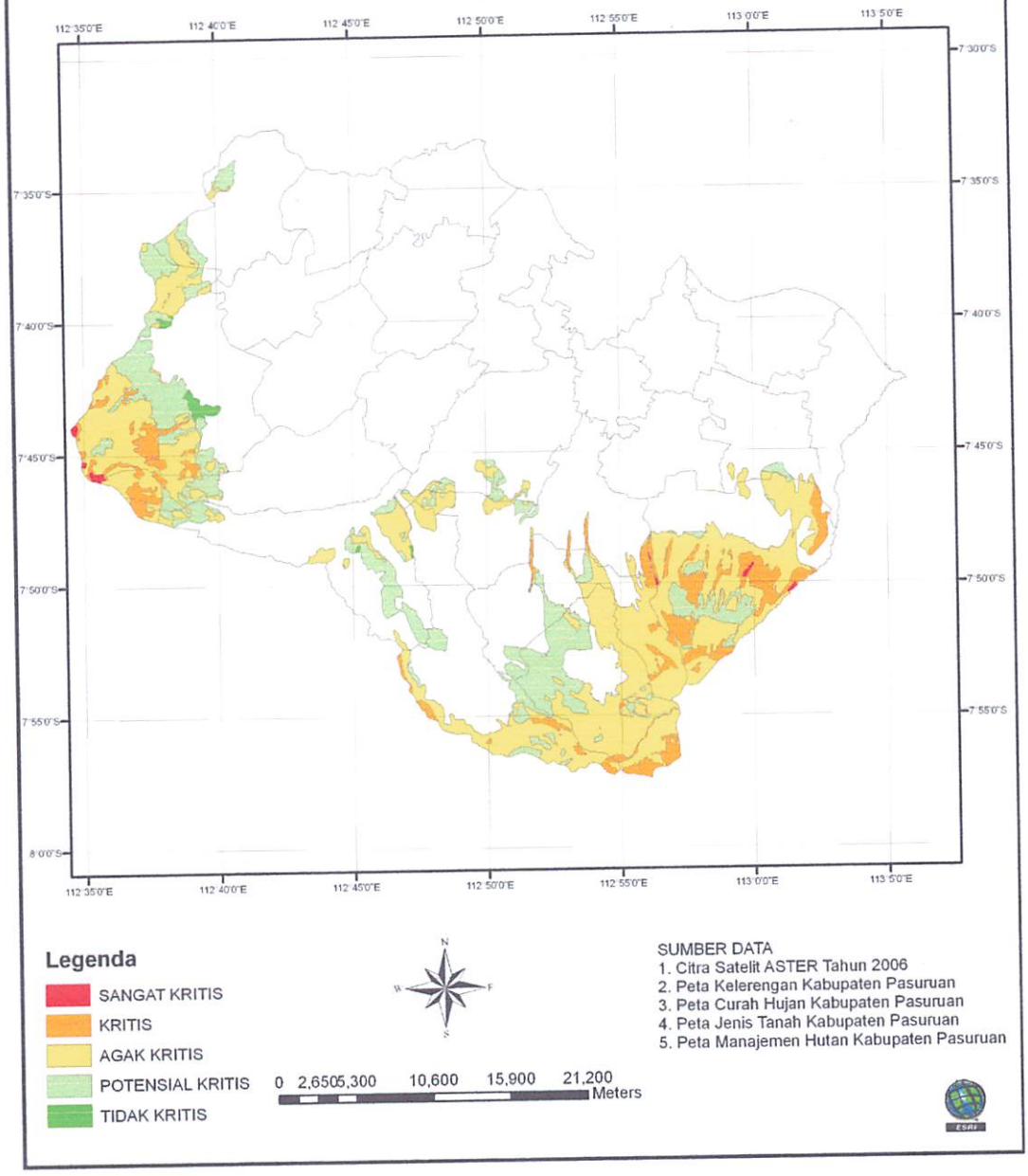


0 2.585 5.170 10.340 15.510 20.680 Meters

Proyeksi : UTM
Sistem Grid : UTM
No Zona : 49 S
Satuan : Meter

Jurusan Teknik Geodesi
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Nasional
Malang

PETA KEKRITISAN LAHAN KAWASAN HUTAN KABUPATEN PASURUAN



Legenda

- SANGAT KRITIS
- KRITIS
- AGAK KRITIS
- POTENSIAL KRITIS
- TIDAK KRITIS

SUMBER DATA

1. Citra Satelit ASTER Tahun 2006
2. Peta Kelerengan Kabupaten Pasuruan
3. Peta Curah Hujan Kabupaten Pasuruan
4. Peta Jenis Tanah Kabupaten Pasuruan
5. Peta Manajemen Hutan Kabupaten Pasuruan

DATA HASIL KOREKSI GEOMETRIK CITRA PASURUAN 1

Map Projecti			SUTM49		
Datum			WGS84		
Point	Cell-X	Cell-Y	Easting	Northing	RMS
"1"	2964.804	3121.073	696796.9	9159684	0.81
"2"	2647.217	4054.416	690028.3	9146553	0.60
"3"	3064.268	3852.844	696654.9	9148604	0.50
"4"	3396.444	3616.493	702112.2	9151367	0.29
"5"	3568.011	4044.569	703713.8	9144638	0.44
"6"	4306.093	3751.281	715307.7	9147344	0.40
"7"	4024.926	3996.225	710591.7	9144340	0.17
"8"	4283.228	3412.251	715711.3	9152430	0.43
"9"	3852.046	4154.173	707671.8	9142379	0.32
"10"	3044.688	3423.681	697326.9	9155015	0.28
"11"	2083.704	3623.105	682635.3	9154197	0.29
"12"	2248.784	3347.083	685691.3	9157915	0.60
"13"	2832.719	3602.62	693787.3	9152835	0.31
"14"	1832.879	4054.843	677955	9148355	0.10
"15"	2423.429	3702.713	687498.8	9152260	0.44
"16"	2301.308	4153.979	684676.3	9145840	0.35
"17"	3226.234	4129.906	698451.5	9144137	0.16
"18"	3073.457	4188.858	696053.5	9143597	0.25
"19"	2733.123	3384.203	692791.4	9156294	0.08
"20"	2195.491	2887.923	685921.5	9164853	0.27
"21"	4311.215	4176.267	714432.6	9141031	0.23
"22"	4070.817	3740.194	711837.2	9148034	0.03
"23"	2684.519	3104.406	692690.2	9160549	0.21
"24"	2446.838	2951.138	689501	9163358	0.29
"25"	2409.615	3081.1	688662.7	9161515	0.35
"26"	2472.572	3537.56	688585.8	9154599	0.12
"27"	3777.638	3662.657	707664.5	9149833	0.33
"28"	3269.244	3128.435	701307.5	9158890	0.20
"29"	3628.851	3243.467	706384.3	9156387	0.04
Average RMS error			: 0.307 meter		
Total RMS error			: 8.906 meter		
Total $(X\text{-}Xrata\text{-}rata)^2$			: 0.769396 meter		

DATA HASIL KOREKSI GEOMETRIK CITRA PASURUAN 2

Map Projecti			SUTM49		
Datum			WGS84		
Point	Cell-X	Cell-Y	Easting	Northing	RMS
"1"	971.541	511.085	677214.4	9141115	0.73
"2"	999.723	200.998	678317.4	9145638	0.33
"3"	2791.694	470.977	704241.2	9137650	0.23
"4"	3060.255	837.561	707406.1	9131610	0.31
"5"	3594.655	1411.182	714047.5	9121908	0.44
"6"	1992.352	394.736	692574.3	9140552	0.57
"7"	1803.451	144.572	690324.8	9144697	0.86
"8"	1292.078	62.588	682961.8	9147045	0.73
"9"	1748.962	57.604	689730.7	9146101	0.60
"10"	2375.686	29.344	699053	9145130	0.34
"11"	2185.266	454.144	695316.1	9139252	0.96
"12"	3424.201	800.93	712871.2	9131355	0.58
"13"	3339.867	55.516	713267.8	9142587	0.54
"14"	2899.634	42.656	706783.2	9143759	0.41
"15"	1622.442	647.891	686539.8	9137623	0.50
"16"	1667.136	410.637	687738.5	9141055	0.68
"17"	2315.665	537.831	697044.9	9137723	0.42
"18"	2056.83	836.434	692550	9133866	0.58
"19"	3957.169	169.738	722134.4	9139525	0.90
"20"	3066.921	1368.468	706329.1	9123721	0.08
"21"	3204.724	513.925	710255.7	9136093	0.10
"22"	3910.872	432.575	720889	9135732	0.48
"23"	3644.938	1024.503	715632.8	9127546	0.74
"24"	2573.14	836.228	700195.2	9132716	0.15
"25"	2463.168	1187.336	697794.8	9127738	0.91
"26"	1261.627	139.164	682332.1	9145977	0.07
"27"	1567.748	102.167	686942.5	9145853	0.49
"28"	1383.668	448.43	683453.6	9141108	0.60
"29"	949.235	26.066	677954.7	9148347	0.38
Average RMS error		:	0.507		
Total RMS error		:	14.71		
Total $(X\text{-}Xrata\text{-}rata)^2$		:	1.743181		

DATA ATRIBUT TUTUPAN VEGETASI

FID	KELAS_VEG	PROSENTASE TUTUPAN	SKOR_VEGET	LUAS
0	Baik	61 - 80	160	229264,50115800000
1	Sangat Baik	> 80	200	4783994,71451000000
2	Buruk	21 - 40	80	201004,67841700000
3	Buruk	21 - 40	80	3241543,53181000000
4	Sedang	41 - 60	120	1147134,31267000000
5	Buruk	21 - 40	80	397233,50110200000
6	Baik	61 - 80	160	1885437,88981000000
7	Buruk	21 - 40	80	337155,17866300000
8	Sedang	41 - 60	120	185731,86850700000
9	Sedang	41 - 60	120	134103,25017000000
10	Buruk	21 - 40	80	475373,94123800000
11	Buruk Sekali	21 - 40	40	565312,22933800000
12	Buruk Sekali	21 - 40	40	130743,22189000000
13	Buruk Sekali	21 - 40	40	286230,91168900000
14	Buruk	21 - 40	80	298739,99323200000
15	Sedang	41 - 60	120	168872,07299200000
16	Buruk	21 - 40	80	399782,35691300000
17	Sedang	41 - 60	120	537105,52421800000
18	Sedang	41 - 60	120	187123,76881100000
19	Sedang	41 - 60	120	1948981,06896000000
20	Sangat Baik	> 80	200	2116327,20610000000
21	Baik	61 - 80	160	12453524,12760000000
22	Baik	61 - 80	160	2840328,10605000000
23	Sedang	41 - 60	120	5107023,31730000000
24	Sedang	41 - 60	120	302665,52615700000
25	Baik	61 - 80	160	245310,42680400000
26	Baik	61 - 80	160	1411020,55761000000
27	Baik	61 - 80	160	989515,12562700000
28	Buruk	21 - 40	80	114210,13355900000
29	Sedang	41 - 60	120	180771,82744500000
30	Buruk Sekali	21 - 40	40	461876,49077700000
31	Buruk Sekali	21 - 40	40	700839,48012800000
32	Sedang	41 - 60	120	1207886,75356000000
33	Buruk	21 - 40	80	396814,38915200000
34	Buruk	21 - 40	80	968051,15738300000
35	Sedang	41 - 60	120	2548300,47456000000
36	Buruk	21 - 40	80	1307216,55213000000
37	Buruk	21 - 40	80	429508,78025800000
38	Sedang	41 - 60	120	1840696,75098000000
39	Buruk	21 - 40	80	694766,45159700000
40	Sedang	41 - 60	120	222675,45041500000
41	Sedang	41 - 60	120	1997061,01661000000
42	Baik	61 - 80	160	6196767,13815000000
43	Buruk	21 - 40	80	805844,28900800000
44	Sedang	41 - 60	120	506030,05257300000
45	Buruk Sekali	21 - 40	40	975058,52306900000
46	Buruk	21 - 40	80	6482895,81145000000
47	Buruk Sekali	21 - 40	40	306100,25901800000
48	Baik	61 - 80	160	1097082,22614000000

49	Buruk	21 - 40	80	618598,74411000000
50	Buruk Sekali	21 - 40	40	11099139,10640000000
51	Buruk	21 - 40	80	564206,61448800000
52	Baik	61 - 80	160	1628088,16578000000
53	Buruk	21 - 40	80	927530,44734300000
54	Buruk	21 - 40	80	4844129,51895000000
55	Buruk	21 - 40	80	1443276,75091000000
56	Sangat Baik	> 80	200	15069669,26150000000
57	Buruk	21 - 40	80	2589864,52662000000
58	Baik	61 - 80	160	1489437,46456000000
59	Buruk Sekali	21 - 40	40	2358026,21240000000
60	Buruk	21 - 40	80	3556557,35521000000
61	Buruk	21 - 40	80	766706,50095400000
62	Buruk	21 - 40	80	15226082,40920000000
63	Buruk	21 - 40	80	941729,31970500000
64	Sedang	41 - 60	120	1242403,04568000000
65	Sedang	41 - 60	120	2787821,73479000000
66	Sangat Baik	> 80	200	804984,24674800000
67	Buruk	21 - 40	80	358041,16763100000
68	Buruk	21 - 40	80	680682,74962300000
69	Buruk	21 - 40	80	856211,98908800000
70	Buruk	21 - 40	80	1137616,75467000000
71	Baik	61 - 80	160	1440492,09391000000
72	Buruk	21 - 40	80	904373,24673900000
73	Sedang	41 - 60	120	64260932,81250000000
74	Sedang	41 - 60	120	1561174,27264000000
75	Sedang	41 - 60	120	1073432,96556000000
76	Sedang	41 - 60	120	192553,39564400000
78	Sedang	41 - 60	120	158896,15515400000
80	Baik	61 - 80	160	3850153,34853000000
81	Sedang	41 - 60	120	4933850,65243000000
83	Buruk Sekali	21 - 40	40	204699,99083600000
84	Buruk	21 - 40	80	5159,90909808000
86	Buruk	21 - 40	80	220587,83326100000
87	Sangat Baik	> 80	200	23800163,60970000000
91	Baik	61 - 80	160	3,28017188449
92	Baik	61 - 80	160	2574941,25358000000
95	Sedang	41 - 60	120	4,90158832905
96	Sangat Baik	> 80	200	21439,21958120000
98	Sedang	41 - 60	120	8838137,69609000000
99	Buruk	21 - 40	80	5237909,54479000000
101	Sedang	41 - 60	120	4,50095376753
104	Baik	61 - 80	160	1,90626909839
105	Sedang	41 - 60	120	11618907,81230000000
106	Buruk	21 - 40	80	16807412,65600000000
107	Baik	61 - 80	160	802819,14827600000
108	Sedang	41 - 60	120	1439761,18130000000
110	Baik	61 - 80	160	38330634,89840000000
111	Buruk	21 - 40	80	2742262,67274000000
112	Sedang	41 - 60	120	70,22657332750
114	Buruk	21 - 40	80	1,94812755901
117	Buruk	21 - 40	80	243933,50813100000
118	Sedang	41 - 60	120	0,15196945446

139	Buruk	21 - 40	80	3,38471020113
143	Sedang	41 - 60	120	1199969,98070000000
149	Buruk	21 - 40	80	0,28397343483
151	Buruk Sekali	21 - 40	40	23148710,82330000000
152	Buruk	21 - 40	80	4826487,12492000000
166	Sedang	41 - 60	120	7,32106566953
74	Sedang	41 - 60	120	4805,06761624000
112	Sedang	41 - 60	120	4805,06761624000
76	Sedang	41 - 60	120	7,66510699478
105	Sedang	41 - 60	120	7,66510699478
77	Sedang	41 - 60	120	134832,87378200000
103	Sangat Baik	> 80	200	134832,87378200000
79	Buruk Sekali	21 - 40	40	525670,43709200000
166	Sedang	41 - 60	120	525670,43709200000
86	Buruk	21 - 40	80	0,02337856493
87	Sangat Baik	> 80	200	0,02337856493
97	Buruk Sekali	21 - 40	40	393300,96711400000
166	Sedang	41 - 60	120	393300,96711400000
111	Buruk	21 - 40	80	0,02128770790
139	Buruk	21 - 40	80	0,02128770790

DATA ATRIBUT PETA KELERENGAN TANAH
KABUPATEN PASURUAN

KELAS_LERE	DERAJAT KELERENGAN	SKOR X BOBOT	LUAS
Datar	< 8	100	574795543,23200000000
Agak Curam	16 - 25	60	217548676,57600000000
Datar	< 8	100	178350813,97700000000
Curam	26 - 45	40	69092284,40490000000
Datar	< 8	100	121815139,45000000000
Landai	8 - 15	80	306502560,09500000000
Sangat Curam	> 45	20	18062064,53460000000

DATA ATRIBUT PETA ERODIBILITAS TANAH KABUPATEN PASURUAN

FID	KELAS TANAH	SIFAT TANAH	SKOR X BOBOT	LUAS
1	I	Sangat Peka	20	5987383,83998000000
2	II	Peka	40	36311566,74700000000
3	V	Tidak Peka	100	30887336,55690000000
4	IV	Agak Peka	80	333276064,95400000000
5	V	Tidak Peka	100	45173383,37700000000
6	II	Peka	40	23409300,69770000000
7	V	Tidak Peka	100	116562159,37900000000
8	V	Tidak Peka	100	38060548,66540000000
9	V	Tidak Peka	100	3948783,59204000000
10	III	Kurang Peka	60	22951402,61910000000
11	IV	Agak Peka	80	176630971,78000000000
12	II	Peka	40	14135469,07400000000
13	II	Peka	40	17003789,35220000000
14	V	Tidak Peka	100	108100981,84600000000
15	III	Kurang Peka	60	31745443,05530000000
16	II	Peka	40	83404015,68240000000
17	III	Kurang Peka	60	13228469,96130000000
18	V	Tidak Peka	100	41879573,13740000000
19	V	Tidak Peka	100	1120025,71887000000
20	IV	Agak Peka	80	86609986,05670000000
21	I	Sangat Peka	20	121117600,33500000000
22	III	Kurang Peka	60	134622126,62300000000

DATA ATRIBUT ERSIVITAS HUJAN

KELAS EROSI	EROSIVITAS HUJAN	SKOR_EROSI	LUAS
Tinggi	4000 - 5000	20	692506368,37100000000
Sedang	1500 - 4000	30	762954681,49000000000

Data Atribut Peta Kondisi Pengelolaan (Manajemen)				
FID	KELAS_MNJ	DESKRIPSI	SKOR_MNJ	LUAS
0	Baik	Lengkap	50	13454990,95840000000
1	Sedang	Tidak Lengkap	30	16633615,71410000000
2	Baik	Lengkap	50	72121170,18000000000
3	Baik	Lengkap	50	18433989,85000000000
4	Baik	Lengkap	50	2950852,96062000000
5	Baik	Lengkap	50	8584492,36768000000
6	Baik	Lengkap	50	2427291,60206000000
7	Baik	Lengkap	50	1439760,48903000000
8	Baik	Lengkap	50	7327993,40518000000
9	Baik	Lengkap	50	6748425,38390000000
10	Baik	Lengkap	50	421103,68209500000
11	Baik	Lengkap	50	1204319,82311000000
12	Buruk	Tidak Ada	10	96498813,46370000000
13	Baik	Lengkap	50	6775638,11218000000
14	Baik	Lengkap	50	265363,78060000000
15	Baik	Lengkap	50	12520626,14480000000
16	Buruk	Tidak Ada	10	12465220,83840000000
17	Sedang	Tidak Lengkap	30	84662447,14230000000
18	Baik	Tidak ada	50	239,60038419200
12	Buruk	Tidak Ada	10	0,02128770790
18	Baik	Tidak ada	50	0,02128770790

DATA ATRIBUT KEKRITISAN LAHAN KAWASAN HUTAN KAB PASURUAN		
TGKT_KEKRI	**KECAMATAN**	**LUAS**
AGAK KRITIS	GEMPOL	3276939,23931000000
AGAK KRITIS	GRATI	1648603,76853000000
AGAK KRITIS	KAJAYAN	3101673,95554000000
AGAK KRITIS	LUMBANG	52857502,54250000000
AGAK KRITIS	NGULING	8314,70659710000
AGAK KRITIS	PANDAAN	2129,13827835000
AGAK KRITIS	PASREPAN	5351172,68247000000
AGAK KRITIS	PRIGEN	38089129,01780000000
AGAK KRITIS	PURWODADI	11534999,61210000000
AGAK KRITIS	PURWOSARI	7782811,68197000000
AGAK KRITIS	PUSPO	21783597,08880000000
AGAK KRITIS	TOSARI	42727016,37210000000
AGAK KRITIS	TUTUR	23643666,65550000000
KRITIS	LUMBANG	21544474,11310000000
KRITIS	NGULING	100260,04615200000
KRITIS	PASREPAN	1865128,41014000000
KRITIS	PRIGEN	8359074,73899000000
KRITIS	PURWODADI	1268469,13181000000
KRITIS	PURWOSARI	2793290,08169000000
KRITIS	PUSPO	3566369,77493000000
KRITIS	TOSARI	4799021,91857000000
KRITIS	TUTUR	3393870,74677000000
POTENSIAL KRITIS	GEMPOL	5416875,58385000000
POTENSIAL KRITIS	GRATI	971680,85830300000
POTENSIAL KRITIS	KAJAYAN	2212729,39155000000
POTENSIAL KRITIS	LUMBANG	10509221,71910000000
POTENSIAL KRITIS	PASREPAN	2027557,20502000000
POTENSIAL KRITIS	PRIGEN	27153826,72180000000
POTENSIAL KRITIS	PURWODADI	13504670,73360000000
POTENSIAL KRITIS	PURWOSARI	4740299,29714000000
POTENSIAL KRITIS	PUSPO	6192174,87406000000
POTENSIAL KRITIS	TOSARI	19803824,99500000000
POTENSIAL KRITIS	TUTUR	7454964,58130000000
SANGAT KRITIS	LUMBANG	498024,01307100000
SANGAT KRITIS	PASREPAN	69613,63678200000
SANGAT KRITIS	PRIGEN	879888,17380200000
SANGAT KRITIS	PURWOSARI	102398,01908400000
SANGAT KRITIS	PUSPO	100874,90389900000
TIDAK KRITIS	GEMPOL	6218,89712350000
TIDAK KRITIS	PRIGEN	2630672,59058000000
TIDAK KRITIS	PURWODADI	109513,67003100000
TIDAK KRITIS	TUTUR	0,00023058754

AGAK KRITIS	TUTUR	0,02121717764
KRITIS	TUTUR	0,02121717764
AGAK KRITIS	KAJAYAN	918971,18327400000
POTENSIAL KRITIS	KAJAYAN	918971,18327400000
AGAK KRITIS	PRIGEN	0,03245940274
POTENSIAL KRITIS	PRIGEN	0,03245940274
POTENSIAL KRITIS	PURWODADI	132790,95250700000
TIDAK KRITIS	PURWODADI	132790,95250700000
POTENSIAL KRITIS	TUTUR	2041,85956759000
TIDAK KRITIS	TUTUR	2041,85956759000