

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1. Hutan

II.1.1. Definisi Hutan

Pengertian hutan atau definisi hutan yang diberikan Dengler adalah suatu kumpulan atau asosiasi pohon-pohon yang cukup rapat dan menutup areal yang cukup luas sehingga akan dapat membentuk iklim mikro yang kondisi ekologis yang khas serta berbeda dengan areal luarnya (Zain, 1996).

Hutan adalah suatu areal yang luas dikuasai oleh pohon, tetapi hutan bukan hanya sekedar pohon. Termasuk didalamnya tumbuhan yang kecil seperti lumut, semak belukar dan bunga-bunga hutan. Di dalam hutan juga terdapat beranekaragam burung, serangga dan berbagai jenis binatang yang menjadikan hutan sebagai habitatnya.

Menurut Spurr (1973), hutan dianggap sebagai persekutuan antara tumbuhan dan binatang dalam suatu asosiasi biotis. Asosiasi ini bersama-sama dengan lingkungannya membentuk suatu sistem ekologis dimana organisme dan lingkungan saling berpengaruh di dalam suatu siklus energi yang kompleks. Pohon tidak dapat dipisahkan dari hutan, karena pepohonan adalah vegetasi utama penyusun hutan tersebut. Selama pertumbuhannya pohon melewati berbagai tingkat kehidupan sehubungan dengan ukuran tinggi dan diameternya.



Gambar 2.1 Hutan di Indonesia

Iklm, tanah dan air menentukan jenis tumbuhan dan hewan yang dapat hidup di dalam hutan tersebut. Berbagai kehidupan dan lingkungan tempat hidup, bersama-sama membentuk ekosistem hutan. Suatu ekosistem terdiri dari semua yang hidup (biotik) dan tidak hidup (abiotik) pada daerah tertentu dan terjadi hubungan didalamnya.

Undang-Undang No 41 tahun 1999 tentang Kehutanan, mendefinisikan hutan sebagai suatu kesatuan ekosistem berupa hamparan lahan berisi sumberdaya alam hayati yang didominasi jenis pepohonan dalam persekutuan dengan lingkungannya, yang satu dengan lain tidak dapat dipisahkan.

Menurut Marsono (2004) secara garis besar ekosistem sumberdaya hutan terbagi menjadi dua kelompok besar, yaitu:

1. Tipe Zonal yang dipengaruhi terutama oleh iklim atau disebut klimaks iklim, seperti hutan tropika basah, hutan tropika musim dan savana.
2. Tipe Azonal yang dipengaruhi terutama oleh habitat atau disebut klimaks habitat, seperti hutan mangrove, hutan pantai dan hutan gambut.

Sebagian besar hutan alam di Indonesia termasuk dalam hutan hujan tropis. Banyak para ahli yang mendiskripsi hutan hujan tropis sebagai ekosistem spesifik, yang hanya dapat berdiri mantap dengan keterkaitan antara komponen penyusunnya sebagai kesatuan yang utuh. Keterkaitan antara komponen penyusun ini memungkinkan bentuk struktur hutan tertentu yang dapat memberikan fungsi tertentu pula seperti stabilitas ekonomi, produktivitas biologis yang tinggi, siklus hidrologis yang memadai dan lain-lain.

Secara *de facto* tipe hutan ini memiliki kesuburan tanah yang sangat rendah, tanah tersusun oleh partikel lempung yang bermuatan negatif rendah seperti *kaolinite* dan *illite*. Kondisi tanah asam ini memungkinkan besi dan *aluminium* menjadi aktif di samping kadar silikanya memang cukup tinggi, sehingga melengkapi keunikan hutan ini. Namun dengan pengembangan struktur yang mantap terbentuklah salah satu fungsi yang menjadi andalan utamanya yaitu "siklus hara tertutup" (*closed nutrient cycling*) dan keterkaitan komponen tersebut, sehingga mampu mengatasi berbagai kendala/keunikan tipe hutan ini (Rahmawaty, 1997).

II.1.2. Kawasan Hutan

Keputusan Menteri Kehutanan No. 70/Kpts-II/2001 tentang Penetapan Kawasan Hutan, perubahan status dan fungsi kawasan hutan, yaitu wilayah tertentu yang ditunjuk dan atau ditetapkan oleh pemerintah untuk dipertahankan keberadaannya sebagai hutan tetap. Dari definisi dan penjelasan tentang kawasan hutan, terdapat unsur-unsur meliputi :

- a. Suatu wilayah tertentu
- b. Terdapat hutan atau tidak tidak terdapat hutan
- c. Ditetapkan pemerintah (menteri) sebagai kawasan hutan
- d. Didasarkan pada kebutuhan serta kepentingan masyarakat.

Dari unsur pokok yang terkandung di dalam definisi kawasan hutan, dijadikan dasar pertimbangan ditetapkannya wilayah-wilayah tertentu sebagai kawasan hutan. Kemudian, untuk menjamin diperolehnya manfaat yang sebesar-besarnya dari hutan dan berdasarkan kebutuhan sosial ekonomi masyarakat serta berbagai faktor pertimbangan fisik, hidrologi dan ekosistem, maka luas wilayah yang minimal harus dipertahankan sebagai kawasan hutan adalah 30 % dari luas daratan.

Berdasarkan kriteria pertimbangan pentingnya kawasan hutan, maka sesuai dengan peruntukannya menteri menetapkan kawasan hutan menjadi :

- a. wilayah yang berhutan yang perlu dipertahankan sebagai hutan tetap
- b. wilayah tidak berhutan yang perlu dihutankan kembali dan dipertahankan sebagai hutan tetap.

Pembagian kawasan hutan berdasarkan fungsi-fungsinya dengan kriteria dan pertimbangan tertentu, ditetapkan dalam Peraturan Pemerintah RI No. 34 tahun 2002 tentang Tata Hutan dan Penyusunan Rencana Pengelolaan Hutan, Pemanfaatan Hutan dan Penggunaan Kawasan Hutan Pasal 5 ayat (2), sebagai berikut :

- a. Kawasan Hutan Konservasi yang terdiri dari kawasan suaka alam (cagar alam dan Suaka Margasatwa), Kawasan Pelestarian Alam (Taman Nasional, Taman Hutan Raya, dan Taman Wisata Alam), dan Taman Buru.
- b. Hutan Lindung

c. Hutan Produksi

II.2. Deforestasi

Deforestasi adalah perusakan lapisan atas hutan dengan cara merubah penggunaan lahan secara permanen. Deforestasi terhadap hutan hujan tropis utama menyebabkan meningkatnya emisi gas rumah kaca di atmosfer bumi, kehancuran habitat hutan, dan kerusakan terhadap sumber kehidupan masyarakat yang bergantung pada hutan untuk kelanjutan hidup mereka (William & Ida, 1997).

Praktek pengelolaan hutan yang baik tidak akan menyebabkan deforestasi, tetapi di Asia Tenggara jalan-jalan yang digunakan untuk memanen kayu justru memberikan kemudahan bagi para pembalak liar untuk masuk ke dalam hutan dan mengambil pohon-pohon pelindung yang tersisa dan bagi para petani tidak tetap untuk membuka lahan.

Setiap tahunnya 28.000 km² habitat hutan musnah di Asia Tenggara. Pada tahun 2005, hanya 5% dari seluruh wilayah hutan di dunia terdapat di kawasan Asia Tenggara, tetapi 20% dari seluruh kerusakan akibat deforestasi yang terjadi setiap tahunnya di seluruh dunia juga terjadi di kawasan ini. Tingkat kehilangan habitat hutan per tahun ini sama dengan tingkat kehilangan lebih dari 11.000 lapangan sepak bola setiap harinya

Deforestasi ataupun penebangan hutan secara liar yang terjadi di Indonesia berdampak besar terhadap ekologi di Indonesia. Maraknya terjadi kejadian ini merusak sejumlah flora dan fauna serta merusak hutan tropis di Indonesia.

Hingga saat ini Indonesia sudah kehilangan 72% hutan aslinya. Penebangan secara tak terkendali menyebabkan Indonesia merusak ekosistem, kehilangan flora dan fauna dan bahkan sebagian diantaranya flora dan fauna *endemik* (hanya terdapat di daerah tersebut).

Sejumlah faktor menjadi penyebab terjadinya penurunan hutan di Indonesia diantaranya hak penguasaan pilih, dalam hal ini lebih dari setengah hutan di Indonesia dialokasikan untuk produksi kayu berdasarkan tebang pilih. Banyak perusahaan yang melanggar pola-pola tradisional hak kepemilikan atau hak penggunaan lahan. Faktor lain penyebab deforestasi hutan di Indonesia adalah

illegal logging, kebakaran hutan, hutan taman industri, perkebunan, program transmigrasi dan konvensi lahan (Nasrul Hadi,2013).

II.3. Penginderaan Jauh

II.3.1. Definisi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (atau disingkat inderaja) adalah pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat yang tidak secara fisik melakukan kontak dengan objek tersebut atau pengukuran atau akuisisi data dari sebuah objek atau fenomena oleh sebuah alat dari jarak jauh, (misalnya dari pesawat, pesawat luar angkasa, satelit, kapal atau alat lain). Contoh dari penginderaan jauh antara lain satelit pengamatan bumi, satelit cuaca, pemantauan dengan ultrasonik dan wahana luar angkasa yang memantau planet dari orbit (Wikipedia).

Di masa modern, istilah penginderaan jauh mengacu kepada teknik yang melibatkan instrumen di pesawat atau pesawat luar angkasa dan dibedakan dengan penginderaan lainnya seperti penginderaan medis atau fotogrametri. Walaupun semua hal yang berhubungan dengan astronomi sebenarnya adalah penerapan dari penginderaan jauh (faktanya merupakan penginderaan jauh yang intensif), istilah "penginderaan jauh" umumnya lebih kepada yang berhubungan dengan terestrial dan pengamatan cuaca.

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 objek, atau fenomena yang dikaji (Lillesand dan Kieffer dalam Bambang,2012).

Dalam pengolahannya, penginderaan jauh sangat diperlukan cara-cara yang cepat, tepat untuk mendapatkan data permukaan bumi yang semakin kompleks. Salah satunya adalah mengolah data penginderaan jauh satelit secara digital yang memberikan informasi spasial permukaan bumi yang berkualitas.

II.3.2. Interpretasi Citra

Estes dan Simonett (1975) dalam Sutanto (1992) mengatakan bahwa interpretasi citra merupakan perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut.

Pengalaman sangat menentukan hasil interpretasi, karena persepsi pengenalan objek bagi orang yang berpengalaman biasanya lebih konstan atau dengan kata lain pengenalan objek yang sama pada berbagai bentuk citra akan selalu sama. Misalkan pada citra A dianggap sebuah pemukiman, maka pada citra B atau C pun tetap bisa dikenal sebagai pemukiman walaupun agak sedikit berbeda dalam penampakkannya.

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

Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara yaitu interpretasi secara manual dan interpretasi secara digital (Purwadhi, 2001). Interpretasi secara manual adalah interpretasi data penginderaan jauh yang mendasarkan pada pengenalan ciri/karakteristik objek secara keruangan.

Karakteristik objek dapat dikenali berdasarkan 9 unsur interpretasi yaitu bentuk, ukuran, pola, bayangan, rona/warna, tekstur, situs, asosiasi dan konvergensi bukti. Interpretasi secara digital adalah evaluasi kuantitatif tentang informasi spektral yang disajikan pada citra. Dasar interpretasi citra digital berupa klasifikasi citra *pixel* berdasarkan nilai spektralnya dan dapat dilakukan dengan cara statistik. Dalam pengklasifikasian citra secara digital, mempunyai tujuan khusus untuk mengkategorikan secara otomatis setiap *pixel* yang mempunyai informasi spektral yang sama dengan mengikutkan pengenalan pola spektral, pengenalan pola spasial dan pengenalan pola temporal yang akhirnya membentuk kelas atau tema keruangan (spasial) tertentu.

II.3.3. Koreksi Geometrik

Geometrik merupakan posisi geografis yang berhubungan dengan distribusi keruangan (*spatial distribution*). Geometrik memuat informasi data yang mengacu bumi (*geo-referenced data*), baik posisi (sistem koordinat lintang dan bujur) maupun informasi yang terkandung didalamnya.

Menurut Mather (1987), koreksi geometrik adalah transformasi citra hasil penginderaan jauh sehingga citra tersebut mempunyai sifat-sifat peta dalam bentuk, skala dan proyeksi. Transformasi geometrik yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi *pixel* sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang ditransformasi dapat dilihat gambaran objek di permukaan bumi yang terekam sensor. Pengubahan bentuk kerangka liputan dari bujur sangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil transformasi ini. Tahap ini diterapkan pada citra digital mentah (langsung hasil perekaman satelit), dan merupakan koreksi kesalahan geometrik sistematis.

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

Berdasarkan sumbernya kesalahan geometrik pada citra penginderaan jauh dapat dikelompokkan menjadi dua tipe kesalahan, yaitu kesalahan internal (*internal distortion*), dan kesalahan eksternal (*external distortion*). Kesalahan geometrik menurut sifatnya dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan random. Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang dapat diperkirakan sebelumnya, dan besar kesalahannya pada umumnya konstan, oleh karena itu dapat dibuat perangkat lunak koreksi geometrik secara sistematis. Kesalahan geometri yang bersifat random (acak) tidak dapat diperkirakan terjadinya, maka koreksinya harus ada data referensi tambahan yang diketahui. Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi.

Kesalahan geometrik internal disebabkan oleh konfigurasi sensornya, akibat pembelokan arah penyinaran menyebabkan distorsi panoramik (*look angle*), yang terjadi saat cermin *scan* melakukan penyiaman (*scanning*). Besarnya sudut pengamatan (*field of view*) satelit pada proses penyiaman akan mengakibatkan perubahan luas cakupan objek. Distorsi panoramik sangat besar pengaruhnya pada sensor satelit resolusi rendah seperti NOAA-AVHRR dan MODIS, namun citra resolusi tinggi seperti *Landsat*, *SPOT*, *IKONOS*, *Quickbird*, dan *ALOS* bebas dari distorsi panoramik, karena orbitnya yang tinggi dengan medan pandang kecil hampir tidak terjadi pergeseran letak oleh relief pada data satelit tersebut. Distorsi yang disebabkan perubahan atau pembelokan arah penyiaman bersifat sistematis, dapat dikoreksi secara sistematis. Kesalahan geometrik menyebabkan perubahan bentuk citra.

Koreksi geometrik dilakukan sesuai dengan jenis atau penyebab kesalahannya, yaitu kesalahan sistematis dan kesalahan random, dengan sifat distorsi geometrik pada citra. Koreksi geometrik mempunyai tiga tujuan, yaitu:

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) atau restorasi (pemulihan) citra agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografis.
2. Merekistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra *multispectral* dan multi temporal.
3. Merekistrasi citra ke peta atau transformasi sistem koordinat citra ke koordinat peta (*image to map rectification*), sehingga menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Koreksi geometrik yang biasa dilakukan adalah koreksi geometrik sistematis dan koreksi geometrik presisi. Masing-masing sebagai berikut.

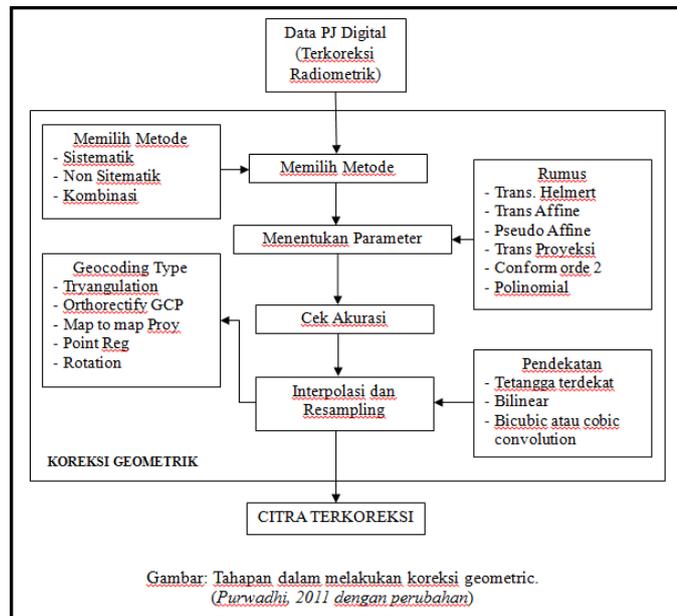
1. Koreksi geometrik sistematis melakukan koreksi geometri dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yaitu orientasi internal (*internal orientation*) berisi informasi panjang fokus sistem optiknya dan koordinat titik utama (*primary point*) dalam bidang citra (*image space*) sedangkan distorsi lensa dan difraksi atmosfer dianggap kecil pada sensor indera satelit, serta orientasi eksternal (*external orientation*) berisi koordinat titik

utama pada bidang bumi (*ground space*) serta tiga sudut relatif antara bidang citra dan bidang bumi.

2. Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali / kontrol tanah (*Ground Kontrol Point* biasa disingkat GCP). GCP dimaksud adalah titik yang diketahui koordinatnya secara tepat dan dapat terlihat pada citra inderaja satelit seperti perempatan jalan dan lain-lain.

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

1. Memilih metode setelah mengetahui karakteristik kesalahan geometrik dan tersedianya data referensi. Pemilihan metode tergantung pada jenis data (resolusi spasial), dan jenis kesalahan geometrik (*skew, yaw, roll, pitch*) data.
2. Penentuan parameter tidak diketahui dari persamaan matematika antara sistem koordinat citra dan sistem koordinat geografis, untuk menentukan menggunakan parameter kalibrasi data atau titik kontrol tanah.
3. Cek akurasi dengan verifikasi atau validasi sesuai dengan kriteria, metode, dan data citra, maka perlu dicari solusinya agar diperoleh tingkat ketelitian yang lebih baik. Solusinya dapat dilakukan dengan menggunakan metode lain, atau bila data referensi yang digunakan tidak akurat atau perlu diganti.



Gambar 2.2 Tahapan Koreksi Geometrik

4. Interpolasi dan resampling untuk mendapatkan citra *geocoded* presisi (akurat). Beberapa pilihan *Geocoding Type* yang sudah tersedia pada perangkat lunak, seperti *Triangulation*, *Polynomial*, *Orthorectify using ground kontrol poinr*, *Orthorectify using exterior orientation*, *Map to map projection*, *Point registration*, *Rotation*. Kegunaan setiap tipe *geocoding* adalah (a) *Triangulation* untuk koreksi geometrik data yang mengalami banyak pergeseran *skew* dan *yawa*, atau data yang tidak sama ukuran *pixel*nya pada satu set data. (b) *Polynomial* untuk koreksi geometrik data citra yang mengalami pergeseran *linear*, ukuran *pixel* sama dalam satu set data resolusi spasial tinggi dan rendah. (c) *Orthorectify* untuk mengoreksi citra secara geometris, berdasarkan ketinggian geografisnya. Koreksi geometrik jika tidak menggunakan *Orthorectify*, maka puncak gunung akan bergeser letaknya dari posisi sebenarnya, walaupun sudah dikoreksi secara geometrik. (d) *Rotation* untuk koreksi geometrik citra karena terjadi pergeseran citra yang berputar, baik searah jarum jam maupun sebaliknya.

Teknik koreksi geometrik triangulasi dilakukan koreksi secara *linear* dalam setiap segitiga yang dibentuk oleh tiga GCP dan daerah yang mempunyai kesalahan geometrik besar diberikan GCP lebih banyak. Persyaratan pengambilan titik di lapangan adalah (a) teridentifikasi jelas pada citra satelit, (b) wilayah harus

terbuka agar tidak terjadi *multipath*, (c) permukaan tanah stabil, tidak pada daerah yang sedang atau akan dibangun, (d) Lokasi pengukuran aman dan tidak ada gangguan.

II.3.4. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometri ditujukan untuk memperbaiki nilai piksel supaya sesuai dengan yang seharusnya yang biasanya mempertimbangkan faktor gangguan atmosfer sebagai sumber kesalahan utama. Efek atmosfer menyebabkan nilai pantulan objek dipermukaan bumi yang terekam oleh sensor menjadi bukan merupakan nilai aslinya, tetapi menjadi lebih besar oleh karena adanya hamburan atau lebih kecil karena proses serapan. Metode-metode yang sering digunakan untuk menghilangkan efek atmosfer antara lain metode pergeseran histogram (histogram adjustment), metode regresi dan metode kalibrasi bayangan. (Projo Danoedoro, 1996).



Gambar 2.3 Perbedaan tingkat Kejelasan yang dipengaruhi Kondisi Atmosfer

Kecerahan dari permukaan citra di atas bisa disebabkan oleh :

- Kondisi atmosfer
- Sudut sinar matahari
- Sensitifitas sensor

Dari gambar di atas dapat disimpulkan bahwa perbedaan dari koreksi citra yang dilakukan antara tahun 1985 hasilnya dari koreksi radiometrik adalah area yang masih ditutupi oleh vegetasi, sedangkan pada tahun 1992 dilakukan koreksi citra kembali yang hasilnya berkurangnya daerah yang ditutupi vegetasi alami,

dan pada tahun 2003 hasil dari koreksi citra mendapatkan area yang kembali ditutupi vegetasi alami.

Koreksi radiometrik perlu dilakukan pada data citra dengan berbagai alasan:

1. *Stripping* atau banding seringkali terjadi pada data citra yang diakibatkan oleh ketidakstabilan detektor. *Striping* atau banding merupakan fenomena ketidak konsistenan perekaman detektor untuk band dan areal perekaman yang sama.
2. *Line dropout* kadang terjadi sebagai akibat dari detektor yang gagal berfungsi dengan tiba-tiba. Jangka waktu kerusakan pada kasus ini biasanya bersifat sementara.
3. Efek atmosferik merupakan fenomena yang disebabkan oleh debu, kabut, atau asap seringkali menyebabkan efek bias dan pantul pada detektor, sehingga fenomena yang berada di bawahnya tidak dapat terekam secara normal.

Dengan kata lain, koreksi radiometrik dilakukan agar informasi yang terdapat dalam data citra dapat dengan jelas dibaca dan diinterpretasikan. Kegiatan yang dilakukan dapat berupa:

1. Penggabungan data (*data fusion*), yaitu menggabungkan citra dari sumber yang berbeda pada area yang sama untuk membantu di dalam interpretasi. Sebagai contoh adalah menggabungkan data *Landsat-TM* dengan data *SPOT*.
2. *Colodraping*, yaitu menempelkan satu jenis data citra di atas data yang lainnya untuk membuat suatu kombinasi tampilan sehingga memudahkan untuk menganalisis dua atau lebih variabel. Sebagai contoh adalah citra vegetasi dari satelit ditempelkan di atas citra foto udara pada area yang sama.
3. Penajaman kontras, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan memaksimalkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan merendahkan harga data suatu citra.
4. *Filtering*, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan mentransformasikan nilai-nilai digital citra, seperti mempertajam batas area yang mempunyai nilai digital yang sama (*enhance edge*), menghaluskan citra dari noise (*smooth noise*), dan lainnya.

5. Formula, yaitu membuat suatu operasi matematika dan memasukan nilai-nilai digital citra pada operasi matematika tersebut, misalnya *Principal Component Analysis* (PCA).

II.3.5. Peranan Penginderaan Jauh

Di era modern dimana teknologi terus berkembang ini sangat memungkinkan melakukan observasi lapangan tanpa harus terjun ke lapangan secara langsung. Penginderaan jauh adalah salah satu metode yang sedang berkembang dan marak digunakan juga memiliki peran penting dalam berbagai kegiatan. Beberapa peranan penginderaan jauh adalah sebagai berikut.

1. Aplikasi penginderaan jauh dalam mengidentifikasi persebaran mineral bumi. Pembicaraan mengenai penginderaan jauh tidak akan jauh dari citra satelit, dalam kenyataannya ada begitu banyak jenis citra satelit yang digunakan. Dengan melihat dari spesifikasi citra satelit yang ada dan fungsi dari tiap bandnya, citra tersebut dapat digunakan untuk mengidentifikasi persebaran mineral. Menurut Ananda P. Ambodo, 2008 dengan menggunakan citra *Landsat 5 TM* dan metode interpretasi citra dapat mengidentifikasi persebaran batubara didasarkan pada topografi dan struktur geologinya. Data yang dihasilkan dari interpretasi citra berupa peta pola aliran, peta bentuklahan, peta struktur geologi, peta penggunaan lahan, dari keempat peta tersebut dibuat peta satuan lahan yang digunakan untuk mengecek hasil interpretasi dengan kenyataan yang ada dilapangan.

2. Aplikasi penginderaan jauh untuk sebaran dan luas hutan mangrove di wilayah pesisir.

Sebaran dan luas hutan mangrove dapat dilakukan dengan menggunakan citra *Landsat 7 ETM* dengan menggunakan *software* pendukungnya. Metode yang digunakan dalam pengaplikasian penginderaan jauh ini adalah dengan menggunakan klasifikasi multispektral terkontrol dan algoritma jaringan saraf tiruan yang dilakukan dengan perbandingan komposit warna yang muncul melalui kombinasi band-bandnya dan pengecekan di lapangan (M. Salam Taringan, 2008).

3. Studi perubahan tutupan lahan dengan citra *Landsat* menggunakan *geographic resources analysis support sistem* (grass)

Dalam pembuatan peta tutupan lahan, dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh, misalnya dengan menganalisa citra satelit *Landsat*. Dalam melakukan analisa tersebut, menggunakan perangkat lunak pengolah citra *open source* (bebas digunakan namun tetap dengan legalitas dari pembuatnya) yaitu *Geographic Resources Analysis Support Sistem* (GRASS). Pengolahan citra *Landsat* pada GRASS melalui tahap import data, penggabungan band (*red*, *green* dan *blue*), konversi data vektor menjadi data raster, rektifikasi (koreksi geometrik), digitasi dan klasifikasi dengan metode klasifikasi terselia. analisa perubahan luas tutupan lahan dibagi menjadi lima kelas yakni permukiman, ladang/kebun, lahan kosong, lahan basah dan rawa/tambak. Dengan membandingkan hasil pengolahan citra satelit *Landsat* maka diketahui besarnya perubahan tutupan lahannya (Wahyu Winardi, 2010).

4. Pola sebaran sedimen tersuspensi melalui pendekatan penginderaan jauh

Distribusi sedimen tersuspensi (TSS) di wilayah perairan untuk dievaluasi khususnya daerah yang akan dikembangkan infrastruktur di wilayah pesisir. Evaluasi pola distribusi sedimen tersuspensi telah dilakukan dengan pengukuran lapangan dan penginderaan jauh. Kajian citra penginderaan jauh ini menggunakan data multi temporal yang mempunyai karakteristik *spectral* yang hampir sama untuk itu citra *Landsat* MSS TM dan ETM digunakan dan diolah menggunakan *software Er Mapper* untuk mendapatkan nilai konsentrasi TSS. Data citra *Landsat Ortho* digunakan sebagai acuan dalam georeferensi atau penyamaan sistem koordinat citra-citra *Landsat* yang digunakan dan dalam menganalisis konsentrasi TSS (Heni Susiati, 2010).

5. Aplikasi penginderaan jauh untuk mendeteksi kerapatan vegetasi.

Vegetasi merupakan keseluruhan tumbuhan dari suatu area yang berfungsi sebagai penutup lahan. Tumbuhan tersebut bisa bersifat alami maupun hasil budidaya, homogen maupun heterogen. Persebaran vegetasi dalam suatu area dapat dipengaruhi oleh kondisi topografi. Kondisi topografi yang bervariasi,

yaitu daerah pegunungan berbukit, daerah dataran rendah, dan daerah pantai, variasi ini berpengaruh terhadap persebaran vegetasi yang ada di wilayah tersebut. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk mengamati perubahan vegetasi adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh dengan citra satelit *Landsat 7 ETM+* dan citra satelit SPOT4. Hasil dari proses pengolahan citra adalah informasi mengenai indeks vegetasi citra dan tutupan lahan daerah penelitian. Hubungan tersebut diperoleh melalui uji korelasi. Hasil uji korelasi antara indeks vegetasi NDVI *Landsat*, EVI *Landsat*, NDVI SPOT 4 (Norida Maryantika,2009).

II.4. Satelit Landsat TM

Teknologi penginderaan jauh satelit dipelopori oleh NASA Amerika Serikat dengan diluncurkannya satelit sumberdaya alam yang pertama, yang disebut ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) pada tanggal 23 Juli 1972, menyusul ERTS-2 pada tahun 1975, satelit ini membawa sensor RBV (*Retore Beam Vidcin*) dan MSS (*Multi Spectral Scanner*) yang mempunyai resolusi spasial 80 x 80 m. Satelit ERTS-1, ERTS-2 yang kemudian setelah diluncurkan berganti nama menjadi *Landsat 1*, *Landsat 2*, diteruskan dengan seri-seri berikutnya, yaitu *Landsat 3*, *4*, *5*, *6* dan terakhir adalah *Landsat 7* yang diorbitkan bulan Maret 1998, merupakan bentuk baru dari *Landsat 6* yang gagal mengorbit. *Landsat 5*, diluncurkan pada 1 Maret 1984, sekarang ini masih beroperasi pada orbit polar, membawa sensor TM (*Thematic Mapper*), yang mempunyai resolusi spasial 30 x 30 m pada band 1, 2, 3, 4, 5 dan 7. (Lillesand dan Kiefer dalam Heri 2013).

Sistem *landsat* merupakan milik Amerika Serikat yang mempunyai tiga instrument pencitraan, yaitu RBV (*Return Beam Vidicon*), MSS(*Multispectral Scanner*), dan TM (*Thematic Mapper*). (Jaya, 2002)

1. RBV, merupakan instrumen semacam kamera yang mengambil citra *snapshot* dari permukaan bumi sepanjang *track* lapangan satelit setiap selang waktu tertentu.
2. MSS, merupakan suatu alat scanning mekanik yang merakam data dengan cara men-scanning permukaan bumi dalam jalur atau baris tertentu.

3. TM, merupakan alat scanning mekanis yang mempunyai resolusi *spectral*, spasial dan radiometrik.

Satelit generasi pertama mempunyai dua jenis sensor, yaitu penyiam multi *spectral* (MSS) dengan empat saluran dan tiga kamera RBV. Satelit generasi kedua adalah satelit membawa dua jenis sensor yaitu sensor MSS dan sensor TM. Perubahan tinggi orbit menjadi 705 km dari permukaan bumi berakibat pada peningkatan resolusi spasial menjadi 30x30 m untuk TM1-TM5 dan TM7, TM6 menjadi 120x120m. Resolusi Temporal menjadi 16 hari dan perubahan data dari 6 bits (64 tingkatan warna) menjadi 8 bits (256 tingkatan warna). Kelebihan sensor TM adalah menggunakan tujuh saluran, enam saluran terutama dititik beratkan untuk studi vegetasi dan satu saluran untuk studi geologi. Terakhir kali di era 2000-an NASA menambahkan penajaman sensor band pankromatik yang ditingkatkan resolusi spasialnya menjadi 15x15m sehingga dengan kombinasi didapatkan citra komposit dengan resolusi 15x15m.

Data *landsat* TM diperoleh pada tujuh saluran *spectral* yaitu tiga saluran tampak, satu saluran inframerah dekat, dua saluran inframerah tengah, dan satu saluran inframerah *thermal*. lokasi dan lebar dari ketujuh saluran ini ditentukan dengan pertimbangan kepekaan terhadap fenomena alami tertentu dan untuk menekan sekecil mungkin pelemahan energi permukaan bumi oleh kondisi atmosfer bumi. Jensen (1986) mengemukakan bahwa kebanyakan saluran TM dipilih setelah analisis nilai lebihnya dalam pemisahan vegetasi, pengukuran kelembaban tumbuhan dan tanah, pembedaan awan dan salju, dan identifikasi perubahan *hydrothermal* pada tipe-tipe batuan tertentu.

Tabel 2.1 Spesifikasi Citra *Landsat TM*

Sistem	<i>Landsat 7</i>
Orbit	705 km, 98.2o, <i>sun-synchronous</i> , 10:00 AM <i>crossing</i> , rotasi 16 hari (<i>repeat cycle</i>)
Sensor	ETM+ (<i>Enhanced Thematic Mapper</i>)
<i>Swath Widht</i>	185 km(FOV= 15o)
<i>Off-track viewing</i>	Tidak tersedia
<i>Revisit Time</i>	16 hari
Band-band <i>spectral</i> (μm)	0.45-0.52 (1), 0.52-0.60 (2), 0.63-0.69 (3), 0.76-0.90 (4), 1.55-1.75 (5), 10.4-12.50 (6), 2.08-2.34 (7), 0.50-0.90 (PAN)
Ukuran piksel lapangan (resolusi spasial)	15 m (PAN), 30m (band 1-5,7), 60 m Band 6

Sumber : lillesdand dan kiefer, 1997

Data TM mempunyai proyeksi tanah IFOV (*instantaneous field of view*) atau ukuran daerah yang diliputi dari setiap piksel atau sering disebut resolusi spasial. Resolusi spasial untuk keenam saluran *spectral* sebesar 30 m sedangkan resolusi spasial untuk saluran inframerah *thermal* adalah 120 m.

Citra satelit *landsat* biasa digunakan untuk penelitian geologi pendahuluan, untk mengetahui keadaan geologi regional daerah penelitian karena liputan citranya luas dan resolusi spasialnya rendah. *Landsat* TM merupakan satu-satunya satelit non-meteorologi yang mempunyai sensor inframerah *thermal*. Data *thermal* diperlukan untuk studi proses-proses energy pada permukaan bumi seperti variabilitas suhu tanaman dalam area yang diirigasi. Tabel berikut menunjukkan aplikasi atau kegunaan utama prinsip pada berbagai band *landsat*.

Tabel 2.2 Band-band pada *Landsat-TM* dan kegunaannya

Band	Panjang Gelombang (µm)	Spektral	Kegunaan
1	0.45-0.52	Biru	Tembus terhadap tubuh air, dapat unruk pemetaan air, pantai, pemetaan tanah, pemetaan tumbuhan , pemetaan kehutanan, dan mengidentifikasi budidaya manusia.
2	0.52-0.60	Hijau	Untuk pengukuran nilai pantul hijau pucuk tumbuhan dan penafsiran aktifitasnya, juga untuk pengamatan kenampakan budidaya manusia.
3	0.63-0.69	Cahaya Tampak	Untuk membedakan jenis vegetasi, terletak pada satu daerah penyerapan klorofil dan memudahkan membedakan antara lahan terbuka dan lahan bervegetasi.
4	0.76-0.90	Infra Merah Dekat	Untuk membedakan jenis tumbuhan, aktifitas dan kandungan biomas, untuk membatasi tubuh air dan pemisahan kelembaban tanah.
5	1.55-1.75	Infra Merah Sedang	Menunjukkan kandungan kelembaban tumbuhan, dan kelembaban tanah, juga untuk membedakan salju dan awan.
6	10.4-12.5	Infra Merah Termal	Untuk menganalisis tegakan tumbuhan, pemisahan kelembaban tanah dan pemetaan panas.
7	2.08-2.35	Infra Merah Sedang	Berguna untuk pengenalan terhadap mineral dan jenis batuan, juga sensitive terhadap kelembaban tumbuhan

Berdasarkan uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa untuk mengidentifikasi vegetasi dan kerapatannya di gunakan band 1,2 3,4 dan 5 dimana mempunyai saluran yang berguna untuk mendeteksi tumbuhan, air, tanah serta klorofil.

II.5. *Normalized Difference Vegetation Index*

Indeks Vegetasi adalah kombinasi dari reflektansi permukaan pada dua atau lebih panjang gelombang yang dirancang untuk menyoroti sifat tertentu dari vegetasi. Ini diturunkan menggunakan sifat reflektansi vegetasi dijelaskan dalam Foliage Tanaman. Setiap Indeks vegetasi dirancang untuk menonjolkan properti vegetasi tertentu.

Salah satu indeks vegetasi adalah NDVI. NDVI atau *Normalized Difference Vegetation Index* merupakan metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi yang berasal dari citra satelit. Formula standar untuk menghitung nilai NDVI adalah sbb:

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

Nilai *index* NDVI ini mempunyai rentang dari -1.0 (minus 1) hingga 1.0 (positif 1). Besarnya nilai kerapatan vegetasi ditentukan dengan melakukan pengklasifikasian ulang (*Reclassification*) dari perhitungan NDVI dengan menghitung histogram dan standart deviasi. NDVI dikelompokkan menjadi 5 kelas kerapatan vegetasi dengan cara nilai tertinggi dikurangi nilai terendah dibagi jumlah kelas. (Nanik Suryo, 2005)

Data dari bermacam citra satelit yang dapat digunakan dalam formulasi ini, antara lain:

- a. *Landsat* TM/ETM : band 3 (0.63-0.69 μm) dan band 4 (0.76-0.90 μm)
- b. NOAA AVHRR : band 1 (0.58-0.68 μm) dan band 2 (0.72-1.0 μm)
- c. Terra MODIS : band 1 (0.62-0.67) dan band 2 (0.841-0.876)

NDVI dapat digunakan untuk menghitung tingkat biomassa dan tingkat kehijauan (*greenness*) secara relatif pada berbagai skala, mulai dari skala plot hingga global. Saat ini analisis NDVI telah berada pada tingkat yang sangat *advanced* (sangat kompleks). Artinya hingga saat ini, kegiatan RS/GIS tidak hanya sekedar melihat nilai NDVI saja tetapi juga mencakup bagaimana perubahan NDVI terhadap kegiatan manusia di dalamnya. Bahkan lebih jauh hingga bisa memprediksi potensi area untuk padang penggembalaan. Begitu juga dengan men-*develop low carbon society* (LCS) bagi masyarakat perdesaan bisa didekati dengan metode NDVI ini.

Perhitungan indeks tumbuh-tumbuhan dari produksi biomassa atas dasar perbandingan yang berikut:

$$VI = [NIR] / R$$

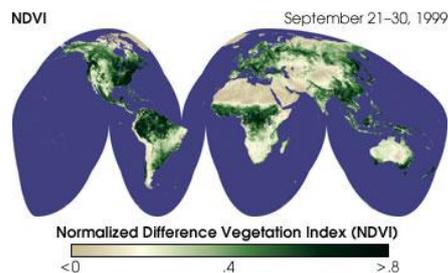
Perhitungan perbandingan sifat respon objek terhadap pantulan sinar merah dan NIR dapat menghasilkan nilai dengan karakteristik khas yang dapat digunakan untuk memperkirakan kerapatan atau kondisi kanopi/kehijauan tanaman. Tanaman yang sehat berwarna hijau mempunyai nilai indeks vegetasi tinggi. Hal ini disebabkan oleh hubungan terbalik antara intensitas sinar yang dipantulkan vegetasi pada spektral sinar merah dan NIR (Izza Fuadi, 2009)

NDVI adalah salah satu metode yang digunakan dengan mengukur resapan radiasi klorofil selama tanaman berfotosintesis yang diperoleh dengan data

penginderaan jauh, tergantung kepada kelembaban tanah, produktivitas dan biomassa tanaman itu sendiri.

(www.nature.com/nrmicro/journal/v3/n2/glossary/nrmicro1090)

Nilai NDVI yang rendah (<0.1) mengidentifikasi lahan tandus, daerah bersalju, padang pasir, dan daerah berbatu. Nilai NDVI menengah ($0.2-0.3$) mengidentifikasi daerah semak belukar dan padang rumput. Nilai NDVI tinggi ($0.6-0.8$) mengidentifikasi tumbuhan di daerah hangat dan hutan hujan tropis.



Gambar 2.4 nilai NDVI pada 21-30 sept 1999

(sumber : <http://earthobservatory.nasa.gov/library/measuringvegetation>)

Untuk menentukan kepadatan tanaman hijau dalam suatu daerah, harus diamati terlebih dahulu perbedaan warna (panjang gelombang) dari cahaya tampak dan *near infrared* matahari yang dipancarkan oleh tanaman. Seperti yang dapat dilihat pada sebuah prisma, panjang gelombang yang berbeda menghasilkan spectrum cahaya. ketika cahaya matahari menyentuh objek, beberapa gelombang dari spectrum ini diserap dan sebagian lagi dipancarkan. Pigmen pada daun tanaman, yaitu klorofil menyerap gelombang cahaya tampak ($0.4-0.7\mu\text{m}$) cahaya *near infrared* ($0.7-1.1\mu\text{m}$). Dengan banyaknya daun yang dimiliki tanaman, banyak pula panjang gelombang dari cahaya tampak dan *near infrared* yang terpengaruh.

Secara umum jika lebih banyak radiasi yang dipancarkan dari panjang gelombang *near infrared* terhadap cahaya tampak, maka vegetasi dalam piksel tersebut padat, berarti terdapat salah satu jenis hutan dalam piksel tersebut. jika hanya terdapat sedikit perbedaan dalam intensitas panjang gelombang cahaya tampak dan *near infrared* yang dipancarkan, vegetasi dalam daerah tersebut dapat diidentifikasi jarang seperti padang rumput, tundra atau padang pasir.

NDVI dihitung dari cahaya tampak dan cahaya *near-infrared* yang dipancarkan dari tumbuhan, tanaman yang menyerap hampir seluruh cahaya tampak yang mengenai tanaman tersebut dan memancarkan sejumlah porsi besar cahaya *near-infrared*. tanaman yang kurang subur atau jarang yang terlihat pada gambar kanan memancarkan lebih banyak cahaya tampak dan sedikit cahaya *near infrared*. Angka yang ditunjukkan pada gambar di atas merepresentasikan nilai sebenarnya, tetapi pada kenyataannya tanaman mempunyai variasi yang lebih banyak.

Landsat 7 ETM+ menggunakan band 3 (0.63-0.69 μm) dan 4 (0.76-0.90 μm) berturut-turut untuk spectrum sinar merah dan inframerah dekat, sehingga formulanya dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{NDVI} = \frac{\text{Band 4} - \text{Band 3}}{\text{Band 4} + \text{Band 3}}$$

Penghitungan NDVI memberikan nilai dalam jangkauan -1 sampai +1. pada kasus tidak ditemukannya daun hijau akan memberikan nilai dekat dengan 0. Nilai 0 mengidentifikasikan tidak adanya vegetasi. Nilai mendekati +1 mengidentifikasi padatnya tanaman berdaun hijau. Nilai NDVI negatif menunjukkan tingkat vegetasi yang rendah seperti awan, air, tanah kosong, bangunan dan unsure non-vegetasi lainnya.