

SKRIPSI

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS AVNIR2
UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN DENGAN METODE
UNSUPERVISED CLASSIFICATION
(Studi Kasus: Kabupaten Bondowoso)**



**Disusun Oleh:
MUHAMMAD SETIAWAN TRIHABIBIE
09.25.045**

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

1950

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION
JANUARY 1950

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION
JANUARY 1950

REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF NATIONAL EDUCATION
JANUARY 1950

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS AVNIR2
UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN DENGAN METODE
UNSUPERVISED CLASSIFICATION
(Studi Kasus: Kabupaten Bondowoso)**

SKRIPSI

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

Oleh:

MUHAMMAD SETIAWAN TRIHABIBIE

09.25.045

Menyetujui:

Dosen Pembimbing 1



(Ir. H. M. Nurhadi, MT.)

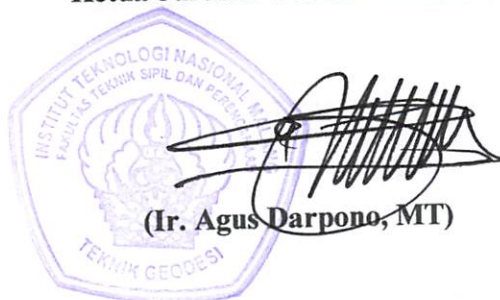
Dosen Pembimbing 2



(Ir. Agus Darpono, MT)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



(Ir. Agus Darpono, MT)



PT BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

PERKUMPULAN PENGELOLAAN PENDIDIKAN UMUM DAN
TEKNOLOGI NASIONAL

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

PROGRAM SARJANA TEKNIK

Kampus I : Jl. Bend. Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting). Fax. (0341) 553015 Malang 65145

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS AVNIR2

UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN DENGAN METODE

UNSUPERVISED CLASSIFICATION

(Studi Kasus: Kabupaten Bondowoso)

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

Pada Hari : Jumat

Tanggal : 23 Agustus 2013

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

Oleh:

MUHAMMAD SETIAWAN TRIHABIBIE

09.25.045

Panitia Ujian Skripsi

Ketua

(Ir. Agus Darpono, MT.)

Sekretaris

(Silvester Sari Sai, ST., MT.)

Anggota Penguji

Penguji I

(Dedy Kurnia Sunaryo, ST., MT.)

Penguji II

(Ir. Agus Darpono, MT.)

Penguji III

(Hery Purwanto, ST., MSc.)

ABSTRAKSI

PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS AVNIR2 UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN DENGAN METODE *UNSUPERVISED CLASSIFICATION* (Studi Kasus: Kabupaten Bondowoso)

Muhammad Setiawan Trihabibie 0925045

Dosen Pembimbing 1 : Ir. H. M. Nurhadi, MT.

Dosen Pembimbing 2 : Ir. Agus Darpono, MT.

Kebutuhan akan informasi ketersediaan lahan membuat semakin diperlukannya suatu teknologi penyedia data yang dapat diperoleh dengan cepat dan relatif akurat. Dengan adanya citra satelit yang semakin berkembang dengan resolusi yang semakin baik memungkinkan untuk dapat melakukan pengamatan untuk memperoleh informasi sumberdaya bumi. Citra satelit ALOS AVNIR2 sebagai salah satu hasil dari penginderaan jauh memiliki resolusi spasial 10m x 10m multispektral diharapkan dapat memberikan informasi yang lengkap sesuai dengan tujuan pemetaan tutupan lahan.

Kabupaten Bondowoso merupakan kawasan yang mulai berkembang dengan dominasi wilayah hutan yang mungkin perlahan memiliki potensi menjadi wilayah perkotaan sehingga membutuhkan suatu informasi ketersediaan lahan dalam bentuk peta tutupan lahan untuk pengelolaan dan penataan ruang agar pembangunan dapat dilakukan sesuai keseimbangan lingkungan.

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini adalah mengetahui sejauh mana kemampuan data Citra ALOS AVNIR2 untuk membuat peta tutupan lahan Kabupaten Bondowoso. Beberapa tahapan yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pra pengolahan citra, koreksi geometri dengan pengambilan titik ground control point, klasifikasi metode Unsupervised Classification (tak terbimbing), perhitungan akurasi dan luas area tutupan lahan.

Semula klasifikasi dengan metode Unsupervised menghasilkan 25 kelas spektral berdasarkan nilai digital dan kecerahannya yang kemudian direklasifikasi menjadi 5 kelas tutupan lahan yaitu hutan, padang, bangunan, sawah dan tanah kering. Akurasi hasil klasifikasi dengan metode unsupervised didapat yaitu sebesar 64% hal ini disebabkan masih ada obyek yang cenderung terklasifikasi ke dalam kelas lain. Artikel ini akan menguraikan kemampuan citra satelit ALOS AVNIR2 untuk pemetaan tutupan lahan.

Kata kunci: *Tutupan lahan, ALOS AVNIR2, Klasifikasi Unsupervised, Penginderaan Jauh*

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Setiawan Trihabibie

NIM : 0925045

Program Studi : Teknik Geodesi S-1

Fakultas : Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi saya yang berjudul

**“PEMANFAATAN CITRA SATELIT ALOS AVNIR2
UNTUK PEMETAAN TUTUPAN LAHAN DENGAN METODE
UNSUPERVISED CLASSIFICATION”**

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

Malang, Agustus 2013

Yang membuat pernyataan

Muhammad Setiawan Trihabibie

NIM : 0925045

LEMBAR PERSEMBAHAN

Kupersembahkan Skripsi ini kepada:

Allah SWT

Rasulullah Muhammad SAW

Bapak dan Ibuku Tercinta

Juga kakak dan adikku, Dian Pratiwi,

Nia Dwi Ariesta dan Andi Rahman Nugraha

JANGAN PERNAH BERHENTI MENUNTUT ILMU

*يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ
وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ*

Artinya :

Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat (Q.s. al-Mujadalah : 11)



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam perjalanan menyelesaikan studi untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (ST) Geodesi Institut Teknologi Nasional Malang, penulis mendapat banyak bantuan, motivasi dan perhatian. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya
2. Rasulullah Muhammad SAW atas tauladannya
3. Bapak dan Ibu yang selalu memotivasi, mendoakan dan memberikan bantuan baik secara materi, moril serta dukungan. *Thanks for all and I Love You both.*
4. Keluarga tercinta *my sisters*, Dian Pratiwi *and* Nia Dwi Ariesta *also my little brother* Andi Rahman Nugraha, terimakasih atas doa dan semangatnya dan seluruh keluarga besar terimakasih atas seluruh bantuannya.
5. Bapak Ir. H. M. Nurhadi, MT dan Bapak Ir. Agus Darpono, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, dan sarah selama penelitian hingga penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Ir. Agus Darpono, MT, Bapak Dedy Kurnia Sunaryo, ST., MT, Bapak Hery Purwanto, ST., MSc selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan kepada penulis selama ujian hasil skripsi.
7. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Teknik Geodesi Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan ITN Malang dengan kemuliaan dan kesabarannya telah membekali penulis dengan ilmu-ilmu yang tak ternilai hanya dengan ucapan terima kasih.
8. Teman-teman seperjuangan Rendy Luthfi (Ubur), Adi Soeryo Andharu (Soer), Vicky Ardhiyanto (Oonk), terima kasih atas bantuan, semangat dan dukungannya sampai terselesaikannya skripsi ini, juga teman-teman di Jurusan Teknik Geodesi 2009 Dwi Ari Wibowo, Herianto, Adi Abrar,

Bambang, Frengki, Bobcenk, Bondan, Ocid, Lalu, Rara, Lisa, dan seluruhnya beserta teman-teman Geodesi ITN Malang terimakasih banyak.

9. Buat Kekasihku Tercinta Dwi Azza Gaditya Putri Pertiwi yang selalu menemani dikala senang maupun jatuh, yang tak bosan-bosan memberi support dan motivasi serta mengingatkan untuk selalu semangat dan berdoa. I Love You.
10. Dan semua pihak yang telah banyak membantu penulis baik selama kuliah maupun penelitian yang tidak mungkin disebutkan satu persatu.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena berkat rahmatNya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Pemanfaatan Citra Satelit Alos Avnir2 untuk Pemetaan Tutupan Lahan dengan Metode *Unsupervised Classification* Studi kasus: Kabupaten Bondowoso”.

Skripsi ini merupakan hasil pembahasan secara ilmiah terhadap perkembangan teknologi Penginderaan Jauh yang diharapkan dapat berguna dalam pemanfaatannya di dunia Pemetaan/Surveying masa kini dan masa yang akan datang. Semoga tulisan ini dapat menjadi salah satu bagian dari ilmu pengetahuan yang dapat berguna bagi kita semua.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih belum sempurna, baik dari segi materi, sistematika pembahasan, maupun susunan bahasa. Oleh karena itu, saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Malang, Agustus 2013

Penulis,

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
ABSTRAKSI	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
UCAPAN TERIMAKASIH	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian	2
1.4. Batasan Masalah	2
1.5. Tinjauan Pustaka.....	3
BAB II. LANDASAN TEORI	
2.1. Profil Lokasi Penelitian.....	4
2.2. Penginderaan Jauh	5
2.3. Citra Penginderaan Jauh.....	6
2.3.1. Resolusi Citra	7
2.4. Unsur Interpretasi Citra.....	8
2.5. Pra-Pengolahan Citra	10
2.5.1. Koreksi Radiometrik.....	10
2.5.2. Koreksi Geometrik	11
2.5.3. Penajaman Citra.....	12
2.6. Satelit ALOS	12

2.7. Klasifikasi Citra.....	15
2.8. <i>Unsupervised Classification</i>	15
2.9. <i>Filtering</i>	16
2.10. Metode <i>ISODATA</i>	17
2.11. Skema Klasifikasi	19
2.11.1. Skema Klasifikasi SNI.....	19
2.11.2. Skema Klasifikasi USG	30
2.12. Tutupan Lahan.....	30
2.13. <i>ER MAPPER</i>	31
2.14. Uji/Analisis Akurasi	31
2.15. Sistem Informasi Geografis.....	35

BAB III. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Subjek Penelitian	37
3.2. Data Penelitian.....	37
3.3. Alat Penelitian	38
3.3.1. Perangkat Keras (<i>Hardware</i>)	38
3.3.2. Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	38
3.4. Langkah Penelitian	38
3.5. Pengumpulan dan Pengolahan Data	40
3.5.1 Pengumpulan Data.....	40
3.5.2. Pra Pengolahan Citra	41
3.5.2.1. Menampilkan Citra dan Komposit Band Citra	41
3.5.2.2. Mozaic Citra	42
3.5.2.3. Penyeimbangan Warna	42
3.5.2.4. Croping Citra.....	42
3.5.2.5. Koreksi Geometrik	42
3.5.2.6. Penajaman Citra.....	43
3.3.2. Pengolahan Citra	44
3.5.3.1. <i>Unsupervised Classification</i>	44
3.5.3.2. <i>Filtering</i>	44
3.5.3.3. Labelling dan Editing Hasil Klasifikasi.....	44

3.5.4. Uji/Analisis Akurasi	45
3.5.5. <i>Layouting</i>	45

BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Citra ALOS AVNIR2 Daerah Penelitian.....	46
4.1.1. Mozaic.....	46
4.1.2. Penyeimbangan Warna Hasil Mozaic.....	47
4.1.3. Pemotongan Citra/Crop	48
4.1.4. Koreksi Geometri	48
4.2 Hasil Pengolahan	53
4.2.1. Klasifikasi <i>Unsupervised</i>	53
4.2.2. Uji Akurasi	56
4.2.3. Luas Area	60
4.2.4. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Bondowoso	61

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan.....	62
5.2. Saran	62

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1. Karakteristik ALOS	14
2.2. Karakter masing-masing Band Citra.....	14
2.3. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:1000.000.....	21
2.4. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:250.000.....	22
2.5. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:50.000 atau 1:25.000	24
2.6 Skema Klasifikasi USGS	30
2.7. Matriks kesalahan (<i>confusion matrix</i>).....	33
2.8. Contoh pengambilan sampel	34
4.1 Identifikasi titik GCP	50
4.2. identifikasi Kelas tutupan lahan	55
4.3. Tabel matriks konfusi.....	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1. Konsep Penginderaan Jauh.....	6
2.2. Susunan tingkatan unsur interpretasi citra	9
2.3. Satelit ALOS AVNIR2	13
2.4. <i>Software</i> ER Mapper.....	31
3.1. Orientasi Penelitian.....	37
3.2 Diagram Alir Penelitian	39
3.3. Komposite Band Citra.....	41
3.4. Proses Penajaman Citra.....	43
3.5. Labeling kelas tutupan lahan.....	45
4.1 Citra sebelum dimozaic.....	46
4.2. Citra setelah dimozaic.....	47
4.3. Citra hasil penyeimbangan warna.....	47
4.4 Citra setelah dilakukan pemotongan.....	48
4.5. Lokasi ground control point pada citra ...	50
4.6. Pengambilan titik kontrol lapangan	51
4.7. Hasil GCP.....	52
4.8 Input Parameter Klasifikasi	54
4.9. Hasil Pengkelasan Unsupervised.....	41
4.10. Hasil Reklasifikasi 5 kelas	54
4.11. Hasil Reklasifikasi kelas tutupan lahan.....	55
4.12. Proses Filtering	56
4.13. Hasil Uji Akurasi.....	57
4.14. Pengambilan sampel Hutan	58
4.15 Pengambilan sampel padang	58
4.16. Pengambilan sampel bangunan	59
4.17. Pengambilan sampel sawah.....	59
4.18. Pengambilan sampel tanahkering	59

4.19. Statistik luas Kelas.....	60
4.20. Peta tutupan lahan Kabupaten Bondowoso.....	61

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabupaten Bondowoso merupakan sebuah Kabupaten di Propinsi Jawa Timur. Kabupaten Bondowoso memiliki kondisi topografi yang sebagian besar merupakan dataran tinggi dan pegunungan. Untuk merencanakan pembangunan di wilayah tersebut diperlukan suatu informasi ketersediaan lahan. Informasi ketersediaan lahan dapat diperoleh dari peta tutupan lahan/*land cover*.

Peta tutupan lahan adalah peta yang memberikan informasi mengenai objek- objek yang tampak di permukaan bumi. Untuk membuat peta tutupan lahan diperlukan teknik yang mampu melakukan analisis pada daerah skala luas secara efisien. Salah satu teknik ini adalah penginderaan jauh (*remote sensing*).

Penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat tanpa kontak langsung terhadap objek, daerah, atau gejala yang dikaji. Teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra (Sutanto. 1992). Metode *Unsupervised Classification* adalah teknik dalam penginderaan jauh untuk klasifikasi citra digital dengan menganalisis sejumlah besar piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra (Purwadhi, 2001).

Penginderaan jauh dengan metode *Unsupervised Classification* baik dilakukan untuk data yang *real time* karena proses dilakukan tidak berpengaruh pada tahun perekaman citra serta untuk analisis dengan minimum ketersediaan data. Sehingga metode ini dapat digunakan untuk pengolahan citra dengan tahun perekaman yang^o terbaru maupun yang cukup lama walaupun data tidak tersedia cukup banyak.

Salah satu citra digital yang dapat digunakan untuk pemetaan tutupan lahan adalah citra *ALOS AVNIR2*. Hasil pemetaan tutupan lahan dapat digunakan sebagai dasar perencanaan tata ruang, sehingga pengelolaan lahan dapat dilakukan sesuai keseimbangan lingkungan bagi perkembangan pembangunan berkelanjutan di Kabupaten Bondowoso.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, maka permasalahan yang timbul adalah: “Seberapa jauh Citra satelit *ALOS AVNIR2* dapat digunakan untuk pembuatan peta tutupan lahan dengan metode *Unsupervised Classification* di Wilayah Kabupaten Bondowoso”.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui sejauh mana kemampuan data Citra *ALOS AVNIR2* untuk membuat peta tutupan lahan Kabupaten Bondowoso.

1.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang dibahas dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Wilayah studi yang digunakan dalam penelitian ini adalah Kabupaten Bondowoso.
- b. Metode klasifikasi yang digunakan yaitu klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*).
- c. Citra yang digunakan adalah citra satelit *ALOS AVNIR2* tahun 2009.

1.5. Tinjauan Pustaka

Menurut Lillesand dan Kiefer (1994), penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Alat yang dimaksud ialah alat pengindera atau sensor. Pada umumnya sensor dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya. Teknik rekaman sensor tersebut menghasilkan suatu data yang disebut citra.

Unsupervised Classification adalah teknik klasifikasi citra digital dengan menganalisis sejumlah besar pixel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra (Purwadhi, 2001).

Penutupan lahan merupakan hasil akhir dari penggunaan lahan. Penutupan lahan meliputi bukan hanya bangunan dan penutupan vegetasi atau modifikasi yang dibuat langsung oleh manusia, tetapi juga hasil-hasil proses alami yang terjadi tanpa interaksi manusia. Sedangkan penggunaan lahan adalah setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual (Arsyad, 1989).



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Profil Lokasi Penelitian

Kabupaten Bondowoso, adalah sebuah kabupaten di Provinsi Jawa Timur, Indonesia. Ibukotanya adalah Bondowoso. Kabupaten ini berbatasan dengan Kabupaten Situbondo di utara, Kabupaten Banyuwangi di timur, Kabupaten Jember di selatan, serta Kabupaten Probolinggo di barat. Ibukota Kabupaten Bondowoso berada di persimpangan jalur dari Besuki dan Situbondo menuju Jember. Kabupaten Bondowoso memiliki luas wilayah 1.560,10 km² yang secara geografis berada pada koordinat antara 113°48'10" - 113°48'26" BT dan 7°50'10" - 7°56'41" LS.

Kabupaten Bondowoso dapat dibagi menjadi tiga wilayah: Wilayah barat merupakan pegunungan (bagian dari Pegunungan Iyang), bagian tengah berupa dataran tinggi dan bergelombang, sedang bagian timur berupa pegunungan (bagian dari Dataran Tinggi Ijen). Bondowoso merupakan satu-satunya kabupaten di daerah Tapal Kuda yang tidak memiliki garis pantai.

Kabupaten Bondowoso memiliki suhu udara yang cukup sejuk berkisar 15,40 0C – 25,10 0C, karena berada di antara pegunungan Kendeng Utara dengan puncaknya Gunung Raung, Gunung Ijen dan sebagainya di sebelah timur serta kaki pegunungan Hyang dengan puncak Gunung Argopuro, Gunung Krincing dan Gunung Kilap di sebelah barat. Sedangkan di sebelah utara terdapat Gunung Alas Sereh, Gunung Biser dan Gunung Bendusa.

Kondisi dataran di Kabupaten Bondowoso terdiri atas pegunungan dan perbukitan seluas 44,4 %, 24,9 % berupa dataran tinggi dan dataran rendah 30,7 % dari luas wilayah keseluruhan. Kabupaten Bondowoso berada pada ketinggian antara 78-2.300 meter dpl, dengan rincian 3,27% berada pada ketinggian di bawah 100 m dpl, 49,11% berada pada ketinggian antara 100 – 500 m dpl, 19,75% pada ketinggian antara 500 –

1.000 m dpl dan 27,87% berada pada ketinggian di atas 1.000 m dpl.
(<http://bondowosokab.go.id>)

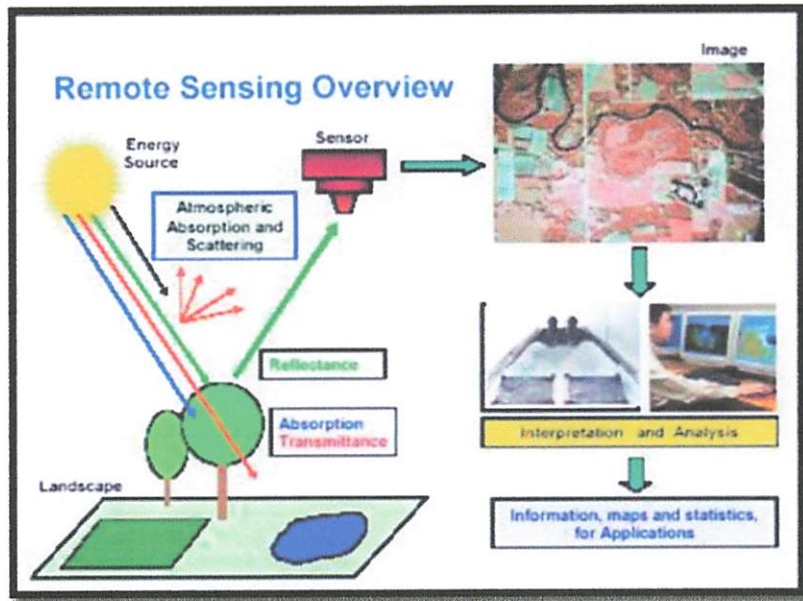
2.2. Penginderaan Jauh

Menurut Lillesand dan Kiefer (1994), penginderaan jauh adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan obyek, daerah, atau fenomena yang dikaji. Alat yang dimaksud ialah alat pengindra atau sensor. Pada umumnya sensor dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya. Teknik rekaman sensor tersebut menghasilkan suatu data yang disebut citra.

Menurut Lo (1995), tujuan dari penginderaan jauh adalah mengumpulkan data Sumberdaya alam dan lingkungan. Informasi tentang obyek disampaikan ke pengamat melalui energi elektromagnetik yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi.

Menurut Prahasta Eddy (2008), konsep pengamatan dengan penginderaan jauh adalah, energi akan memancar dari komponen sumber energy dan kemudian berinteraksi sedemikian rupa dengan target-targetnya (material yang terdapat di permukaan bumi). Lalu energi-energi ini akan diserap, disebarkan, diteruskan bahkan dipantulkan oleh target-target yang bersangkutan. Intensitas energi inilah yang akhirnya terukur dan terekam secara otomatis oleh komponen sensor. Sensor dapat berupa Satelit ataupun Kamera. Data rekaman tersebut kemudian disimpan dalam bentuk *images/citra*.





Gambar 2.1. Konsep penginderaan jauh

Di dalam teknologi penginderaan jauh dikenal dua sistem yaitu penginderaan jauh dengan sistem pasif (*passive sensing*) dan sistem aktif (*active sensing*). Penginderaan dengan sistem pasif adalah suatu sistem yang memanfaatkan energi alamiah, khususnya energi matahari, sedangkan sistem aktif menggunakan energi buatan yang dibangkitkan untuk berinteraksi dengan benda/obyek. Sistem aktif umumnya lebih dikenal dengan RADAR (*Radio Detection and Ranging*).

2.3. Citra Penginderaan Jauh

Menurut Prahasta Eddy (2008), citra merupakan gambaran sebagian permukaan bumi sebagaimana terlihat dari ruang angkasa (satelit) atau dari udara (pesawat terbang). Citra ini dapat diimplementasikan ke dalam dua bentuk umum: analog atau digital. Foto udara atau peta foto (*hardcopy*) adalah salah satu bentuk citra analog, sementara citra satelit merupakan data hasil rekaman sistem sensor hampir semuanya berbentuk citra digital.

2.3.1. Resolusi Citra

Menurut Purwadhi (2001), Setiap sensor penginderaan jauh memiliki kepekaan spektral terbatas. Tidak satu sensorpun yang peka terhadap seluruh panjang gelombang. Sensor terbatas kemampuannya untuk mengindera objek kecil. Batas kemampuan memisahkan setiap objek dinamakan resolusi. Resolusi suatu sensor merupakan indikator tentang kemampuan sensor atau kualitas sensor dalam merekam objek. Di dalam citra, resolusi merupakan limit atau daya pisah objek yang masih dapat dibedakan. Empat resolusi yang biasa digunakan sebagai parameter kemampuan sensor yaitu:

1. Resolusi Spasial

Resolusi spasial adalah ukuran terkecil dari suatu bentuk (feature) permukaan bumi yang bisa dibedakan dengan bentuk permukaan di sekitarnya atau ukuran yang bisa diukur (Jaya 2010). Satuan terkecil ini pada umumnya berbentuk segi empat (biasanya bujur sangkar) dan dikenal sebagai sel-sel grid, elemen matriks, elemen terkecil dari suatu gambar (image) atau piksel (Prahasta 2005).

Resolusi suatu data raster akan merujuk pada ukuran (atau luas) permukaan bumi yang dapat dipresentasikan oleh setiap pikselnya. Makin kecil ukuran atau luas permukaan bumi yang dapat direpresentasikan oleh setiap pikselnya, makin tinggi resolusi spasialnya. Demikian pula sebaliknya, makin luas permukaan bumi yang dapat direpresentasikan oleh setiap pikselnya, makin rendah resolusi spasialnya (Prahasta 2005). Resolusi yang rendah akan menampakkan bentuk-bentuk piksel yang jelas jika citra tersebut diperbesar.



2. Resolusi Spektral

Merupakan daya pisah objek berdasarkan besarnya spektrum elektromagnetik (lebar *band*) yang digunakan untuk perekaman data.

3. Resolusi Radiometrik

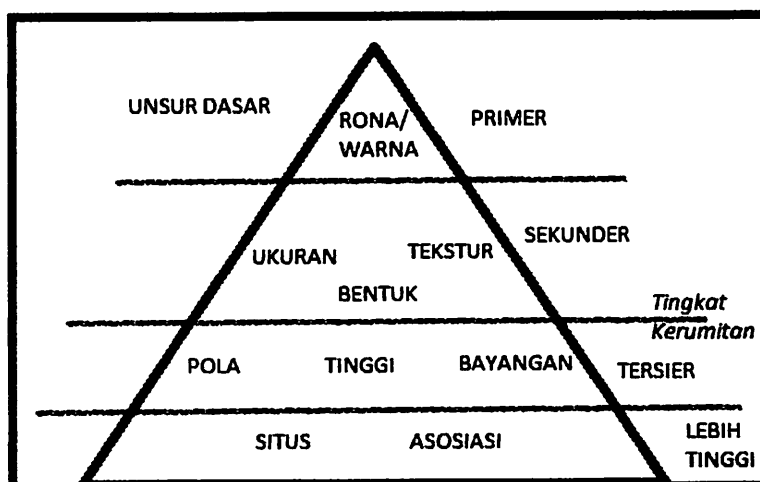
Adalah kemampuan system sensor untuk mendeteksi perbedaan pantulan terkecil, atau kepekaan sensor terhadap perbedaan terkecil kekuatan sinyal.

4. Resolusi Termal

Adalah perbedaan suhu yang masih dapat dibedakan oleh sensor penginderaan jauh.

2.4. Unsur Interpretasi Citra

Pengenalan identitas dan jenis obyek yang tergambar pada citra merupakan bagian pokok dari interpretasi citra. Prinsip pengenalan identitas dan jenis obyek pada citra mendasarkan pada karakteristik obyek atau atribut obyek pada citra. Unsur interpretasi yang dapat digunakan untuk identifikasi obyek dikenali dengan 8 unsur yaitu, rona atau warna, ukuran, bentuk, tekstur, pola, bayangan, letak atau situs dan asosiasi kenampakan obyek. Unsur-unsur interpretasi tersebut disusun secara berjenjang untuk memudahkan dalam pengenalan obyek pada citra. Susunan berdasarkan pada tingkat kerumitan dalam pengenalan obyek, yang diungkapkan oleh Sutanto (1996) seperti yang diungkapkan oleh Estes et al. (1983) pada gambar. Setiap unsur interpretasi memiliki kemampuan untuk mengenali obyek pada citra penginderaan jauh, yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 2.2. Susunan tingkatan unsur interpretasi citra

1. Rona adalah tingkatan kegelapan atau titik kecerahan obyek pada citra, merupakan tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya. Warna adalah wujud yang tampak oleh mata yang menunjukkan tingkat kegelapan dan keragaman warna dari kombinasi saluran/band citra yaitu warna dasar biru, hijau, merah.
2. Bentuk adalah variable kualitatif yang memerikan (menguraikan) konfigurasi atau kerangka suatu obyek, misal: persegi, membulat, atau struktur yang lebih rinci.
3. Ukuran merupakan atribut obyek yang berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume. Ukuran tergantung skala dan resolusi citra.
4. Tekstur adalah frekuensi perbuahan rona pada citra. Tekstur sering dinyatakan dalam ujud kasar, halus, atau bercak-bercak.
5. Pola merupakan ciri obyek buatan manusia dan beberapa obyek alamiah yang membentuk susunan keruangan.
6. Bayangan merupakan obyek yang tampak samar-samar atau tidak tampak sama sekali (hitam), sesuai dengan bentuk obyeknya seperti bayangan awan, bayangan gedung atau bayangan bukit.

7. Situs merupakan hubungan antar obyek dalam satu lingkungan yang dapat menunjukkan obyek disekitarnya atau letak suatu obyek terhadap obyek lain. Situs biasanya mencirikan suatu obyek secara tidak langsung.
8. Asosiasi merupakan unsur antar obyek yang keterkaitan atau antara obyek yang satu dengan obyek yang lain, sehingga berdasarkan obyek tersebut dapat membentuk suatu fungsi obyek tertentu.

2.5. Pra-Pengolahan Citra

2.5.1. Koreksi Radiometri

Koreksi radiometrik bertujuan memperbaiki kesalahan radiometrik. Dengan mengamati faktor kesalahannya, koreksi radiometrik secara umum dapat diklasifikasikan ke dalam tiga tipe berikut.

1. Koreksi radiometrik yang disebabkan oleh kondisi atmosfer. Koreksi ini diberlakukan sebagai akibat berbagai kondisi atmosfer yang menyebabkan penyerapan dan hamburan radiasi sinar matahari. Oleh karena itu, radiasi yang dipantulkan atau oleh suatu obyek *path-radiance* (hamburan atmosfer) perlu dikoreksi.
2. Koreksi radiometrik yang disebabkan oleh sudut matahari. Radiasi sinar matahari direfleksikan dan disebarkan ke permukaan bumi, dengan adanya perbedaan sudut ini, terdapat area-area yang nampak lebih terang.
3. Koreksi radiometrik yang disebabkan oleh sensitivitas sensornya. Jika sensor yang digunakan dari jenis optis, maka area-area yang terletak di pinggiran citra cenderung bernuansa agak gelap jika dibandingkan dengan area-area yang terletak di tengah citra. Koreksi terhadap fenomena yang sering disebut *vignetting* ini dapat diekspresikan ke dalam rumus matematis $\cos^n(\Theta)$.

Dengan memperhatikan fungsinya dan implementasinya, koreksi radiometrik digunakan untuk memodifikasi nilai-nilai digital (DN) setiap piksel milik bands suatu citra sedemikian rupa hingga pengaruh noise terkait dapat dieleminasi. Meskipun demikian, tujuan sebenarnya adalah merekonstruksikan kembali nilai-nilai digital setiap piksel band citra sehingga terkalibrasi secara fisik (Prahasta, 2008).

2.5.2. Koreksi Geometrik

Koreksi Geometrik bertujuan untuk memperbaiki kesalahan posisi obyek-obyek yang terekam pada citra yang disebabkan oleh distorsi yang bersifat geometrik. Penyebab distorsi geometrik meliputi: terjadinya rotasi pada waktu perekaman, pengaruh kelengkungan bumi, efek panoramik (sudut pandang), pengaruh topografi, dan pengaruh gravitasi bumi yang menyebabkan terjadinya perubahan kecepatan dan ketinggian satelit dan ketidakstabilan ketinggian platform (Lillesand dan Kiefer 1994).

Prosedur yang diterapkan pada koreksi geometrik biasanya memperlakukan distorsi ke dalam dua kelompok, yaitu distorsi yang dipandang sistematis atau dapat diperkirakan sebelumnya dan distorsi yang pada dasarnya dipandang acak atau tidak dapat diperkirakan sebelumnya (Lillesand dan Kiefer, 1994). Distorsi acak dan sistematis yang rumit dikoreksi dengan menggunakan analisis titik ikat (*Control Point*). Ada 3 cara yaitu:

1. *Ground Control Point*

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

2. Citra dengan Peta

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

3. Citra ke Citra

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

2.5.3. Penajaman Citra

Penajaman secara sederhana dapat diartikan mentransformasikan data citra ke bentuk yang lebih ekspresif. Secara umum teknik penajaman dapat dikategorikan ke dalam tiga cara, yaitu:

1. Manipulasi Kontras (*contrast manipulation*)

Merupakan proses pengolahan citra yang menggunakan teknik pemetaan tingkat keabuan, yang bertujuan untuk meningkatkan mutu citra melalui perbaikan kontras citra. Teknik manipulasi kontras citra dilakukan dengan menggunakan modifikasi histogram.

2. Manipulasi Kenampakan Spasial (*spatial feature manipulation*)

Teknik ini mencakup penggunaan filter spasial (*spatial filtering*), penajaman tepi (*edge enhancement*), dan penggunaan analisis fourier (*fourier analysis*).

3. Manipulasi Multi-Citra (*multi-image manipulation*)

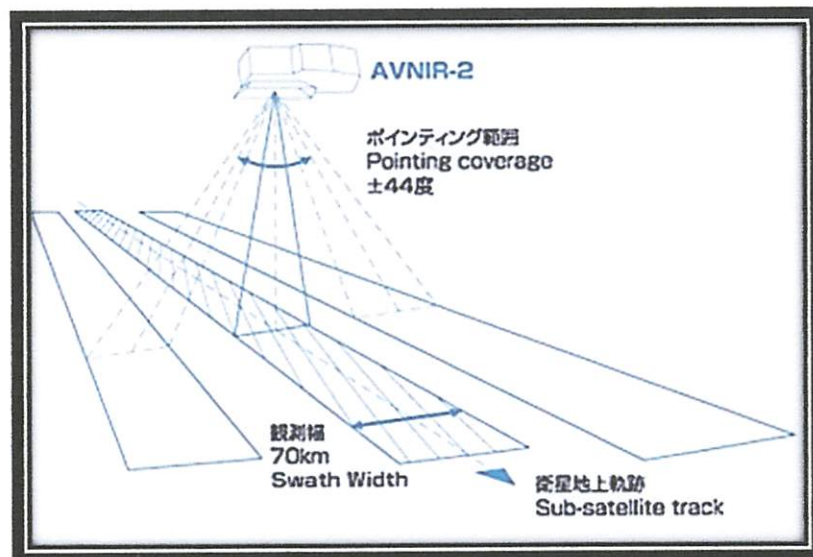
Teknik ini mencakup multispektral "*band rationing*", komponen utama (*principal component*), komponen baku atau kanonik (*canonical components*), komponen vegetasi, transformasi warna berdasarkan kontras intersitas siturasi (*intensity hue siturston color space transformation*), dan perentangan dekolorasi (*decoloration stretching*).

2.6. Satelit ALOS

ALOS (Advance Land Observing Sattelite) merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara *METI (Minstry of Economy, Trade, and Industry)* dan *JAXA (Japan Aerospace Exploration Agency)*. Desain dan konstruksi *JAXA-EORC* dan *Japan Resources Observation System Organization (JAROS)* dan berhasil diluncurkan di Tanegashima Space Center, Jepang tanggal 24 Januari 2006. ALOS dilengkapi tiga instrument

penginderaan jauh yaitu *PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping)*, *AVNIR2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)*, dan *PALSAR (Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar)*. Karakteristik ALOS seperti tabel 2.1.

1. Sensor optik *PRISM (Panchromatic Remote Sensing Instrument for Stereo Mapping)* memiliki tiga sistem optik (*nadir, forward, backward*) dengan resolusi 2,5 meter, sehingga dapat dibuat tiga dimensi, lebar rekaman 70 km, arah depan (*forward*) dan belakang (*backward*) 35 km.
2. Sensor *AVNIR2 (Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2)* sensor pantulan dari sinar tampak dan inframerah dekat. Sensor ini dilengkapi dengan kemampuan tidak hanya tegak lurus, namun juga observasi menyudut dengan pointing angle sebesar 44° . Empat saluran (band) spektral *AVNIR2*, yaitu biru, hijau, merah dan inframerah.



Gambar 2.3. Satelit ALOS AVNIR2



3. Sensor radar PALSAR, sensor ini merupakan pengembangan dari sensor JERS-1, dengan lebar rekaman citra 250-350 km. oleh karena itu pengguna dapat memilih wilayah yang diinginkan, yaitu *Area of Interest (AOI)*, tinggal memilih koordinatnya.

Tabel 2.1. Karakteristik ALOS

Kriteria		Karakteristik	
Ketinggian orbit		692 km	
Sudut Inklinal orbit		98,2 derajat	
Lebar sapuan satelit		70 km	
Resolusi temporal (standar)		46 hari	
sensor	PRISM	Pankromatik (0,52-0,77) μm	Resolusi Spasial 2,5 meter Ukuran triplet mode 35 x 35 km PRISM nadir 35 x 70 km
	AVNIR2	Band 1 (0,42-0,50) μm	Resolusi Spasial 10 meter AVNIR nadir 70 x 70 km
		Band 2 (0,52-0,60) μm	
		Band 3 (0,61-0,69) μm	
Band 4 (0,76-0,89) μm			
PALSAR	Band L	Resolusi spasial 6,5 meter	
Penggunaan citra ALOS		Observasi penutupan lahan, pemetaan skala sedang, pengamatan daerah bencana	

Tabel 2.2. Karakter masing-masing Band Citra

Band	Spektral	Kegunaan
1	Biru	tembus terhadap air, dapat untuk pemetaan air, pantai, pemetaan tanah, pemetaan tumbuhan, pemetaan kehutanan dan mengidentifikasi budidaya manusia
2	hijau	Untuk pengukuran nilai pantul hijau pucuk tumbuhan dan penafsiran aktivitasnya, juga untuk pengamatan kenampakan budidaya manusia
3	merah	dibuat untuk melihat daerah yang menyerap klorofil, yang dapat digunakan untuk spesies tanaman juga untuk pengamatan budidaya manusia, serta untuk melihat unsur bangunan
4	infra merah dekat	untuk membedakan jenis tumbuhan aktifitas dan kandungan biomassa untuk membatasi tubuh air dan pemisahan kelembaban tanah



2.7. **Klasifikasi Citra**

Menurut Prahasta (2008), klasifikasi citra (pada citra digital) merupakan suatu proses penyusunan, pengurutan, atau pengelompokan semua piksel (yang terdapat di dalam bands citra yang bersangkutan) ke dalam beberapa kelas (kelompok) berdasarkan suatu kriteria atau kategori objek hingga menghasilkan “peta tematik”.

Di dalam proses pengklasifikasian citra digital, secara umum dikenal dua kelompok metode; klasifikasi tidak terbimbing (*unsupervised classification*) dan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*).

1. **Klasifikasi tidak Terbimbing**

Proses klasifikasi ini digunakan untuk mengelompokkan piksel-piksel citra berdasarkan aspek statistik (matematis) semata, tanpa kelas-kelas yang didefinisikan sendiri oleh pengguna.

2. **Klasifikasi Terbimbing**

Klasifikasi ini merujuk pada (keberadaan) kelas-kelas yang didefinisikan oleh pengguna. Dengan metode ini, kelas-kelas yang dimaksud akan berisi sampel-sampel yang diasumsikan homogen.

2.8 ***Unsupervised Classification***

Salah satu alternatif bagi pendekatan klasifikasi data penginderaan jauh dengan cara klasifikasi tak terbimbing (*unsupervised classification*). Proses klasifikasi ini digunakan untuk mengelompokkan piksel-piksel citra berdasarkan aspek statistik (matematis) semata, tanpa kelas-kelas yang didefinisikan sendiri oleh pengguna.

Klasifikasi tak terbimbing menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah besar piksel yang tidak dikenal. Dan membaginya ke dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi tak terbimbing adalah kelas spektral. Oleh karena itu, pengelompokan kelas didasarkan pada nilai natural spektral dan identitas nilai spektral tidak dapat diketahui

secara dini. Hal itu disebabkan analisisnya belum menggunakan data rujukan seperti citra skala besar untuk menentukan nilai identitas dan nilai informasi setiap kelas spektral. Citra lebih dari satu saluran sulit untuk menggambarkan nilai citra untuk pengelompokkan citra secara natural. Oleh karena itu, tersedia teknik statistik yang dapat digunakan untuk pengelompokkan secara otomatis. Klasifikasi tak terbimbing dilakukan dalam rangkaian n dimensional dengan cara pengelompokkan objek menurut sifat spektral naturalnya sama, dapat dikelompokkan dalam kategori tertentu. Prosedur ini disebut analisis kelompok (*cluster analysis*). (Purwadhi, 2001).

2.9. *Filtering*

Filter spasial adalah suatu aplikasi umum yang diterapkan pada data raster untuk menajamkan citra guna meningkatkan interpretasi visual. Filter dapat digunakan untuk meningkatkan tampilan citra, menajamkan citra, meratakan dan menghilangkan noise atau bising.

Filter spasial dapat dibagi menjadi tiga katagori utama, yaitu :

1. *Low Pass Filter/Filter Smoothing/Averaging* adalah filter yang menekankan frekuensi rendah untuk meratakan keluaran nilai digital pada citra atau menghilangkan spike pada data citra, sehingga mengurangi kontras pada citra hasil/ output.
2. *High Pass Filter/Sharpening* adalah Filter yang menekankan frekuensi tinggi untuk menajamkan penampilan liner pada citra seperti jalan, patahan, lingkungan air dan tanah.
3. *Edge Detection Filter* adalah Filter yang menekankan pinggir-pinggir di sekeliling suatu objek atau penampakan dalam suatu citra untuk memudahkan dalam analisis.



2.10. Metode ISODATA

ISODATA adalah metode klasifikasi tidak terbimbing untuk mengelompokkan data. Metode ini menggunakan teknik memecah dan menggabungkan kelas. Pengguna cukup memberikan nilai ambang batas sebagai parameter lalu komputer menjalankan proses berulang-ulang hingga nilai ambang batas tercapai.

Konsep:

K : Jumlah cluster yang diinginkan;

I : Jumlah maksimum iterasi diperbolehkan;

Θ_M : Ambang Batas untuk jumlah minimum sampel dalam setiap kelompok yang dapat terisi (untuk membuang cluster);

Θ_S : Ambang Batas untuk standar deviasi (untuk operasi split);

Θ_C : Ambang batas untuk jarak berpasangan (untuk menggabungkan operasi).

1. Secara acak memilih k (belum tentu sama dengan K) pusat klaster awal dari kumpulan data.

$\mathbf{m}_1, \mathbf{m}_2, \dots, \mathbf{m}_k$ dari data $\{ \mathbf{x}_i, i = 1, 2, \dots, \}$

2. Menetapkan setiap dari sampel N ke pusat klaster terdekat:

$\mathbf{x} \in \omega_j$ if $D_L(\mathbf{x}, \mathbf{m}_j) = \max \{ D_L(\mathbf{x}, \mathbf{m}_i), i = 1, \dots, k \}$

3. Buang cluster yang memiliki terlalu sedikit anggota, yaitu if $K_j < \Theta_M$, kemudian membuang ω_j dan tetapkan kembali anggotanya untuk cluster lain:

$k \leftarrow k - 1$

4. Perbarui setiap pusat klaster:

$$\mathbf{m}_j = \frac{1}{K_j} \sum_{\mathbf{x} \in \omega_j} \mathbf{x} \quad (j = 1, \dots, k)$$

5. Menghitung jarak rata-rata D_j dari sampel dalam kluster w_j ke pusat kluster yang sesuai:

$$D_j = \frac{1}{K_j} \sum_{x \in w_j} DL(x, m_j) \quad (j = 1, \dots, k)$$

6. Menghitung jarak rata-rata keseluruhan sampel dari masing-masing pusat kluster:

$$D = \frac{1}{\sum_{j=1}^k K_j} \sum_{j=1}^k K_j D_j = \sum_{j=1}^k P_j D_j, \quad P_j = \frac{K_j}{\sum_{j=1}^k K_j}$$

7. Jika $k \leq K/2$ (terlalu sedikit cluster), lanjutkan ke Langkah 8 (split), jika (terlalu banyak cluster), lanjutkan ke Langkah 11 (penggabungan), lainnya pergi ke Langkah 13 (dilanjutkan).

(Langkah 8 sampai 10 adalah untuk operasi split, Langkah 11 sampai 13 adalah untuk operasi menggabungkan)

8. Carilah vektor standar deviasi $\sigma^{(j)} = [\sigma_1^{(j)}, \dots, \sigma_N^{(j)}]^T$ untuk setiap cluster:

$$\sigma_n^{(j)} = \sqrt{\frac{1}{K_j} \sum_{x \in w_j} (x_n - m_n^{(j)})^2}, \quad (n = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, k)$$

dimana $m_n^{(j)}$ dan $\sigma_n^{(j)}$ adalah komponen ke- n dari vektor mean m_j dan standar deviasi dari sampel dalam w_j . K_j adalah jumlah sampel dalam w_j .

9. Cari komponen maksimum dari masing-masing σ_j dan tunjukkan dengan $\sigma_{max}^{(j)}$. Lakukan ini untuk semua $j = 1, \dots, k$

10. Jika untuk setiap $\sigma_{max}^{(j)}$, ($j = 1, \dots, k$) semua hal berikut ini benar

- $\sigma_{max}^{(j)} > \Theta_S$,
- $D_j > D$,
- $K_j > 2\Theta_M$

Maka \mathbf{m}_j dipecah menjadi dua pusat cluster baru \mathbf{m}_j^+ dan \mathbf{m}_j^- dengan menambah $\pm \delta$ ke komponen \mathbf{m}_j sesuai dengan $\sigma_{max}^{(j)}$, dimana δ bisa menjadi $\alpha \sigma_{max}^{(j)}$, untuk beberapa $\alpha > 0$. lalu hapus dan biarkan $k \leftarrow k + 1$. Ulangi langkah 2 atau ke langkah 13.

11. Hitung jarak pasangan D_{ij} antara setiap dua pusat klaster:

$$D_{ij} = D_L(\mathbf{m}_i, \mathbf{m}_j), \quad (1 \leq i, j \leq k, \quad i > j)$$

urutkan mereka dalam urutan:

$$D_{i_1 j_1} \leq D_{i_2 j_2} \leq \dots \leq D_{i_k j_k}$$

12. Cari jarak terkecil $P \text{ } D_{ij} < \Theta_C$, dan lakukan penggabungan dari kelompok yang sesuai. Khusus untuk $\ell = 1, \dots, P$, jika tidak satu pun dari \mathbf{m}_i atau \mathbf{m}_j telah digunakan dalam iterasi ini, gabungkan mereka untuk membentuk sebuah pusat baru:

$$\mathbf{m} = \frac{1}{K_{i_i} + K_{j_i}} [K_{i_i} \mathbf{m}_{i_i} + K_{j_i} \mathbf{m}_{j_i}]$$

Hapus \mathbf{m}_i dan \mathbf{m}_j , dan biarkan $k \leftarrow k - 1$

13. Hentikan jika jumlah maksimum iterasi I tercapai. Jika tidak, ulangi ke Langkah 2.

2.11. Skema Klasifikasi

Satu faktor penting untuk menentukan kesuksesan pemetaan penggunaan lahan dan penutup lahan terletak pada pemilihan skema klasifikasi yang tepat dirancang untuk suatu tujuan yang dimaksud.

2.11.1. Skema Klasifikasi SNI

Standar Nasional Indonesia (SNI) 7645:2010, Klasifikasi penutup lahan ini berisi kumpulan klasifikasi dan deskripsi penutup lahan di Indonesia pada peta tematik penutup lahan skala 1:1.000.000, 1:250.000, dan 1:50.000 atau 1:25.000. Standar ini disusun berdasarkan sistem

klasifikasi penutup lahan UNFAO dan ISO 19144-1 Geographic information – Classification Systems – Part 1: Classification system structure. ISO 19144-1 merupakan standar internasional yang dikembangkan dari sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO. Penggunaan sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO memungkinkan terjadinya pemantauan dan pelaporan perubahan penutup lahan pada suatu negara yang memiliki keberterimaan di tingkat internasional. Dalam sistem klasifikasi penutup lahan UNFAO, makin detail kelas yang disusun, makin banyak kelas yang digunakan.

Kelas penutup lahan dibagi menjadi dua bagian besar, yaitu daerah bervegetasi dan daerah tak bervegetasi. Semua kelas penutup lahan dalam kategori daerah bervegetasi diturunkan dari pendekatan konseptual struktur fisiognomi yang konsisten dari bentuk tumbuhan, bentuk tutupan, tinggi tumbuhan, dan distribusi spasialnya. Sedangkan dalam kategori daerah tak bervegetasi, pendetailan kelas mengacu pada aspek permukaan tutupan, distribusi atau kepadatan, dan ketinggian atau kedalaman objek.

Sistem klasifikasi penggunaan dan penutupan lahan dapat dilihat pada Tabel di bawah ini:



A. Kelas Penutup Lahan Skala 1:1000.000

Tabel 2.3. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:1000.000

No.	Kelas penutup lahan	Deskripsi
1	Daerah bervegetasi	Daerah yang liputan vegetasi (minim 4%) sedikitnya selama 2 bulan dalam 1 tahun atau dengan liputan <i>Lichens/Mosses</i> lebih dari 25% (jika tidak terdapat vegetasi lain).
1.1	Daerah pertanian	Areal yang diusahakan untuk budi daya tanaman pangan, perkebunan, dan hortikultura. Vegetasi alami telah dimodifikasi atau dihilangkan dan diganti dengan tanaman antropogenik dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Antarmasa tanam, area ini sering kali tanpa tutupan vegetasi. Seluruh vegetasi yang ditanam dengan tujuan untuk dipanen, termasuk dalam kelas ini.
1.1.1	Sawah	Areal pertanian yang digenangi air atau diberi air baik dengan teknologi pengairan, tadah hujan, lebak atau pasang surut yang dicirikan oleh pola pematang, dengan ditanami jenis tanaman pangan berumur pendek (padi).
1.1.2	Ladang, tegal, atau huma	Area yang digunakan untuk kegiatan pertanian dengan jenis tanaman semusim di lahan kering
1.1.3	Perkebunan	Lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian tanpa pergantian tanaman selama 2 tahun. CATATAN: Panen biasanya dapat dilakukan setelah satu tahun atau lebih
1.2	Daerah bukan pertanian	Areal yang tidak diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura.
1.2.1	Hutan lahan kering	Hutan yang tumbuh dan berkembang di habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan, pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi.
1.2.2	Hutan lahan basah	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik, yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut.
1.2.3	Semak dan belukar	Kawasan lahan kering yang telah ditumbuhi berbagai vegetasi alami heterogen dan homogen yang tingkat kerapatannya jarang hingga rapat. Kawasan tersebut didominasi vegetasi rendah (alami). Semak belukar di Indonesia biasanya kawasan bekas hutan dan biasanya tidak menampakan lagi bekas atau bercak tebang.
1.2.4	Padang rumput, alang-alang, dan sabana	Areal terbuka yang didominasi oleh jenis rumput tidak seragam.
1.2.5	Rumput rawa	Rumput yang berhabitat di daerah rawa.
2	Daerah tak bervegetasi	Daerah dengan total liputan vegetasi kurang dari 4% selama lebih dari 10 bulan, atau daerah dengan liputan <i>Lichens/Mosses</i> kurang dari 25% (jika tidak terdapat vegetasi berkayu atau herba)
2.1	Lahan terbuka	Lahan tanpa tutupan baik yang bersifat alami, semi alami maupun artifisial. Menurut karakteristik permukaannya, lahan terbuka dapat dibedakan menjadi <i>consolidated</i> dan <i>unconsolidated surface</i> .
2.2	Permukiman dan lahan built-up pertanian yang berkaitan	Lahan terbangun dicirikan oleh adanya substitusi penutup lahan yang bersifat alamiah atau semialami oleh penutup lahan yang bersifat artifisial dan sering kedap air.
2.2.1	Lahan terbangun	Area yang telah mengalami substitusi penutup lahan alami ataupun semi alami dengan penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.
2.2.1.1	Permukiman	Areal atau lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan.
2.2.1.2	Jaringan jalan	Jaringan prasarana transportasi yang diperuntukkan bagi lalu lintas kendaraan.
2.2.1.2.1	- Jalan arteri	Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh dan kecepatan rata-rata tinggi, sesuai dengan SNI 6502.4.
2.2.1.2.2	- Jalan kolektor	Jalan yang melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang dan kecepatan rata-rata sedang, sesuai dengan SNI 6502.4.
2.2.1.3	Jaringan jalan kereta api	Rel kereta api.
2.2.1.4	Bandar udara domestik/internasional	Bandar udara yang mempunyai fasilitas lengkap untuk penerbangan dalam dan luar negeri.
2.2.1.5	Relabuhan laut	Tempat yang digunakan sebagai tempat sandar dan berlabuhnya kapal laut beserta aktivitas penumpangnya dan bongkarmust kargo. CATATAN : Fasilitas pelabuhan dilengkapi bangunan sandar kapal, gudang, dan terminal penumpang.
2.2.2	Lahan tidak terbangun	Lahan ini telah mengalami intervensi manusia sehingga penutup lahan alami (semi alami) tidak dapat dijumpai lagi. Meskipun demikian, lahan ini tidak mengalami pembangunan sebagaimana terjadi pada lahan terbangun.
2.3	Perairan	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, waduk, terumbu karang, dan padang lamun
2.3.1	Danau atau waduk	Areal perairan dengan penggenangan air yang dalam dan permanen serta penggenangan dangkal termasuk fungsinya.
2.3.2	Rawas	Genangan air tawar atau air payau yang luas dan permanen di daratan.
2.3.3	Sungai	Tempat mengalirnya air yang bersifat alamiah. CATATAN : Aliran dapat bersifat musiman maupun sepanjang tahun.
2.3.4	Anjir pelayaran	Tempat mengalirnya air, bersifat artifisial, dan berasosiasi dengan laut atau pantai dan kegiatan pelayaran.
2.3.5	Terumbu karang	Kumpulan fauna laut yang berkumpul menjadi satu dan membentuk terumbu

B. Kelas Penutup Lahan Skala 1:250.000

Tabel 2.4. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:250.000

No.	Kelas penutup lahan	Deskripsi
1	Daerah bervegetasi	Daerah dengan liputan vegetasi (minimal 4%) sedikitnya selama 2 bulan, atau dengan liputan <i>Lichens/Mosses</i> lebih dari 25% (jika tidak terdapat vegetasi lain).
1.1	Daerah pertanian	Areal yang diusahakan untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura. Vegetasi alamiah telah dimodifikasi atau dihilangkan dan diganti dengan tanaman antropogenik dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Antarmasa tanam, area ini kadang-kadang tanpa tutupan vegetasi. Seluruh vegetasi yang ditanam dengan tujuan untuk dipanen termasuk dalam kelas ini.
1.1.1	Sawah	Areal pertanian yang digenangi air atau diberi air, baik dengan teknologi pengairan, tadah hujan, maupun pasang surut. Areal pertanian dicirikan oleh pola pematang, dengan ditanami jenis tanaman pangan berumur pendek (padi).
1.1.2	Sawah pasang surut	Sawah yang diusahakan dalam lingkungan yang terpengaruh air pasang surut air laut atau sungai.
1.1.3	Ladang	Pertanian lahan kering dengan penggarapan secara temporer atau berpindah-pindah. Ladang adalah area yang digunakan untuk kegiatan pertanian dengan jenis tanaman selain padi, tidak memerlukan pengairan secara ekstensif, vegetasinya bersifat artifisial dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya.
1.1.4	Perkebunan	Lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian tanpa pergantian tanaman selama 2 tahun. CATATAN: Panen biasanya dapat dilakukan setelah satu tahun atau lebih.
1.1.5	Perkebunan campuran	Lahan yang ditanami tanaman keras lebih dari satu jenis atau tidak seragam yang menghasilkan bunga, buah, dan getah dan cara pengambilan hasilnya bukan dengan cara menebang pohon. CATATAN: Perkebunan campuran di Indonesia biasanya berasosiasi dengan permukiman pedesaan atau perkotaan, dan diusahakan secara tradisional oleh penduduk.
1.1.6	Tanaman campuran	Lahan yang ditumbuhi oleh berbagai jenis vegetasi.
1.2	Daerah bukan pertanian	Areal yang tidak diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura.
1.2.1	Hutan lahan kering	Hutan yang tumbuh dan berkembang di habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi.
1.2.1.1	Hutan lahan kering primer	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi yang masih kompak dan belum mengalami intervensi manusia atau belum menampakkan bekas penebangan.
1.2.1.2	Hutan lahan kering sekunder	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi yang telah mengalami intervensi manusia atau telah menampakkan bekas penebangan (kenampakan alur dan bercak bekas tebangan).
1.2.2	Hutan lahan basah	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik, yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, dan (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut.



1.2.2.1	Hutan lahan basah primer	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, dan (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut, belum mengalami intervensi manusia.
1.2.2.2	Hutan lahan basah sekunder	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut, telah mengalami intervensi manusia.
1.2.4	Semak dan belukar	Kawasan lahan kering yang telah ditumbuhi dengan berbagai vegetasi alami heterogen dan homogen dengan tingkat kerapatan jarang hingga rapat. Kawasan tersebut didominasi vegetasi rendah (alami). CATATAN: Semak belukar di Indonesia biasanya kawasan bekas hutan dan biasanya tidak dimanfaatkan lagi bekas atau bekas tebangan.
1.2.5	Padang rumput, alang-alang, sabana	Areal terbuka yang didominasi berbagai jenis rumput yang tinggi serta rumput rendah heterogen.
1.2.6	Rumput rawa	Rumput yang berhabitat di daerah yang secara permanen tergenang air tawar ataupun payau.
2	Daerah tak bervegetasi	Daerah dengan total liputan vegetasi kurang dari 4% selama lebih dari 10 bulan, atau dengan liputan Lichens/Mosses kurang dari 25% (jika tidak terdapat vegetasi berkayu atau herba).
2.1	Lahan terbuka	Lahan tanpa tutupan lahan baik yang bersifat alamiah, semi alamiah maupun artifisial. Menurut karakteristik permukaannya, lahan terbuka dapat dibedakan menjadi <i>consolidated</i> dan <i>unconsolidated surfaces</i> .

2.1.1	Lahar dan lava	Lahan terbuka bekas abrasi lahar dan lava gunung berapi.
2.1.2	Hampan pasir pantai	Lahan terbuka yang berasosiasi dengan aktivitas <i>marine</i> dengan material penyusun berupa pasir.
2.1.3	Beting pantai	Bagian daratan yang pasang ke arah laut dan saat air pasang daerah ini tergenang serta merupakan daerah empasan ombak.
2.1.4	Gumuk pasir	Bukit pasir yang terbentuk oleh endapan pasir yang terbawa angin. Gumuk pasir biasa terdapat di gurun atau sepanjang pantai. Terdapat beberapa tipe gumuk pasir yang ditentukan oleh banyaknya pasir, kekuatan dan arah angin, karakteristik permukaan lokasi pengendapan (pasir atau batuan), keberadaan penghalang dan air tanah.
2.2	Permukiman dan lahan bukit pertanian yang berkaltn	Lahan terbangun dicirikan oleh adanya substitusi penutup lahan yang bersifat alami atau semialami oleh penutup lahan yang bersifat artifisial dan seringkali kedap air.
2.2.1	Lahan terbangun	Areal yang telah mengalami substitusi penutup lahan alami ataupun semi alami dengan penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.
2.2.1.1	Permukiman	Areal atau lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan orang.
2.2.1.2	Bangunan industri	Areal lahan yang digunakan untuk bangunan pabrik atau industri yang berupa kawasan industri yang berupa kawasan industri atau perusehaan.
2.2.1.3	Jaringan jalan	Jaringan prasarana transportasi yang diperuntukkan lalu lintas kendaraan.
2.2.1.3.1	- Jalan arteri	Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh dan kecepatan rata-rata tinggi, sesuai dengan SNI 6502.4.
2.2.1.3.2	- Jalan kolektor	Jalan yang melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang dan kecepatan rata-rata sedang, sesuai dengan SNI 6502.4.
2.2.1.3.3	- Jalan lokal	Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah, sesuai dengan SNI 6502.3.

2.2.1.4	Jaringan jalan kereta api	Rel kereta api.
2.2.1.5	Bandar udara domestik/internasional	Bandar udara yang mempunyai fasilitas lengkap untuk penerbangan dalam dan luar negeri.
2.2.1.6	Pelabuhan laut	Tempat yang digunakan sebagai tempat sandar dan berlabuhnya kapal laut beserta aktivitas penumpangnya dan bongkarmuat kargo. CATATAN : Fasilitas pelabuhan dilengkapi bangunan sandar kapal, gudang, dan terminal penumpang.
2.2.2	Lahan tidak terbangun	Lahan ini telah mengalami intervensi manusia sehingga penutup lahan alamiah (semi alamiah) tidak dapat dijumpai lagi. Meskipun demikian lahan ini tidak mengalami pembangunan sebagaimana terjadi pada lahan terbangun.
2.2.2.1	Pertambangan	Lahan terbuka sebagai akibat aktivitas pertambangan, dimana penutup lahan, batu ataupun material bumi lainnya dipindahkan oleh manusia.
2.2.2.2	Tempat penimbunan sampah/deposit	Lokasi yang digunakan sebagai tempat penimbunan material yang dipindahkan oleh manusia. Material yang ditimbon pada lokasi tersebut biasanya justru berasal dari luar lokasi yang bersangkutan.
2.3	Perairan	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, waduk, terumbu karang, dan padang lamun.
2.3.1	Dansu atau waduk	Areal perairan dangkal, dalam, dan permanen.
2.3.2	Tambak	Aktivitas untuk perikanan atau penggarapan yang tampak dengan pola pematang di sekitar pantai.
2.3.3	Rawa	Genangan air tawar atau air payau yang luas dan permanen di daratan.
2.3.4	Sungai	Tempat mengalir air yang bersifat alamiah. CATATAN : Airan dapat bersifat musiman maupun sepanjang tahun
2.3.5	Anjir pelayaran	Tempat mengalirnya air, bersifat artifisial, dan berasosiasi dengan laut atau pantai dan kegiatan pelayaran.
2.3.6	Terumbu karang	Kumpulan fauna laut yang berkumpul menjadi satu membentuk terumbu.
2.3.7	Gosong pantai	Kenampakan pasir di permukaan laut dan kadang-kadang tenggelam pada saat pasang perbani, lebarnya < 50 m, dan belum ditumbuhi vegetasi.

C. Kelas Penutup Lahan Skala 1:50.000 atau 1:25.000

Tabel 2.5. Skema klasifikasi penutup lahan SNI skala 1:50.000 atau 1:25.000

No.	Kelas penutup lahan	Deskripsi
1	Daerah bervegetasi	daerah dengan liputan vegetasi (minimal 4%) sedikitnya selama 2 bulan, atau dengan liputan <i>Lichens/Mosses</i> lebih dari 25% jika tidak terdapat vegetasi lain.
1.1	Daerah pertanian	Areal yang diusahakan untuk budi daya tanaman pangan dan hortikultura. Vegetasi alamiah telah dimodifikasi atau dihilangkan dan diganti dengan tanaman antropogenik dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya. Antar masa tanam, area ini sering kali tanpa tutupan vegetasi. Seluruh vegetasi yang ditanam dengan tujuan untuk dipanen, termasuk dalam kelas ini.
1.1.1	Sawah irigasi	Sawah yang diusahakan dengan pengairan dari irigasi.
1.1.2	Sawah tadah hujan	Sawah yang diusahakan dengan pengairan dari air hujan.
1.1.3	Sawah lebak	Sawah yang diusahakan di lingkungan rawa-rawa. Saat air di rawa menyusut, rawa dimanfaatkan dengan cara ditanami padi.
1.1.4	Sawah pasang surut	Sawah yang diusahakan di lingkungan yang terpengaruh oleh air pasang dan surutnya air laut atau sungai.
1.1.5	Polder	Sawah yang terdapat delta sungai yang pengairannya dipengaruhi oleh air sungai.
1.1.6	Ladang	Pertanian lahan kering yang ditanami tanaman semusim, terpisah dengan halaman sekitar rumah serta penggunaannya tidak berpindah-pindah. Tanaman berupa selain padi, tidak memerlukan pengairan secara ekstensif, vegetasinya bersifat artifisial dan memerlukan campur tangan manusia untuk menunjang kelangsungan hidupnya.
1.1.6	Perkebunan	Lahan yang digunakan untuk kegiatan pertanian tanpa pergantian tanaman selama dua tahun. CATATAN: Panen biasanya dapat dilakukan setelah satu tahun atau lebih.



1.1.6.1	- Perkebunan Cengkeh	Perkebunan homogen yang ditanami cengkeh.
1.1.6.2	- Perkebunan Coklat	Perkebunan homogen yang ditanami coklat.
1.1.6.3	- Perkebunan Karet	Perkebunan homogen yang ditanami karet.
1.1.6.4	- Perkebunan Kelapa	Perkebunan homogen yang ditanami kelapa.
1.1.6.5	- Perkebunan Kelapa Sawit	Perkebunan homogen yang ditanami kelapa sawit.
1.1.6.6	- Perkebunan Kopi	Perkebunan homogen yang ditanami kopi.
1.1.6.7	- Perkebunan Vanili	Perkebunan homogen yang ditanami vanili.
1.1.6.8	- Perkebunan Tebu	Perkebunan homogen yang ditanami tebu.
1.1.6.9	- Perkebunan Teh	Perkebunan homogen yang ditanami teh.
1.1.6.10	- Perkebunan Tembakau	Perkebunan homogen yang ditanami tembakau.
1.1.7	Perkebunan campuran	Lahan yang ditanami tanaman keras lebih dari satu jenis atau tidak seragam yang menghasilkan bunga, buah, serta getah dan cara pengambilan hasilnya bukan dengan cara menebang pohon. CATATAN : Perkebunan campuran di Indonesia biasanya berasosiasi dengan pemukiman pedesaan atau perkotaan, dan diusahakan secara tradisional oleh penduduk.
1.1.8	Tanaman campuran	Lahan yang ditanami oleh berbagai jenis vegetasi.
1.2	Daerah bukan pertanian	Areal yang tidak diusahakan untuk budidaya tanaman pangan dan hortikultura.
1.2.1	Hutan lahan kering	Hutan yang tumbuh dan berkembang di habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan, pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi.

1.2.1.1	Hutan lahan kering primer	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan atau hutan tropis dataran tinggi yang masih kompak dan belum mengalami intervensi manusia atau belum menampakkan bekas penebangan.
1.2.1.1.1	Hutan bambu	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon bambu.
	Hutan bambu rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan bambu sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan bambu jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.2	Hutan campuran	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi yang beraneka ragam.
	Hutan campuran rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan campuran sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan campuran jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.3	Hutan jati	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jati.
	Hutan jati rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jati sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jati jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.4	- Hutan pinus	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon pinus.
	Hutan pinus rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan pinus sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan pinus jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
	- dan lain-lain	
1.2.1.1.5	- Hutan akasia	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon akasia.
	Hutan akasia rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan akasia sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan akasia jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.

1.2.1.1.6	- Hutan kayu putih	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon kayu putih.
	Hutan kayu putih rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan kayu putih sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan kayu putih jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.7	- Hutan jati putih	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jati putih.
	Hutan jati putih rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jati putih sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jati putih jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.

1.2.1.1.8	- Hutan sengon	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon sengon.
	Hutan sengon rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sengon sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sengon jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.9	- Hutan sungkai	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon sungkai.
	Hutan sungkai rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sungkai sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sungkai jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.10	- Hutan mahoni	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon mahoni.
	Hutan mahoni rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan mahoni sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan mahoni jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.11	- Hutan karet	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon karet.
	Hutan karet rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan karet sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan karet jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.1.12	- Hutan jelutung	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jelutung.
	Hutan jelutung rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jelutung sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jelutung jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2	Hutan lahan kering sekunder	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang dapat berupa hutan dataran rendah, perbukitan dan pegunungan, atau hutan tropis dataran tinggi yang telah mengalami intervensi manusia atau telah menampakkan bekas penambangan (kenampakan akar dan bercak bekas tebangan).

1.2.1.2.1	- Hutan bambu	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering, telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon bambu.
	Hutan bambu rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan bambu sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan bambu jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.2	- Hutan campuran	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon bambu.
	Hutan campuran rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan campuran sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan campuran jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.3	- Hutan jati	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi yang beraneka ragam.
	Hutan jati rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jati sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jati jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.4	- Hutan pinus	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jati.
	Hutan pinus rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan pinus sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan pinus jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
	- dan lain-lain	
1.2.1.2.5	- Hutan akasia	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon akasia.
	Hutan akasia rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan akasia sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan akasia jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.6	- Hutan kayu putih	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon kayu putih.
	Hutan kayu putih rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan kayu putih sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan kayu putih jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.

1.2.1.2.7	- Hutan jati putih	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jati putih.
	Hutan jati putih rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jati putih sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jati putih jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.8	- Hutan sengon	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon sengon.
	Hutan sengon rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sengon sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sengon jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.9	- Hutan sungkai	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon sungkai.
	Hutan sungkai rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sungkai sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sungkai jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.10	- Hutan mahoni	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon mahoni.
	Hutan mahoni rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan mahoni sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan mahoni jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.11	- Hutan karet	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon karet.
	Hutan karet rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan karet sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan karet jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.1.2.12	- Hutan jelutung	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan kering yang belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa pohon jelutung.
	Hutan jelutung rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan jelutung sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan jelutung jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.

1.2.2	Hutan lahan basah	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik, yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, dan (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut.
1.2.2.1	Hutan lahan basah primer	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik yaitu: (1) dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2) wilayah ber elevasi rendah, (3) tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4) wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, dan (5) sebagian besar wilayah tertutup gambut. Belum mengalami intervensi manusia.
1.2.2.1.1	- Hutan bakau	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa bakau.
	Hutan bakau rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan bakau sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan bakau jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.1.2	- Hutan campuran	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi yang beraneka ragam.
	Hutan campuran rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan campuran sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan campuran jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.1.3	- Hutan nipah	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa nipah.
	Hutan nipah rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan nipah sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan nipah jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.1.4	- dan lain-lain	
	- Hutan sagu	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, belum mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa sagu.
	Hutan sagu rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sagu sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sagu jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
	- dan lain-lain	

1.2.2.2	Hutan lahan basah sekunder	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah berupa rawa, termasuk rawa payau dan rawa gambut. Wilayah lahan basah berkarakteristik unik yaitu (1). Dataran rendah yang membentang sepanjang pesisir, (2). Wilayah ber elevasi rendah, (3). Tempat yang dipengaruhi oleh pasang-surut untuk wilayah dekat pantai, (4). Wilayah dipengaruhi oleh musim yang terletak jauh dari pantai, (5). Sebagian besar wilayah tertutup gambut. Telah mengalami intervensi manusia.
1.2.2.2.1	- Hutan bakau	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa bakau.
	Hutan bakau rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan bakau sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan bakau jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.2.2	- Hutan campuran	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi yang beraneka ragam.
	Hutan campuran rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan campuran sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan campuran jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.2.3	- Hutan nipah	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa nipah.
	Hutan nipah rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan nipah sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan nipah jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
1.2.2.2.4	- Hutan sagu	Hutan yang tumbuh berkembang pada habitat lahan basah, telah mengalami intervensi manusia dengan vegetasi dominan berupa sagu.
	Hutan sagu rapat	Jika kerapatannya > 70%.
	Hutan sagu sedang	Jika kerapatannya 41% - 70%.
	Hutan sagu jarang	Jika kerapatannya 10% - 40%.
	- dan lain-lain	
1.5.1	Bekau	Lahan kering yang ditumbuhi berbagai jenis vegetasi alamiah heterogen dengan tingkat kerapatan jarang hingga rapat dan didominasi oleh vegetasi rendah (alamiah). CATATAN : Semak bekar di Indonesia biasanya berupa kawasan bekas hutan dan biasanya tidak menampilkan lagi bekas atau bekas tebang.

1.5.2	Semak	Lahan kering yang ditumbuhi berbagai vegetasi alamiah homogen dengan tingkat kerapatan jarang hingga rapat didominasi vegetasi rendah (alamiah). CATATAN : Semak bekar di Indonesia biasanya berupa kawasan bekas hutan dan biasanya tidak menampilkan lagi bekas atau bekas tebang.
1.5.3	Padang rumput	Areal terbuka yang didominasi oleh beragam jenis rumput heterogen.
1.5.4	Savana	Areal terbuka yang didominasi oleh beragam jenis rumput, dan pepohonan yang tumbuh secara menyebar dan jarang.
1.5.5	Padang alang-alang	Areal terbuka yang didominasi oleh rumput jenis alang-alang.
1.5.6	Rumput rawa	Rumput yang berhabitat di daerah yang tergenang air tawar atau payau secara permanen.
2	Daerah tak bervegetasi	Daerah dengan total liputan vegetasi kurang dari 4% selama lebih dari 10 bulan, atau daerah dengan liputan Lichens/Mosses kurang dari 25% (jika tidak terdapat vegetasi berkayu atau herba).
2.4	Lahan terbuka	Lahan tanpa tutupan lahan baik yang bersifat alamiah, semialamiah, maupun artifisial. Menurut karakteristik permukaannya, lahan terbuka dapat dibedakan menjadi consolidated surface dan unconsolidated surface.
2.1.1	Lahan terbuka pada kaiders	Kawah yang biasanya terdapat di puncak gunung berapi.
2.1.2	Lahan dan lava	Lahan terbuka bekas aliran lahar dan lava dari gunung berapi.
2.1.3	Hampan pasir pantai	Lahan terbuka yang berasosiasi dengan aktivitas <i>marina</i> dengan material penyusun berupa pasir.
2.1.4	Beting pantai	Bagian darat terluar ke arah laut dan tergenang pada waktu air pasang hampan pasir pada beting pantai.
2.1.5	Gumuk pasir	Bukit yang terbentuk oleh endapan pasir yang terbawa angin -hampan pasir pada gumuk pasir.
2.1.6	Gasong sungai	Bagian dataran aluvial luas, relatif rendah dari sekitarnya, berada di tengah saluran sungai (pulau kecil), bervegetasi rendah campuran rumput, pasir, serta kecil.
	dan lain-lain	
2.2	Perbukitan dan lahan bukit pertanian yang berkulitan	Lahan terbangun dicirikan oleh adanya substitusi penutup lahan yang bersifat alami atau semialamiah oleh penutup lahan yang bersifat artifisial dan kadang-kadang kedap air.
2.2.1	Lahan terbangun	Area yang telah mengalami substitusi penutup lahan alamiah ataupun semialamiah dengan penutup lahan buatan yang biasanya bersifat kedap air dan relatif permanen.

2.2.1.1	Pemukiman	Areal atau lahan yang digunakan sebagai lingkungan tempat tinggal atau lingkungan hunian dan tempat kegiatan yang mendukung kehidupan.
2.2.1.2	Bangunan industri	Areal yang digunakan untuk bangunan pabrik atau industri yang berupa kawasan industri atau perusahaan.
2.2.1.3	Jaringan jalan	Jaringan prasarana transportasi yang diperuntukkan lalu lintas kendaraan.
2.2.1.3.1	Jalan arteri	Jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh dan kecepatan rata-rata tinggi, sesuai dengan SNI 19-6502.4.
2.2.1.3.2	Jalan kolektor	Jalan yang melayani angkutan dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang dan kecepatan rata-rata sedang, sesuai dengan SNI 19-6502.4.
2.2.1.3.3	Jalan lokal	Jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat dan kecepatan rata-rata rendah, sesuai dengan SNI 19-6502.3.
2.2.1.3.4	Jalan setapak	Jalan khusus pejalan kaki, biasanya menghubungkan kampung satu dan lainnya atau di daerah pegunungan, sesuai dengan SNI 19-6502.2.
2.2.1.4	Jaringan jalan kereta api	Rel kereta api atau lori.
2.2.1.4.1	- Kereta api	Rel kereta api.
2.2.1.4.2	- Lori	Rel lori.
2.2.1.5	Jaringan listrik tegangan tinggi	Jaringan listrik tegangan tinggi.
2.2.1.6	Bandar udara domestik/internasional	Bandar udara yang mempunyai fasilitas lengkap untuk penerbangan dalam dan luar negeri.
2.2.1.7	Pelabuhan laut	Tempat yang digunakan sebagai tempat sandar dan berlabuhnya kapal laut beserta aktivitas penumpangnya dan bongkarmuat kargo. CATATAN : Fasilitas pelabuhan dilengkapi bangunan sandar kapal, gudang, dan terminal pemumpang.
2.2.2	Lahan tidak terbangun	Lahan ini telah mengalami intervensi manusia sehingga penutup lahan alami (semi alami) tidak dapat dijumpai lagi. Meskipun demikian, lahan ini tidak mengalami pembangunan sebagaimana terjadi pada lahan terbangun.
2.2.2.1	Pertambangan	Lahan terbuka sebagai akibat aktivitas pertambangan, dimana penutup lahan, batu ataupun material bumi lainnya dipindahkan oleh manusia.

2.2.2.2	Tempat penimbunan sampah/deposit	Lokasi yang digunakan sebagai tempat penimbunan material yang dipindahkan oleh manusia. Material yang ditimbun pada lokasi tersebut biasanya berasal dari luar lokasi yang bersangkutan.
2.3	Perairan	Semua kenampakan perairan, termasuk laut, waduk, terumbu karang, dan padang lamun.
2.3.1	Danau	Areal perairan yang bersifat natural, dengan penggenangan air yang dalam dan permanen serta penggenangan dangkal, termasuk fungsinya.
2.3.2	Waduk	Areal perairan yang bersifat artifisial, dengan penggenangan air yang dalam dan permanen serta penggenangan dangkal, termasuk fungsinya.
2.3.3	Tambak ikan	Aktivitas untuk perikanan yang tampak dengan pola pematang di sekitar pantai.
2.3.4	Tambak garam	Areal yang digunakan untuk pembuatan garam, yang dicirikan oleh pola pematang dan berasosiasi dengan pantai.
2.3.5	Rawa	Genangan air tawar atau air payau yang luas dan permanen di daratan.
2.3.6	Sungai	Tempat mengalirnya air yang bersifat natural. CATATAN : Airan dapat bersifat musiman maupun sepanjang tahun.
2.3.7	Anjir pelayaran	Tempat mengalir air, bersifat artifisial, dan berasosiasi dengan laut atau pantai dan kegiatan pelayaran.
2.3.8	Saluran irigasi	Tempat mengalirnya air yang bersifat artifisial dan biasanya difungsikan untuk menunjang kegiatan pertanian atau perikanan yang dilakukan manusia.
2.3.9	Terumbu karang	Kumpulan fauna laut yang berkumpul menjadi satu membentuk terumbu.
2.3.100	Gosong pantai/dangkalan	Kenampakan pasir laut yang muncul di permukaan dan terkadang tenggelam pada saat pasang maksimum, lebarnya < 50 m serta belum ditumbuhi vegetasi.



2.11.2. Skema Klasifikasi USGS

Skema klasifikasi yang disusun oleh USGS (*United State Geological Survey*) (Lo 1995).

Tabel 2.6. Skema Klasifikasi USGS

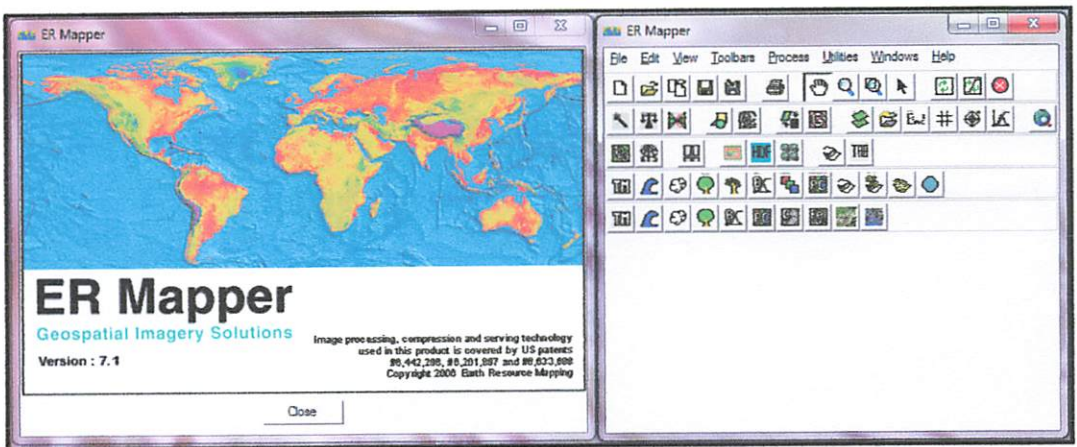
No.	Tingkat 1	Tingkat 2
1	Perkotaan atau Lahan Bangunan	1.1. Pemukiman 1.2. Perdagangan 1.3. Industri 1.4. Transportasi, komunikasi dan umum 1.5. Komplek industri dan perdagangan 1.6. Perkotaan campuran atau lahan bangunan 1.7. Perkotaan atau lahan bangunan lainnya
2	Lahan Pertanian	2.1 Tanaman semusim dan padang rumput 2.2 Daerah buah-buahan dan tanaman hias 2.3 Tempat penggembalaan terkurung 2.4 Lahan pertanian lainnya 2.5 Lahan tanaman obat
3	Lahan peternakan	3.1 Lahan peternakan semak dan belukar 3.2 Lahan peternakan campuran
4	Lahan hutan	4.1 Lahan hutan gugur daun dan musim 4.2 Lahan hutan selalu hijau 4.3 lahan hutan campuran
5	Air	5.1 Sungai dan kanal 5.2 danau 5.3 Waduk
6	Lahan basah	6.1 Teluk dan muara 6.2 Lahan basah bukan hutan
7	Lahan gundul	7.1 Dataran garam kering 7.2 Gisik 7.3 Daerah berpasir selain gisik 7.4 Batuan singkapan gundul 7.5 Tambang terbuka, pertambangan, tambang kerikil 7.6 Daerah peralihan
8	Padang lumut	8.1 Padang, lumut, semak dan belukar 8.2 Padang lumut tumbuhan obat 8.3 Padang lumut campuran
9	Es atau salju abadi	9.1 Lapangan salju abadi 9.2 Gleiser

2.12. Tutupan Lahan

Penutupan lahan merupakan hasil akhir dari penggunaan lahan. Penutupan lahan meliputi bukan hanya bangunan dan penutupan vegetasi atau momdifikasi yang dibuat langsung oleh manusia, akan tetapi juga hasil-hasil proses alami yang terjadi tanpa interaksi manusia. Sedangkan penggunaan lahan adalah setiap bentuk intervensi (campur tangan) manusia terhadap lahan dalam rangka memenuhi kebutuhan hidupnya baik material maupun spiritual (Arsyad, 1989).

2.13. ER MAPPER

ER MAPPER adalah salah satu nama perangkat lunak pengolahan citra digital (geografis) yang sering digunakan di Indonesia dan di banyak Negara lain. Perangkat lunak ini sejak awal telah dilengkapi dengan lingkungan pengembangan (*user-interface*) yang menarik dan dikembangkan dengan menggunakan pendekatan skema sistem pemrosesan citra digital non-tradisional dengan menciptakan konsep *algorithm* (Prahasta, 2008).



Gambar 2.4. Software ER Mapper

2.14. Uji/Analisis Akurasi

Penetapan akurasi dari klasifikasi citra sangat penting untuk mengevaluasi kualitas peta yang dikembangkan dari data penginderaan jauh. Keakuratan klasifikasi diperoleh dari perbandingan antara jumlah piksel yang dikelaskan secara benar pada setiap kelas dengan jumlah contoh yang digunakan.

Evaluasi ini menguji tingkat keakuratan secara visual dari hasil klasifikasi terbimbing dengan menggunakan titik-titik kontrol lapangan untuk uji akurasi. Titik-titik lain yang ditentukan sebanyak kelas-kelas yang telah ditetapkan dalam klasifikasi pada lokasi diluar area contoh yang telah digunakan sebelumnya.

Menurut Russel and Green (2009), secara umum menyarankan untuk area dengan luasan di bawah 1 juta acre dan kurang dari 12 kelas

maka titik lapangan yang perlu diambil minimal 50 titik sampel untuk tiap kelas dan untuk luasan diatas 1 juta acre disarankan untuk mengambil 75 hingga 100 titik sampel lapangan untuk tiap kelasnya.

Keakuratan hasil *accuracy assessment* dinyatakan dengan nilai *user's accuracy*, *producer's accuracy*, dan nilai *kappa accuracy*. *Producer's accuracy* dan *User's accuracy* adalah dua penduga dari ketelitian keseluruhan (*overall accuracy*). *Producer's accuracy* adalah peluang rata-rata (%) bahwa suatu piksel akan diklasifikasikan dengan benar yang secara rata-rata menunjukkan seberapa baik masing-masing kelas dilapangan telah diklasifikasi, ukuran ini juga mencerminkan rata-rata dari kesalahan komisi (*commission error*) yaitu kesalahan klasifikasi berupa kelebihan jumlah piksel pada suatu kelas yang diakibatkan masuknya piksel dari kelas lain.

User's accuracy adalah peluang rata-rata (%) bahwa suatu piksel dari citra yang terklasifikasi secara aktual mewakili kelas-kelas tersebut di lapangan, ukuran ini mencerminkan rata-rata dari kesalahan omisi (*omission error*) yaitu kesalahan klasifikasi berupa kekurangan jumlah piksel suatu kelas akibat masuknya piksel-piksel kelas tersebut ke kelas yang lain (Story dan Congalton 1986 dalam Hidayat 2002).

Sedangkan *overall accuracy* adalah suatu persentase yang sama dengan proporsi dari piksel-piksel yang terkelaskan dengan dengan tepat dibagi dengan jumlah total piksel yang diuji.

Evaluasi akurasi terhadap besarnya kesalahan klasifikasi area contoh untuk menentukan besarnya persentase ketelitian pemetaan. Evaluasi ketelitian pemetaan meliputi jumlah piksel area contoh yang diklasifikasikan dengan benar atau salah, pemberian nama kelas secara benar, persentase banyaknya piksel dalam masing-masing kelas serta persentase kesalahan total.

Akurasi ketelitian pemetaan diuji dengan membuat matriks *contingency* yang lebih sering disebut dengan matriks kesalahan (*confusion matrix*). Adapun bentuk dari matriks kesalahan dapat dilihat pada Tabel 2.7.

Tabel 2.7. Matriks kesalahan (confusion matrix)

Data acuan (Training Area)	Diklasifikasikan ke kelas (data kelas di peta)				Total baris X_{k+}	Producer's Accuracy X_{kk} / X_{k+}
	A	B	C	D		
A	X_{ii}					
B						
C						
.....						
D					X_{kk}	
Total kolom	X_{+k}				N	
User's accuracy	X_{kk}/X_{+k}					

Sumber : Jaya, 2006

Akurasi yang biasa dihitung berdasarkan tabel di atas antara lain, *User's accuracy*, *Producer's Accuracy* dan *overall accuracy*. Secara matematis jenis-jenis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$User's\ accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{+k}} \times 100\%$$

$$Producer's\ accuracy = \frac{X_{kk}}{X_{k+}} \times 100\%$$

$$Overall\ accuracy = \frac{\sum_k X_{kk}}{N} \times 100\%$$

Nilai akurasi yang paling banyak digunakan adalah akurasi Kappa, karena nilai ini memperhitungkan semua elemen (kolom) dari matriks. Secara matematis akurasi Kappa dinyatakan sebagai berikut:

$$Kappa(k) = \frac{N \sum_k X_{kk} - \sum_k X_{k+} X_{+k}}{N^2 - \sum_k X_{k+} X_{+k}} \times 100\%$$

- Dimana: N : Jumlah semua piksel yang digunakan untuk pengamatan
 X_{+k} : Jumlah total piksel per kolom
 X_{k+} : Jumlah total piksel per kelas

Berikut contoh perhitungan akurasi:

Tabel 2.8. Contoh pengambilan sampel

	Data Acuan (lapangan)				Total kolom
Data hasil klasifikasi		Hutan	Air	Perkebunan	
	Hutan	28	14	15	57
	Air	1	15	5	21
	Perkebunan	1	1	20	22
Total baris		30	30	40	100

Maka perhitungan akurasinya adalah sebagai berikut:

- Akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*):
 = jumlah diagonal utama (warna kuning)/jumlah titik
 = $63/100 \times 100$
 = 63%
- Akurasi produser (*Producer's Accuracy*):
 Hutan = $28/30 \times 100 = 93\%$
 Badan air = $15/30 \times 100 = 50\%$
 Perkebunan = $20/40 \times 100 = 50\%$
- Akurasi Pengguna (*User's Accuracy*):
 Hutan = $28/57 \times 100 = 49\%$
 Badan air = $15/21 \times 100 = 71\%$
 Perkebunan = $20/22 \times 100 = 91\%$

Menurut ketentuan standar USGS, hasil uji akurasi untuk kebenaran hasil klasifikasi yang dianggap benar ialah bila hasil ujinya bernilai $\geq 85\%$.

2.15. Sistem Informasi Geografis

Sistem Informasi Geografis (SIG) adalah sistem berbasis komputer yang terdiri atas perangkat keras komputer (hardware), perangkat lunak (software), data geografis dan sumberdaya manusia (brainware) yang mampu merekam, menyimpan, memperbaharui, menampilkan dan menganalisis informasi yang bereferensi geografis (Jaya 2002).

Aronoff (1989) dalam Candra (2003) menyatakan bahwa, SIG adalah sistem yang berbasis komputer yang digunakan untuk menyimpan dan memanipulasi informasi-informasi geografis. SIG dirancang untuk mengumpulkan, menyimpan dan menganalisis obyek-obyek dan fenomena dimana lokasi geografi merupakan karakteristik yang penting dan kritis untuk dianalisis. Dengan demikian, SIG merupakan sistem komputer yang memiliki empat kemampuan dalam menangani data yang bereferensi geografis:

1) memasukkan, 2) manajemen data (penyimpanan, pemanggilan), 3) analisis dan manipulasi data, 4) keluaran.

Dalam buku Prahasta (2002), Bern (1992) menyatakan bahwa SIG adalah sistem komputer yang digunakan untuk memanipulasi data geografi. Sistem ini diimplementasikan dengan perangkat keras dan perangkat lunak (program) komputer yang berfungsi untuk: (a) Akuisi dan verifikasi data, (b) Kompilasi data, (c) penyimpanan data, (d) Perubahan dan updating data, (e) Manajemen dan pertukaran data, (f) Manipulasi data, (g) Pemanggilan dan presentasi, dan (h) Analisis data.

Sistem Informasi Geografis saat ini merupakan alat yang banyak digunakan pada aplikasi-aplikasi yang berada dalam rangka membantu untuk pengambilan atau pembuatan keputusan. Banyak keputusan yang diambil berdasarkan kenyataan-kenyataan geografis suatu wilayah. Apa yang ada pada suatu wilayah tersebut, dimana lokasi yang tepat dan baik, kapan dan mana wilayah yang dipilih (Nurcahyono 2003).

Sistem informasi geografis memiliki empat komponen dasar yaitu masukan data (*input data*), manajemen data (*data management*), manipulasi dan analisis data (*manipulation and data analysis*) dan penyajian data (*output data*) (Aronoff 1989 dalam Candra 2003).

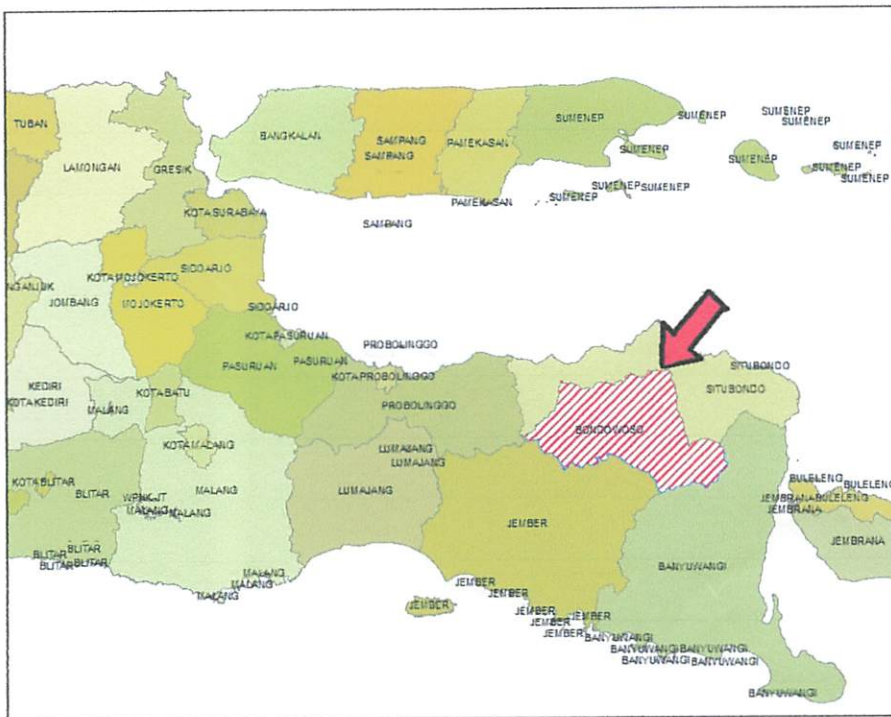


BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1. Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah membuat peta tutupan lahan dengan data dari citra *ALOS AVNIR2* menggunakan metode *Unsupervised Classification* untuk Kabupaten Bondowoso.



Gambar 3.1 Orientasi lokasi penelitian

3.2. Data Penelitian

Data yang digunakan dalam penelitian dengan judul Pemanfaatan Citra Satelit *ALOS AVNIR2* untuk Pemetaan Tutupan Lahan dengan Metode *Unsupervised Classification* sebagai berikut:

1. Citra Satelit *ALOS AVNIR2* hasil rekaman tahun 2009 wilayah Kabupaten Bondowoso
2. Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso

3.3. Alat Penelitian

Untuk membuat peta tutupan lahan, dalam penelitian ini digunakan alat berupa perangkat keras dan perangkat lunak. Alat-alat tersebut adalah sebagai berikut:

3.3.1. Perangkat Keras (*Hardware*)

Hardware yang digunakan dalam pembangunan aplikasi ini adalah

1. *Notebook ASUS A43S Series, Processor Intel® Core i3-2350M CPU @ 2.30 GHz Memory 4GB DDR₃*
2. *GPS (Global Positioning System) tipe Garmin 76csx.*
3. *Telepon genggam Sony Xperia Tipo*

3.3.2. Perangkat Lunak (*Software*)

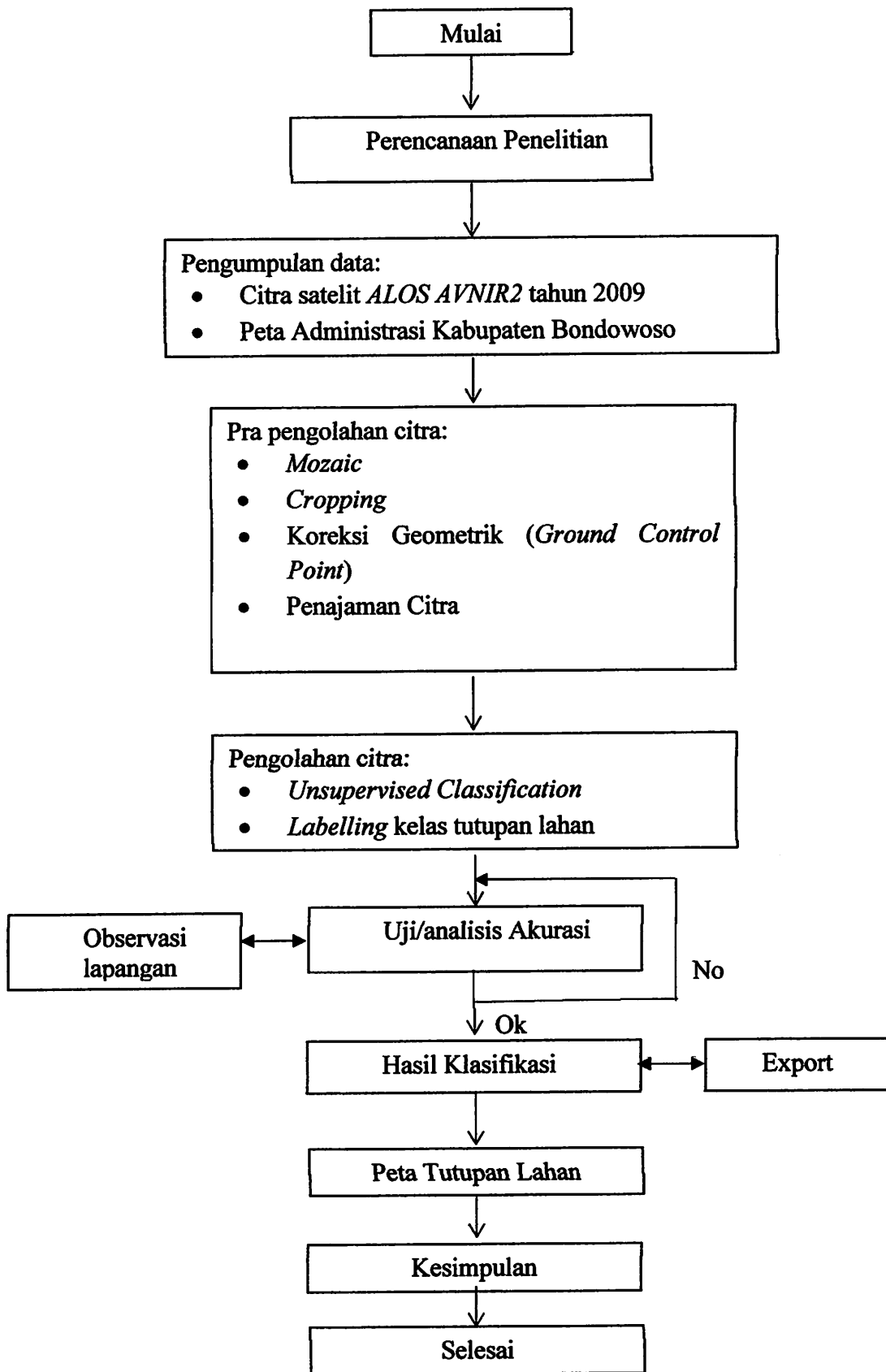
Software yang diperlukan dalam pelaksanaan penelitian ini yaitu :

1. *Sistem Operasi Windows 7*
2. *Browser Google Chrome versi 27.0.1453.94*
3. *Google Earth Pro 4.2.0180.1134 (beta)*
4. *ER Mapper version 7.1*
5. *ESRI® ArcMap™ versi 9.3*

3.4. Langkah Penelitian

Sebelum melaksanakan penelitian terlebih dahulu dibuat kerangka pekerjaan agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dan terstruktur sehingga memudahkan dalam proses pengerjaan. Kerangka pekerjaan dapat dilihat dari diagram alir dibawah ini.





Gambar 3.2 Diagram alir penelitian.

Berikut penjelasan berdasarkan diagram pada gambar 3.2

- Tahap pertama adalah memulai penelitian dengan menentukan tema, permasalahan serta tujuan penelitian.
- Tahap kedua adalah perencanaan penelitian yang meliputi kegiatan menentukan alat dan bahan pendukung, waktu pelaksanaan serta penentuan metode yang digunakan dalam penelitian.
- Tahap ketiga adalah pengumpulan data.
- Tahap keempat adalah Pra pengolahan Citra, yaitu Pengolahan awal citra diperlukan untuk visualisasi citra sampai siap diklasifikasi.
- Tahap kelima adalah pengolahan citra, yaitu melakukan klasifikasi citra untuk menentukan tutupan lahannya dengan metode *Unsupervised Classification*.
- Tahap keenam adalah Uji akurasi terhadap hasil klasifikasi tutupan lahan apakah sudah memenuhi standar atau tidak.
- Tahap ketujuh adalah penyusunan layout hasil peta tutupan lahan.
- Tahap kedelapan adalah membuat kesimpulan berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan.
- Tahap kesembilan penyelesaian.

3.5. Pengumpulan dan Pengolahan Data

3.5.1. Pengumpulan Data

Pengumpulan data penelitian ditujukan sebagai bahan untuk melakukan proses penelitian pembuatan peta tutupan lahan. Pengumpulan data dilakukan sesuai tema penelitian yaitu citra satelit *ALOS AVNIR2* wilayah Kabupaten Bondowoso tahun 2009 serta data peta Administrasi Kabupaten Bondowoso.



3.5.2. Pra Pengolahan Citra

Pengolahan awal citra diperlukan untuk tujuan visualisasi citra supaya siap diklasifikasi.

3.5.2.1. Menampilkan Citra dan Komposit Band Citra

Citra multispektral terdiri dari beberapa band. Pada citra ALOS AVNIR2, terdapat 4 band masing-masing:

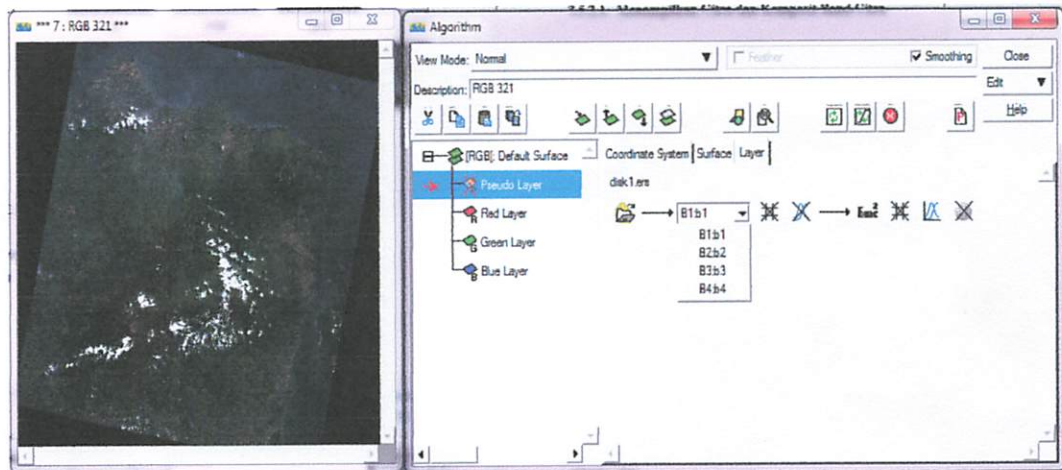
Band1: Blue

Band2: Green

Band3: Red

Band4: *Near Infra Red*

Untuk menampilkan citra dengan kenampakan yang mudah dikenali, perlu dilakukan komposit band sesuai kebutuhan interpretasi. Kombinasi band 321/RGB akan menghasilkan yang disebut *Natural/true Colour* (warna alami). Dimana warna citra akan nampak seperti sebenarnya, vegetasi berwarna hijau, tanah berwarna coklat, dan laut berwarna biru kehitaman.



Gambar 3.3 Komposite band citra

Untuk merubah tampilan warna dari citra tersebut, kita dapat merubah kombinasi band yang kita inginkan pada RGB layer-nya. Jika *band* yang kita kombinasikan adalah *band 4* pada *Red layer*, *band 3* pada *green layer*, dan *band 2* pada *Blue layer*, maka kita akan mendapatkan *Standar False Colour Composite*.

3.5.2.2. *Mozaic* Citra

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

3.5.2.3. Penyeimbangan Warna

Penyeimbangan warna bertujuan untuk menormalkan warna antara citra-citra hasil penggabungan/*mosaic* sehingga dapat memiliki warna yang seimbang untuk mempermudah interpretasi.

3.5.2.4. *Cropping* Citra

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

3.5.2.5. Koreksi Geometrik

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

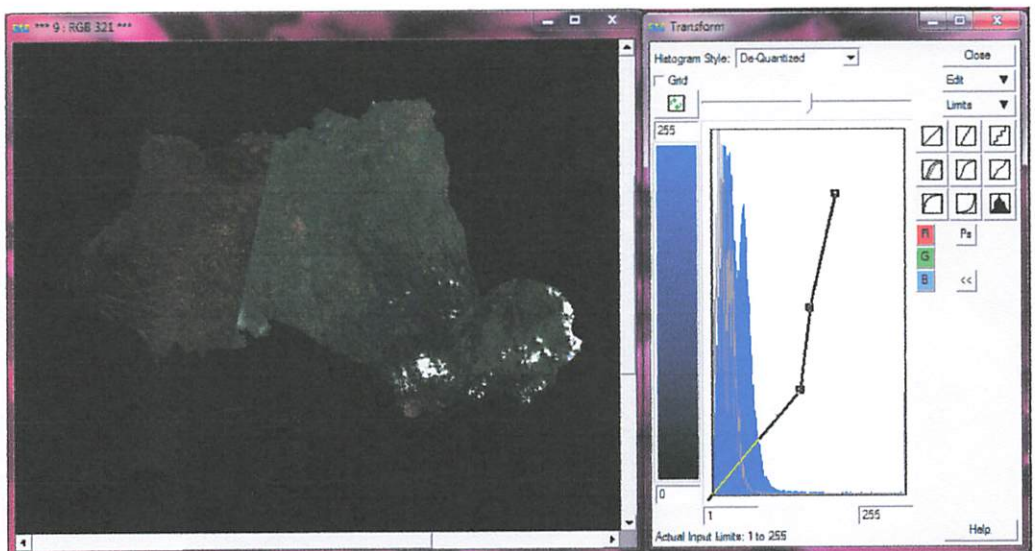
Titik kontrol lapangan merupakan kenampakan yang lokasinya diketahui dan secara cepat dapat ditentukan posisinya pada citra satelit. Kenampakan yang baik untuk titik kontrol antara lain

perpotongan jalan, jembatan, perpotongan jalan raya dan tubuh air dan sebagainya. Koreksi geometrik dilakukan dengan mengambil sejumlah titik ikat lapangan yang disesuaikan dengan koordinat citra (lajur dan baris). Nilai koordinat tersebut kemudian digunakan untuk analisis kuadrat kecil yang biasanya pada fungsi polinomial orde 1, 2 dan 3 yang cocok dengan sebaran titik kontrol lapangan.

Merektifikasi citra menggunakan data hasil titik kontrol lapangan sebagai acuan sangat penting untuk mendapatkan citra dengan koordinat yang benar. Setelah menginput hasil *Ground Control Point*, bisa terlihat nilai *RMS (Root Mean Square)* yang menunjukkan seberapa besar kesalahan titik yang diambil terhadap titik di citra yaitu perbedaan X dan Y nya. *RMS error* secara umum nilainya kurang dari 1 pada setiap pixel (*image cell*).

3.5.2.6. Penajaman Citra

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



Gambar 3.4 Proses Penajaman Citra

3.5.3. Pengolahan Citra

Tahap pengolahan citra yaitu melakukan klasifikasi untuk membagi ke dalam kelas-kelas spektral lalu memberi label terhadap kelas-kelas tersebut.

3.5.3.1. *Unsupervised Classification*

Unsupervised classification atau Klasifikasi tak terbimbing merupakan cara untuk mengelompokkan piksel-piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas berdasarkan pengelompokan nilai digital citra. Kelas yang dihasilkan dari klasifikasi tidak terbimbing adalah kelas spektral. Pengelompokan kelas menggunakan metode pengelompokan/clustering ISODATA. Proses ini sepenuhnya dilakukan oleh komputer menggunakan *software ER Mapper* dengan terlebih dahulu memberi nilai untuk parameter clusterisasi.

3.5.3.2. *Filtering*

Filtering digunakan untuk menajamkan citra guna meningkatkan interpretasi visual dengan cara meratakan dan menghilangkan noise atau bising.

3.5.3.3. *Labelling dan Editing Hasil Kasifikasi*

Proses ini dilakukan untuk memberikan nama/keterangan dan warna sesuai keadaan nyata dari hasil pengelompokan kelas spektral. *Labelling* dilakukan berdasarkan interprestasi peneliti.





Gambar 3.5 Labeling kelas tutupan lahan

3.5.4. Uji/Analisis Akurasi

Analisis ini dilakukan untuk mengetahui ketelitian hasil dari klasifikasi. Akurasi ketelitian pemetaan diuji dengan membuat matriks *contingency* yang lebih sering disebut dengan matriks kesalahan (*confusion matrix*).

Dalam tahapan ini analisis mengidentifikasi area contoh yang mewakili dari setiap penutupan lahan yang diinginkan dan membangun suatu deskripsi numerik dari spektral tiap penutupan lahan tersebut (Lillesand dan Kiefer 1994).

Pengambilan contoh dilakukan berdasarkan data yang didapatkan dari pemeriksaan lapangan kemudian dilakukan penentuan dan pemilihan lokasi-lokasi area contoh (*training area*) untuk pengambilan informasi statistik tipe-tipe penutupan lahan. Informasi statistik dari setiap tipe penutupan lahan akan digunakan untuk menjalankan fungsi akurasi.

3.5.5. *Layout-ing*

Proses ini yaitu menjadikan hasil klasifikasi tutupan lahan menjadi peta tutupan lahan sebagai *output* hasil penelitian. *Layout-ing* bertujuan agar penyajian data lebih informatif dan menarik sehingga mudah dibaca dan dipahami. *Layout-ing* peta dilakukan dengan menggunakan *software ArcGIS 9.3*.

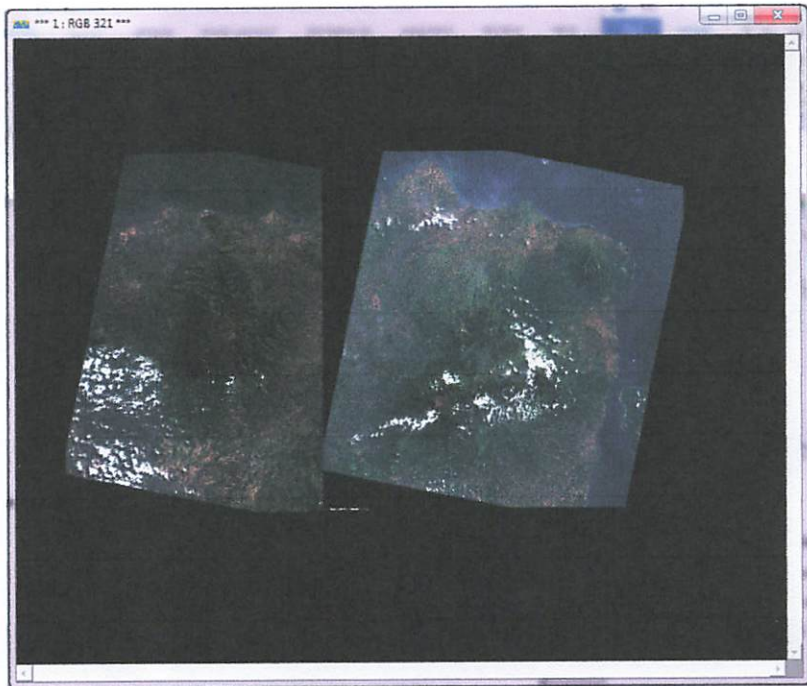
BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1. Citra ALOS AVNIR2 Daerah Penelitian

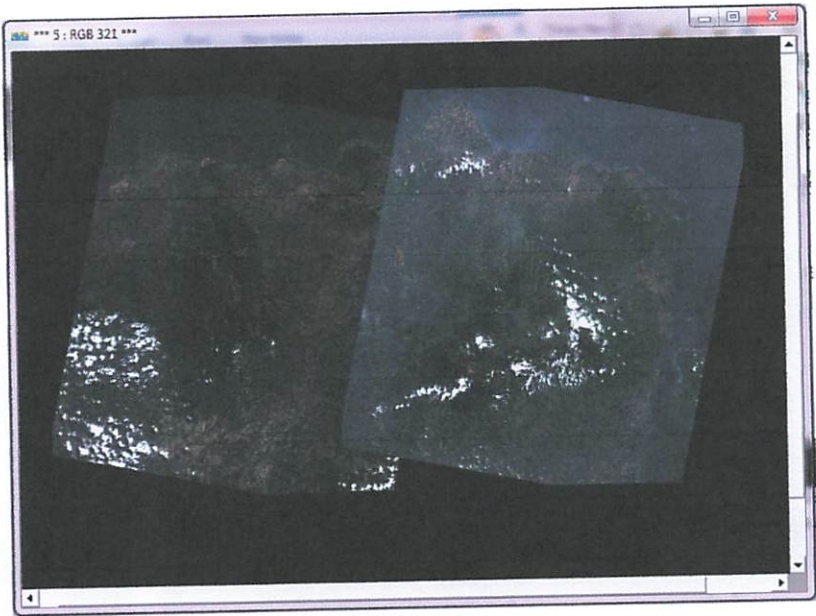
4.1.1. *Mozaic*

Di daerah penelitian ini terdapat 2 *scene* Citra Satelit ALOS AVNIR2, sehingga untuk menampilkan visualisasi daerah penelitian secara utuh maka dilakukan proses *mosaic*/penggabungan. Pada proses *mosaic* dilakukan penggabungan citra (citra disk1 dan disk2) menjadi satu citra. Berikut hasil dari proses *mosaic* citra.



Gambar 4.1 Citra sebelum di Mozaic





Gambar 4.2 Citra setelah di Mozaic

4.1.2. Penyeimbangan Warna Citra Hasil Mozaic

Citra yang telah dimosaic (sering kali) masih menyisakan sedikit perbedaan warna (tone) di sekitar batas-batas citra-citra (yang bersebelahan) yang menjadi masukannya. Oleh karena itu tampilan citra ini perlu dinormalkan (diseimbangkan). Hasil penyeimbangan warna dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4.3 Citra Hasil penyeimbangan warna

4.1.3. Pemotongan Citra/Crop

Pada penelitian ini Citra Dijital yang telah diproses mencakup wilayah yang luas melebihi batasan area yang diperlukan sehingga diperlukan pemotongan sesuai dengan batas area.



Gambar 4.4 Citra setelah dilakukan pemotongan

4.1.4. Koreksi Geometrik

Data penginderaan jauh yang langsung diterima stasiun bumi dari sensor satelit masih mengandung beberapa kesalahan (distorsi), sehingga perlu dilakukan perbaikan lebih lanjut oleh analis (*user's*) sesuai dengan maksud dan tujuan pemrosesan data dan informasi yang dibutuhkan. Dalam penelitian ini citra memiliki level 1A yaitu terkoreksi secara radiometrik (meskipun minimum) namun masih memiliki kesalahan geometri sehingga dibutuhkan pengolahan lebih lanjut. Perbaikan/koreksi terhadap kesalahan geometrik dilakukan pada tahap pengolahan awal citra (*pre-image processing*).

Pengolahan awal citra merupakan tahap awal dari pengolahan citra satelit ALOS AVNIR2 untuk meningkatkan kualitas data citra dengan lokasi Kabupaten Bondowoso. Untuk itu koreksi terhadap distorsi atau kesalahan data perlu dilakukan sebelum data dianalisa lebih lanjut.

... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...



... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...

... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...

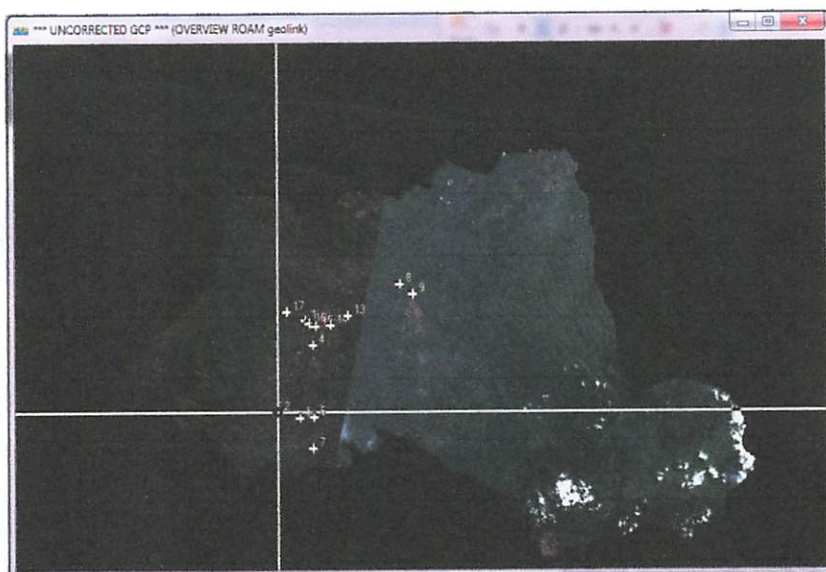
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...
... dan perawatan (1/1/1997) yang telah dilakukan ...

Distorsi atau kesalahan geometrik ini tidak tampak secara nyata dalam citra, namun kesalahan akibat posisi geometris dapat berakibat fatal karena dapat menyebabkan terjadinya kesulitan dalam melakukan pengecekan lapang terhadap obyek yang tampak pada citra, distorsi ukuran luas kesulitan pada proses integrasi citra dengan sumber yang lain dan tidak memungkinkan dilakukannya perbandingan piksel demi piksel (Jaya 1997).

Koreksi geometrik merupakan salah satu dari proses dalam pra pengolahan citra yang harus dilakukan sebelum citra asli digunakan lebih lanjut. Koreksi ini dilakukan dengan merektifikasi citra menggunakan titik ikat lapangan (*Ground Control Point*) sebagai acuan. Titik-titik yang diambil haruslah titik-titik yang dapat diidentifikasi dengan mudah pada citra seperti jembatan, perempatan jalan, pinggir sungai, dan sebagainya.

Untuk mendapatkan hasil koreksi geometrik yang presisi haruslah diambil titik *ground control point* dengan posisi yang memenuhi *Strength of Figure (SoF)*, yaitu sejumlah titik kontrol yang diambil di lapangan haruslah tersebar merata pada seluruh area pengamatan sebagai koordinat referensi.

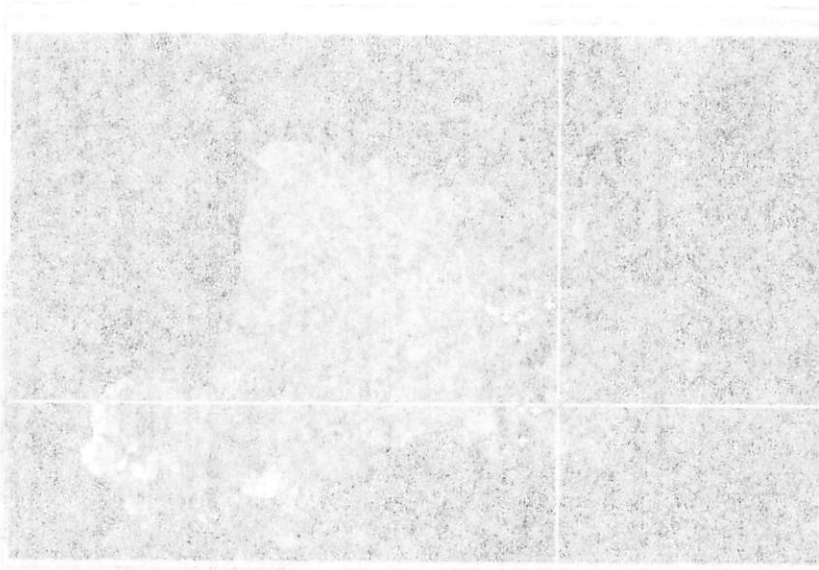
Pada Penelitian ini, terdapat keterbatasan dalam pengambilan titik *ground control point* yang tidak sepenuhnya memenuhi syarat *Strength of Figure (SoF)*. Hal ini disebabkan karena struktur topografi area penelitian (Kabupaten Bondowoso) yang berbukit dan hutan sehingga lokasinya sulit dijangkau serta tidak adanya obyek yang menonjol yang dapat dipilih dan teridentifikasi pada citra.



Gambar 4.5. lokasi ground control point pada citra

Tabel 4.1 Identifikasi titik GCP

no.gcp	koordinat		identifikasi	Lokasi
	x	y		
1	810687	9124605	pertigaan jalan	Jl. Diponegoro - Jl. MT. Haryono Kelurahan Badean
2	807516	9115323	pojok bangunan/pabrik	Desa Pekauman
4	811426	9122182	jembatan	Jl. Kis Mangunsarkoro Desa Sukowiryo
5	809929	9114740	perempatan jalan	Desa Wonosuko
6	811495	9114772	perempatan jalan	Desa Kalianyar
7	811338	9111598	pojok bangunan/pabrik	Desa Sukosari
11	822340	9127119	jembatan	Desa Gununganyar
12	820985	9128234	pertigaan jalan	Desa Jurangsapi
13	815285	9125075	jembatan	Desa Tenggarang
14	813400	9124144	jembatan	Kelurahan Kademangan
15	811825	9124011	jembatan	Jl.Veteran Kelurahan Dabasah
16	811131	9124396	perempatan jalan	Alun-Alun, jl. Ahmad Yani - Jl. Diponegoro Kelurahan Badean
17	808704	9125558	jembatan	Desa Summersuko



Gambar 4.2. Rekaman citra satelit pada tahun 2010

Tabel 4.1. Koordinat titik GCP

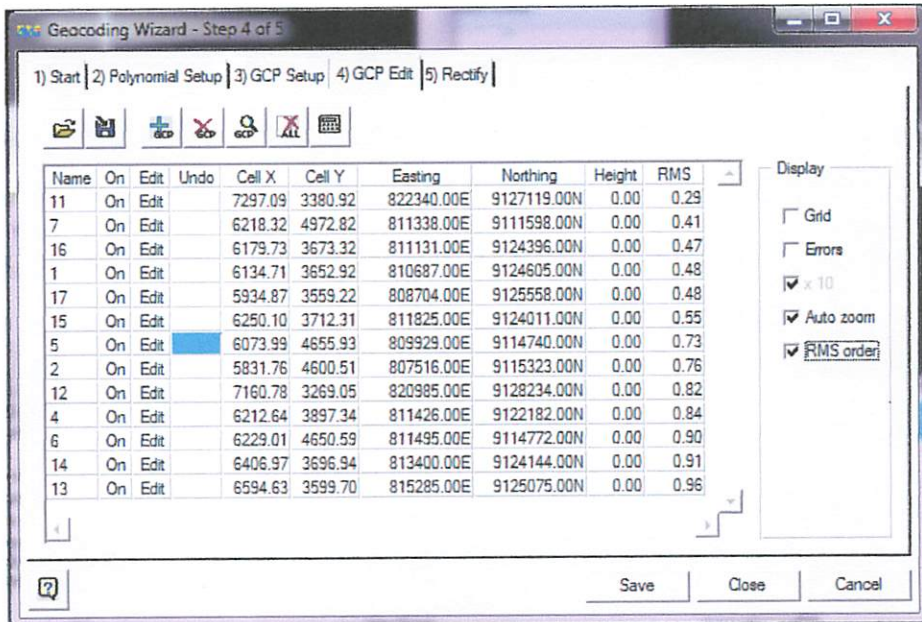
no. GCP	koordinat		identifikasi	lokasi
	x	y		
1	810887	9124802	perempatan jalan	Jl. Dinongore - Jl. MT. Haryono Kecamatan Baban
2	807218	9115223	pojok bangunan/patok	Desa Pakem Jl. Kis Mangunskoro
4	814256	9122182	tempatan	Desa Sukowiryo Desa Wonorejo
5	809929	9144740	perempatan jalan	Desa Kalayan
6	814492	9144772	perempatan jalan	Desa Sukasri
7	811328	9111298	pojok bangunan/patok	Desa Gunungyar
11	822340	9122119	tempatan	Desa Jungsari
12	820982	9128234	perempatan jalan	Desa Tenggang
13	812282	9122022	tempatan	Kecamatan Kadungan
14	813400	9124141	tempatan	Jl. Veteran Kecamatan Paksi
15	811822	9124011	tempatan	Alon-Alun, Jl. Ahmad Yani - II Diponegoro
16	811121	9124396	perempatan jalan	Kecamatan Baban
17	808704	9122228	tempatan	Desa Sumberuko

- Dokumentasi pengambilan titik GCP



Gambar 4.6. Pengambilan titik kontrol lapangan

Pada penelitian ini, diambil 13 titik ikat yang tersebar di lapangan dan memiliki koordinat. Koordinat titik-titik tersebut kemudian dimasukkan ke proses rektifikasi untuk dilihat nilai RMS-nya.



Gambar 4.7. Hasil GCP

Perhitungan nilai RMS untuk koreksi geometri pada penelitian untuk Citra ALOS AVNIR2 perekaman tahun 2009 berdasarkan hasil *ground control point* adalah sebagai berikut.

Jumlah titik sekutu : 13 titik

Total nilai RMS error : 8.6

$$\begin{aligned}
 \text{Rata-rata kesalahan} &= \frac{\sum \text{RMS error}}{\text{titik sekutu}} \\
 &= \frac{8.6}{13} \\
 &= 0.661538 \text{ pixel}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai RMS Citra hasil GCP} &= 0.661538 \times 10 \text{ meter} \\
 &= 6.615385 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan RMS error diatas, hasilnya dianggap cukup baik karena jumlah nilai kesalahan citra tidak melebihi dari resolusi

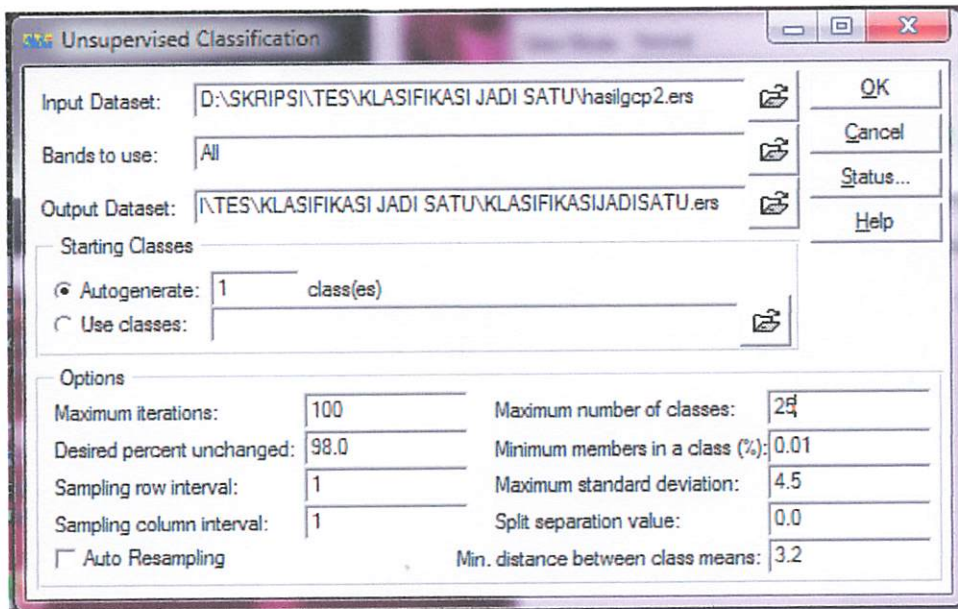
citra itu sendiri yaitu dengan total nilai kesalahan $6.615385 < 10$ meter sehingga rektifikasi dapat dilakukan.

Sistem koordinat yang dipilih untuk rektifikasi ini adalah *Universal Transverse Mercator* (UTM) dengan proyeksi peta yang digunakan adalah UTM 49 zona Selatan dimana Jawa Timur termasuk wilayah pada zona *South UTM row 49*, sedangkan datum yang digunakan adalah *World Geographic System 84* (WGS 84).

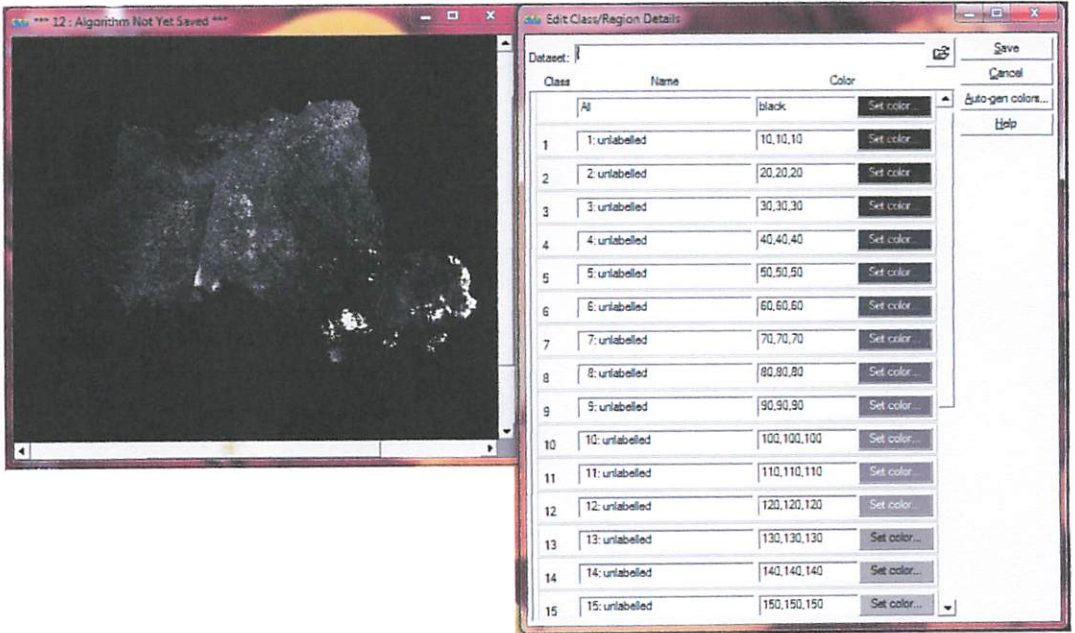
4.2. Hasil Pengolahan

4.2.1. Klasifikasi Unsupervised

Unsupervised Classification dilakukan sepenuhnya oleh Komputer. Dalam tahap ini hanya perlu dimasukkan beberapa nilai parameter antara lain nilai iterasi yang dibutuhkan (*Maximum Iterations*) dan berapa banyak kelas yang ingin dibuat (*Maximum Number of Classes*). Dari proses *Unsupervised Classification*, didapat 25 kelas spektral. 25 kelas tersebut dikelompokkan berdasarkan nilai di *Digital Number*nya.

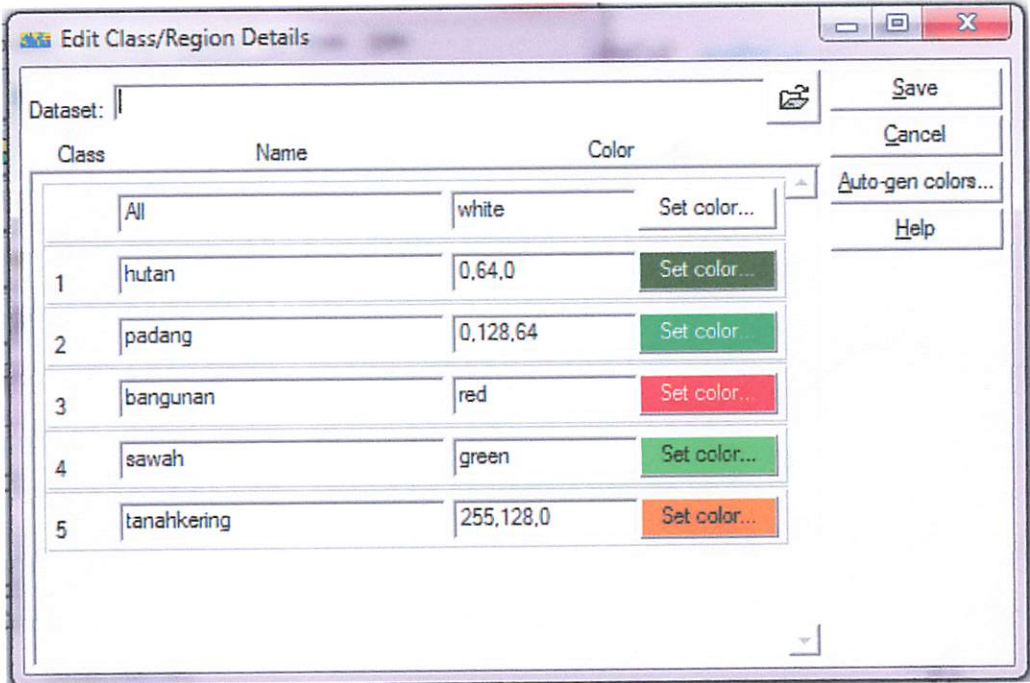


Gambar 4.8. Input Parameter Klasifikasi



Gambar 4.9 Hasil Pengkelasan Unsupervised

25 kelas spektral hasil Unsupervised Classification kemudian di reklasifikasi menjadi 5 kelas tutupan lahan berdasarkan hasil interpretasi.

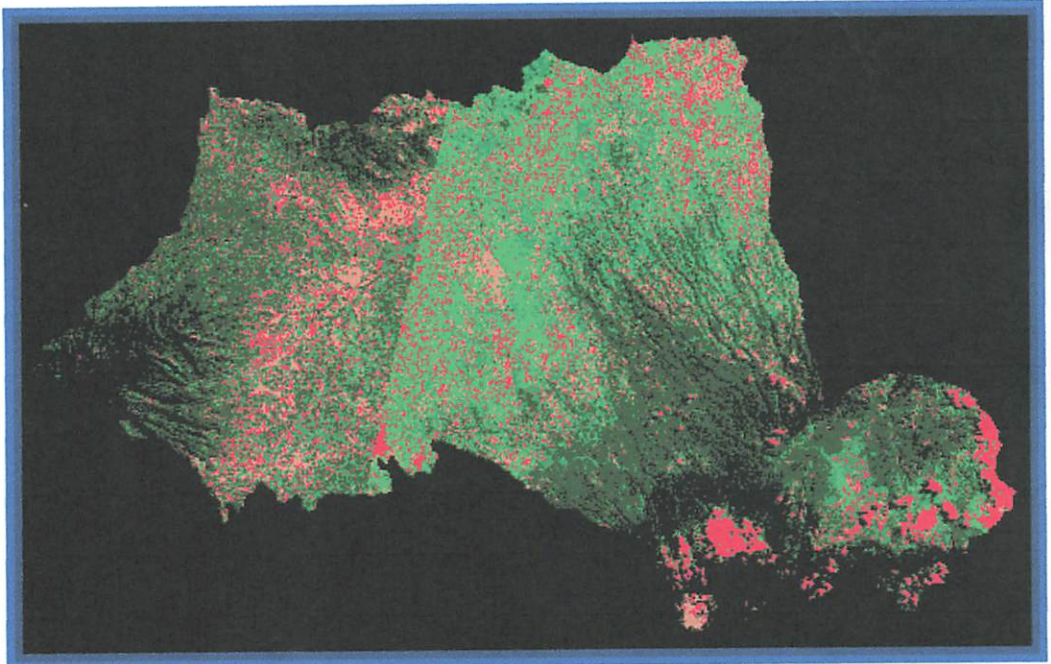


Gambar 4.10 Hasil Reklasifikasi 5 kelas

Tabel 4.2 identifikasi Kelas tutupan lahan

Klasifikasi Penutupan Lahan Hasil Metode Unsupervised			
No	Kelas Tutupan Lahan	Ciri yang dapat dikenali	tingkat kemudahan/kesulitan
1	Hutan/Kebun Campuran	warna hijau tua tekstur kasar pola sangat rapat	cukup mudah dibedakan
2	Padang (rumpun)	Rona agak bervariasi Warna Hijau kecoklatan tekstur sedikit halus daripada hutan pola rapat	sedikit sulit dibedakan karena bervariasi
3	Sawah Basah	warna hijau agak tua pola petak-petak tekstur halus dan hampir seragam	cukup mudah dibedakan karena mempunyai ciri yang khas
4	Tanah/Sawah Kering	warna coklat kekuningan pola bervariasi	cukup mudah dibedakan
5	Lahan Terbangun	warna coklat tua kemerahan Bentuk persegi Pola persegi mengelompok Ukuran Bervariasi	cukup mudah dibedakan

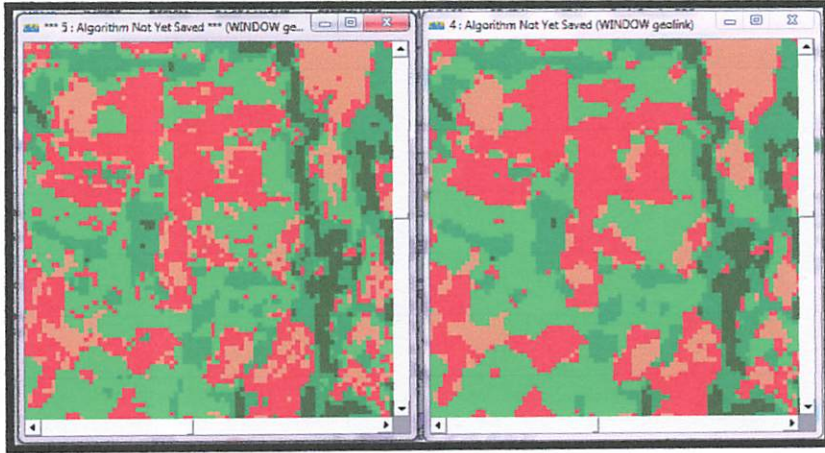
Keterbatasan pada citra ALOS AVNIR2 dalam mengklasifikasikan tutupan lahan yaitu masih terdapat obyek yang terklasifikasi ke dalam kelas lain. Salah satunya adalah awan yang teridentifikasi ke dalam kelas bangunan.



Gambar 4.11 Hasil Reklasifikasi kelas tutupan lahan

Setelah didapat hasil klasifikasi tutupan lahan, kemudian diberikan *filter* untuk menghaluskan *noise*. Filter yang digunakan yaitu *filter*

majority. Filter ini mengurangi nilai dari piksel minor (piksel yang kurang dominan) untuk dimasukkan ke piksel mayor (piksel dominan).

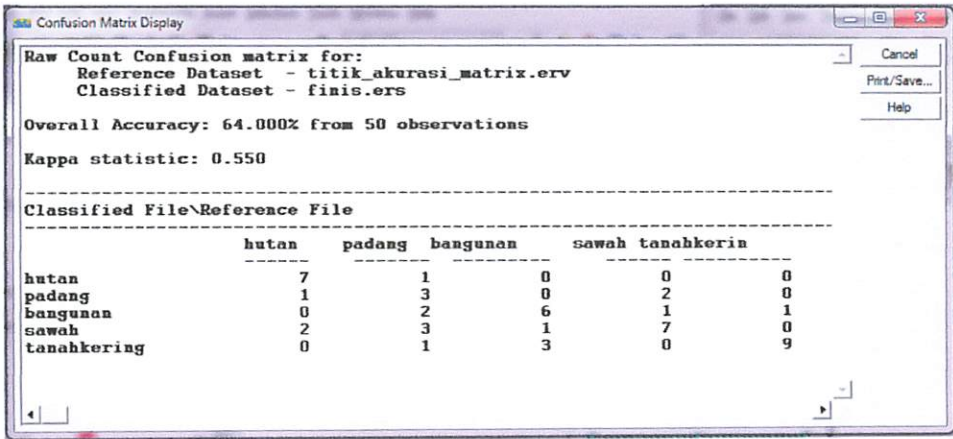


Gambar 4.12 proses filtering

Dari hasil klasifikasi citra, tampak pada hasil terdapat garis ditengah citra. Hal ini disebabkan karena 2 *scene* citra yang dimozaik pada proses sebelumnya memiliki tingkat intensitas rona yang berbeda sehingga pada saat klasifikasi menyebabkan munculnya garis batas walaupun sudah dilakukan penyeimbangan warna (*image balancing*). Perbedaan rona tersebut disebabkan karena 2 *scene* citra ALOS AVNIR2 memiliki waktu perekaman yang berbeda.

4.2.2. Uji Akurasi

Uji akurasi dilakukan untuk menguji keakuratan hasil klasifikasi citra. Uji akurasi dihitung menggunakan matriks Confusion dengan menghitung persentase dari piksel-piksel yang terkelaskan dengan tepat dibagi dengan jumlah total piksel yang diuji. Pada penelitian ini, titik sampel uji akurasi adalah 10 titik untuk masing-masing kelas. Total titik sampel yang diambil adalah 50 titik sampel.



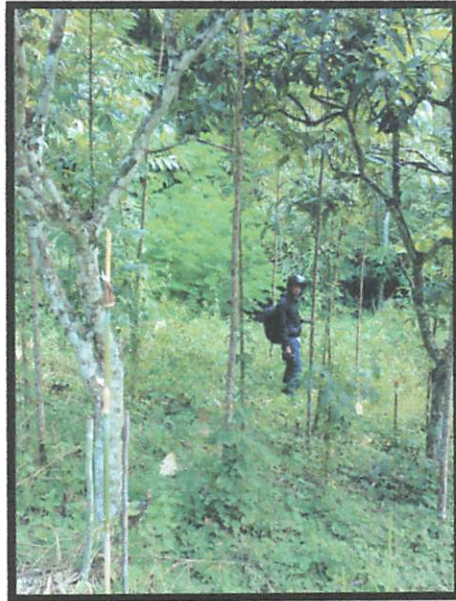
Gambar 4.13 Hasil Uji akurasi

Tabel 4.3 Tabel matriks konfusi

	hutan	padang	bangunan	sawah	tanahkering	
hutan	7	1	0	0	0	8
padang	1	3	0	2	0	6
bangunan	0	2	6	1	1	10
sawah	2	3	1	7	0	13
tanahkering	0	1	3	0	9	13
total baris	10	10	10	10	10	50

- Akurasi keseluruhan (*Overall Accuracy*):
 = jumlah diagonal utama (warna kuning)/jumlah titik (biru)
 = $32/50 \times 100$
 = 64%

- Dokumentasi cek lapangan



Gambar 4.14. Pengambilan sampel hutan



Gambar 4.15. Pengambilan sampel padang

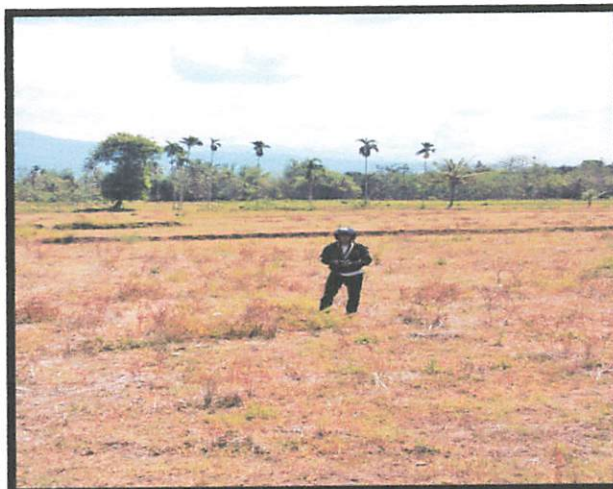




Gambar 4.16. Pengambilan sampel bangunan



Gambar 4.17. Pengambilan sampel sawah



Gambar 4.18. Pengambilan sampel tanahkering

4.2.3. Luas Area

Class/Region	Hectares	Sq. Km	Acres
bangunan	24043.589	240.436	59413.006
hutan	48466.380	484.664	119763.042
padang	24992.385	249.924	61757.533
sawah	28182.959	281.830	69641.614
tanahkering	14348.357	143.484	35455.564
Luas Keseluruhan Kabupaten	155717.912	1557.179	384787.370
All	1266369.168	12663.692	3129266.598

Keterangan: satuan dalam km²

Gambar 4.19. Statistik luas Kelas

$$\text{Luas Total Area} = 1557.179 \text{ km}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Total Kelas} &= \text{Luas Hutan} + \text{Luas Padang} + \text{Luas Bangunan} + \\ &\quad \text{Luas Sawah} + \text{Luas Tanah Kering} \\ &= 1400 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas Bayangan} &= 1557 - 1400 \\ &= 129.93 \text{ km}^2 \end{aligned}$$

Prosentase Luas Tiap Kelas

$$\begin{aligned} \text{Hutan} &= 484.664 / 1557.179 \times 100 \\ &= 31.12 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Padang} &= 249.924 / 1557.179 \times 100 \\ &= 16.05 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bangunan} &= 240.436 / 1557.179 \times 100 \\ &= 15.44 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sawah} &= 281.83 / 1557.179 \times 100 \\ &= 18.09 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tanah kering} &= 143.484 / 1557.179 \times 100 \\ &= 9.21 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bayangan} &= 129.93 / 1557.179 \times 100 \\ &= 8.34 \% \end{aligned}$$

4.2.4. Peta Tutupan Lahan Kabupaten Bondowoso

Peta tutupan lahan Kabupaten Bondowoso hasil dari *unsupervised classification* dengan citra ALOS AVNIR2 di cetak dalam kertas ukuran A4 dengan skala 1:400.000

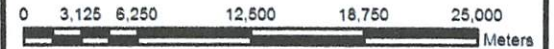


KABUPATEN BONDOWOSO
TAHUN 2009

SKALA 1 : 400.000



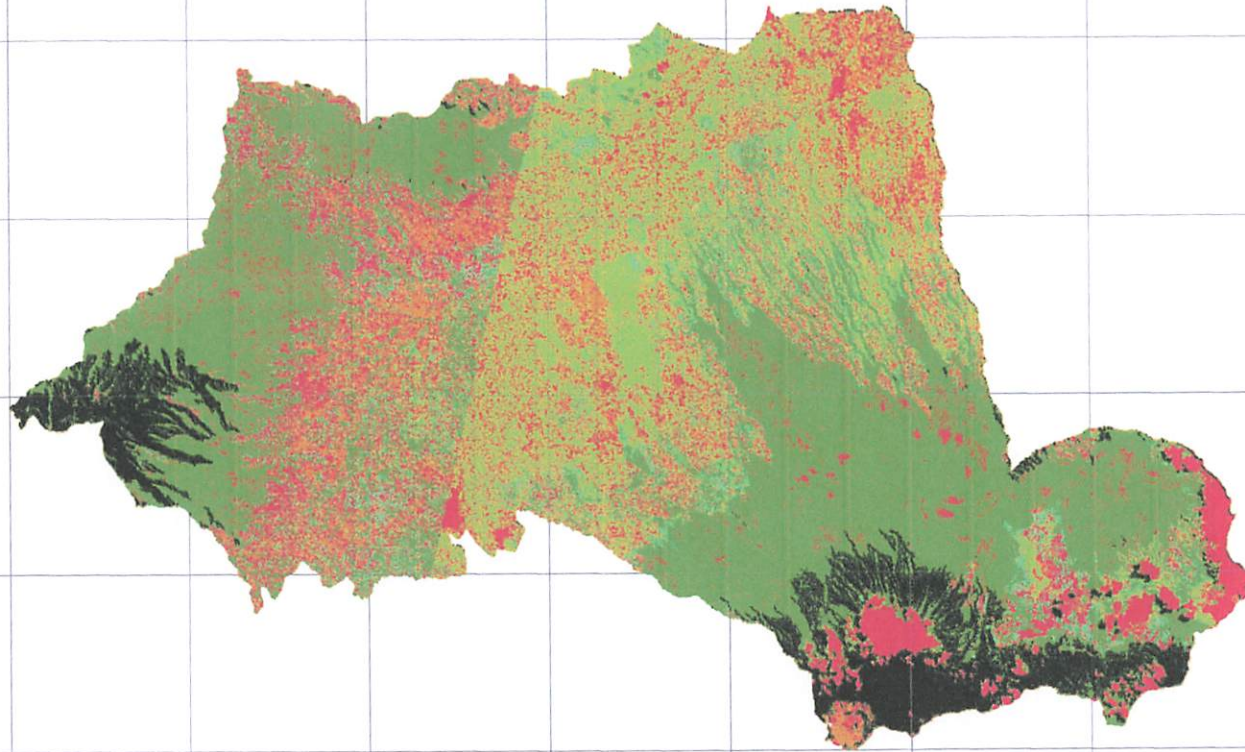
Proyeksi : Tranverse Mercator
Sistem Grid : UTM Grid
Datum Horizontal : World Geodetic System (WGS) 1984
Datum Vertikal : Muka Laut Setempat
Satuan : Meter



Legenda

-  Bangunan
-  Hutan
-  Tanah Kering
-  Padang
-  Sawah
-  Bayangan
-  Batas Administrasi

Sumber Peta :
1. Peta Administrasi Kabupaten Bondowoso Tahun 2009
2. Citra ALOS AVNIR2
Akuisisi : - (Citra 1) tanggal 8 April 2009
 - (Citra 2) Tanggal 26 Juli 2009



790000 800000 810000 820000 830000 840000 850000 860000

9090000
9100000
9110000
9120000
9130000
9140000
9150000
9160000

BAB V

PENUTUP

5.2. Kesimpulan

1. Kabupaten Bondowoso berdasarkan klasifikasi citra ALOS AVNIR2 perekaman tahun 2009 dengan metode *Unsupervised Classification* memiliki 5 kelas tutupan lahan yaitu hutan, padang, bangunan, sawah, dan lahan kering.
2. Evaluasi hasil memperlihatkan ternyata masih banyak obyek yang cenderung terklasifikasi ke dalam kelas lain.
3. Citra ALOS AVNIR2 Kabupaten Bondowoso memiliki perbedaan rona antara scene 1 dengan scene 2 yang disebabkan perbedaan waktu perekamannya sehingga menimbulkan adanya garis pada area citra yang terklasifikasi.
4. Klasifikasi tutupan lahan dengan metode *Unsupervised Classification* menggunakan citra ALOS AVNIR2 memiliki nilai akurasi keseluruhan 64 %.

5.2. Saran

1. Untuk tujuan pemetaan dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, perlu dilakukan klasifikasi lebih lanjut dengan kelas spektral yang lebih banyak.
2. Pengambilan titik *ground control point* haruslah memenuhi *strength of figure* untuk mendapat hasil koreksi geometri yang presisi
3. Diperlukan interpretasi yang teliti untuk mengklasifikasi citra ALOS AVNIR2 dengan metode *Unsupervised Classification*.
4. Untuk hasil yang lebih baik sebaiknya menggunakan citra dengan waktu perekaman yang sama.

DAFTAR PUSTAKA

- Artikel edukasi. “*Unsupervised Classification – Clustering*”. www.fourier.eng.hmc.edu. (diakses tanggal 4 mei 2013).
- Artikel Wikipedia. “Kabupaten Bondowoso”. http://id.wikipedia.org/wiki/Kabupaten_Bondowoso. (diakses tanggal 4 April 2013)
- Badan Standarisasi Nasional. 2010. *Klasifikasi penutup lahan*. BSN. Jakarta.
- G.C. Russel and G. Kass. 2009. *Assesing the Accuracy of Remotely Sensed Data*. London: CRC Press.
- Lo, CP. 1986. *Penginderaan Jauh Terapan*. Terjemahan oleh Bambang Purbowaseno, 1996. Jakarta: UI-Press.
- Lillesand TM, RW Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Prahasta, E. 2008. *Remote Sensing: Praktis Penginderaan Jauh dan Pengolahan Citra Digital dengan Perangkat Lunak ER Mapper*. Bandung: Informatika.
- Prasetyo, E. 2001. *Klasifikasi Penutup Lahan Daerah Urban Melalui Data Landsat TM dengan Metode Neural Networks [skripsi]*. Malang: Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Institut Teknologi Nasional.
- Prayudha, B. 2006. *Klasifikasi Multispektral Menggunakan Data Citra Satelit ALOS Dan Data Batimetri Untuk Identifikasi Objek Dasar Perairan Dangkal*. Jakarta. Pusat Penelitian Oseanografi.
- Purwadhi, F.S.H. 2001. *Interprestasi Citra Digital*. Jakarta: Gramedia Widayasarana Indonesia.
- Purwadhi FSH, Sanjoto TB. 2008. *Pengantar Interprestasi Citra Penginderaan Jauh*. Semarang: Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional dan Universitas Negeri Semarang.
- Sutanto. 1992. *Penginderaan Jauh Jilid 1*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Venus, S. 2008. *Klasifikasi Penutupan Lahan Menggunakan Citra Satelit Quickbird di Kecamatan Rumpin Kabupaten Bogor [skripsi]*. Bogor: Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

