

Bab 2

Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*)

2.1 Sejarah Satelit Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jarak jauh dari angkasa telah berkembang selama beberapa dekade terakhir dari sebuah aplikasi coba-coba menjadi suatu teknologi yang banyak mempengaruhi berbagai aspek penelitian tentang bumi dan planet. Sistem penginderaan dengan satelit menyediakan data-data kritis seperti perkiraan cuaca, *forecasting*, agrikultur, eksplorasi sumber daya alam, dan monitoring lingkungan.

Pencitraan mulai ada sejak *rockte-borne camera* pada awal 1890an, sedangkan hasil inderaja dari angkasa sendiri dimulai seiring dengan Perang Dunia II dan perkembangan teknologi roket. Pengembangan satelit meteorologikal awal 1960an mengantar penelitian mengenai citra atmosferik, dan adanya benda2 ruang angkasa menunjukkan adanya potensial untuk mengorbitkan kamera untuk menyediakan informasi mengenai permukaan bumi.

2.2 Definisi Penginderaan Jarak Jauh (*Remote Sensing*)

Penginderaan jarak jauh adalah ilmu (untuk beberapa kasus dikatakan seni) dalam penerimaan/perolehan informasi mengenai permukaan bumi tanpa secara langsung melakukan kontak dengannya. Ini dilakukan oleh penginderaan dan pencatatan energi yang direfleksikan atau dipancarkan dan melakukan proses, analisa dan aplikasi terhadap informasi tersebut.

Selain definisi di atas, masih banyak terdapat beberapa definisi secara lengkap lainnya seperti yang ada di bawah ini :

- CCRS – RESORS

Sejumlah teknik untuk mengumpulkan, memproses dan menganalisa citra atau bentuk data yang lain mengenai suatu obyek, yang pengukurannya dilakukan dari jarak jauh.

- Christine Hutton – CCRS

Pengumpulan/perolehan informasi mengenai suatu obyek tanpa secara fisik terjadi kontak dengan obyek tersebut.

- Larry Morley - *Teledetection International*

Penginderaan jarak jauh adalah pengukuran dan analisa terhadap radiasi elektromagnetik yang direfleksikan dari, ditransmisikan melalui, atau diserap oleh atmosfer, hidrosfer dan materi pada atau di dekat permukaan bumi, dengan tujuan untuk mengerti dan mengatur sumber daya alam bumi dan lingkungannya.

- Thomas M. Lillesand dan Ralph W. Kiefer

Penginderaan jarak jauh adalah ilmu dan seni dalam memperoleh informasi yang berguna mengenai suatu obyek, area atau fenomena, melalui analisa data yang diperoleh melalui suatu perangkat yang tidak melakukan kontak langsung dengan obyek, area atau fenomena tersebut selama investigasi.

- Bob Ryerson - CCRS

Penginderaan jarak jauh adalah kumpulan dari informasi sumber daya alam dan lingkungan yang menggunakan citra yang diperoleh melalui sensor dari pesawat udara atau satelit.

- Floyd F. Sabins Jr

Penginderaan jarak jauh dapat didefinisikan sebagai proses pengumpulan informasi mengenai suatu obyek tanpa secara langsung terjadi kontak fisik dengan obyek. Pesawat udara dan satelit adalah platform yang paling umum dalam proses observasi penginderaan jarak jauh. Kata penginderaan jarak jauh sendiri dibatasi terhadap metode yang mempekerjakan energi elektromagnetik sebagai komponen utama dalam proses deteksi dan pengukuran karakteristik target.

- Japan Association on Remote Sensing

Penginderaan jarak jauh (inderaja) didefinisikan sebagai ilmu dan teknologi di mana karakteristik obyeknya dapat diidentifikasi, diukur dan dianalisa tanpa melakukan kontak secara langsung.

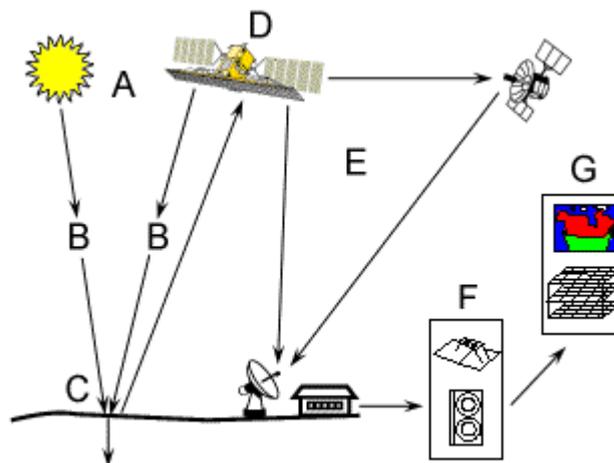
- Arthur Cracknell and Ladson Hayes

Inderaja dapat dikatakan sebagai observasi atau pengumpulan informasi mengenai suatu target dengan menggunakan perangkat dari suatu jarak tertentu (dari jauh).

2.3 Konsep Dasar Penginderaan Jarak Jauh (Inderaja)

Berdasarkan beberapa definisi yang telah diungkapkan di atas, konsep-konsep yang terdapat dalam sebuah sistem penginderaan jarak jauh (inderaja) dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Akuisisi dan interpretasi citra dari angkasa dan udara
- Sumber utama dari data geografis
- Penginderaan jauh (inderaja) termasuk teknik- teknik untuk akuisisi data dan prosesnya di manapun pada bumi, dengan biaya rendah
- Potensial untuk perubahan yang konsisten dan berulang – ulang
- Banyak sistem analisa citra yang terdiri dari fungsi–fungsi analitik yang canggih
- Data yang telah diinterpretasi pada sistem inderaja dapat digabung dengan data lapis pada sebuah SIG.



Gambar 2.1 Skema Penginderaan Jauh

Pada kebanyakan sistem penginderaan jarak jauh, prosesnya melibatkan interaksi antara radiasi dan target yang diinginkan. Hal ini diperjelas dengan penggunaan

sistem pencitraan (*imaging system*) di mana tujuh buah elemen (yang terdapat dalam gambar di atas) terlihat. Sebagai catatan, bagaimanapun juga penginderaan jarak jauh juga melibatkan pancaran energi dan penggunaan dari *non-imaging sensor*.

1. **Sumber Energi atau Iluminasi (A)**

Kebutuhan pertama untuk penginderaan jarak jauh adalah adanya sumber energi yang beriluminasi atau memberikan energi elektromagnet ke objek yang diinginkan.

2. **Radiasi dan Atmosfer (B)**

Bersamaan dengan berpindahnya energi dari sumber energi ke objek, energi ini akan berinteraksi dengan atmosfer yang dilaluinya. Interaksi ini mungkin dapat terjadi lagi pada saat energi tersebut berpindah dari objek target ke sensornya.

3. **Interaksi dengan Objek Target (C)**

Ketika energi yang ada berpindah ke objek target melalui atmosfer, energi ini akan berinteraksi dengan targetnya sesuai dengan sifat dari target dan radiasi yang ada.

4. **Perekaman Energi oleh Sensor (D)**

Setelah energi telah dipisahkan dari objek target, kita membutuhkan suatu sensor (yang terpisah dari target) untuk mengumpulkan dan merekam radiasi elektromagnetiknya.

5. **Proses Transmisi, Penerimaan dan Pemrosesan (E)**

Energi yang telah direkam oleh sensor selanjutnya harus ditransmisikan, biasanya secara elektronik, ke suatu stasiun penerima dan pengolah dimana data akan diproses menjadi suatu citra (cetak maupun digital).

6. Interpretasi dan Analisa (F)

Citra yang telah diproses diinterpretasikan, baik secara digital maupun elektronik, untuk menghasilkan informasi tentang objek target yang beriluminasi.

7. Aplikasi (G)

Bagian akhir dari proses penginderaan jarak jauh diperoleh pada saat kita menggunakan informasi yang dihasilkan dari pencitraan objek target untuk mendapatkan penjelasan maupun informasi baru, atau bila informasi tersebut dapat membantu dalam pemecahan suatu masalah.

Sistem indera, termasuk fotografi yang sederhana, berdasarkan pada deteksi dan dokumentasi dari radiasi elektromagnetik yang dipancarkan atau direfleksikan oleh permukaan bumi. Karakteristik dari gelombang radiasi elektromagnetik adalah fungsi dari temperatur dari sumber energi (contohnya matahari), dan dapat dideteksi oleh sensor spektrum yang telah dirancang seperlunya untuk menerima *range* nilai-nilai spektrum yang spesifik.

Sinyal radiasi ini dapat dideteksi oleh berbagai jenis sensor, tergantung pada bagian mana dari spektrum elektromagnetik yang diperlukan. Untuk menunjang kepentingan satelit indera diperlukan *scanner* sensor yang dapat mencatat energi elektromagnetik secara luas, meliputi ultraviolet, *visible*, infra merah dan radiasi panas.

Multispectral scanners (MSS) adalah sensor yang dapat mendeteksi pancaran dan refleksi energi secara elektronik, lebih baik dari pada secara fotografi, dengan mengubah sinyal-sinyal elektrik ke bentuk digital untuk proses pengolahan dan interpretasi citra. MSS membangkitkan sinyal elektrik yang berkorespondensi dengan energi dari gelombang, sementara fotografi mencatat keanekaragaman tingkat sensitivitas cahaya dari film. Citra multispektrum pertama kali diakui pada

program Apollo, dan MSS pertama kali dioperasikan dengan peluncuran pada tahun 1972 yaitu modifikasi dari satelit cuaca “Nimbus”. Ini adalah cikal bakal dimulainya pengembangan program Landsat.

2.4 Citra Optik Dan Citra Radar

Menurut Gonzales, sebuah citra monokrom dapat didefinisikan sebagai sebuah fungsi intensitas dua dimensi $f(x,y)$, dimana x dan y adalah koordinat ruang (horizontal dan vertikal) dan nilai fungsi f pada posisi (x,y) merupakan tingkat keabuan pada titik tersebut. Pada citra digital koordinat ruang yang digunakan adalah koordinat diskrit, dan setiap titik yang dipresentasikan dalam koordinat (x,y) tersebut adalah piksel.

Citra indera dapat dibedakan menurut penggunaan sensornya menjadi citra optik dan citra radar. Citra optik merupakan citra udara yang diperoleh menggunakan kamera dengan memanfaatkan sensor energi matahari, sedang citra radar diperoleh melalui pantulan gelombang mikro. Oleh karena itu, sensor optik disebut sensor pasif dan sensor radar disebut sensor aktif.

Citra optik dan citra radar mencakup informasi yang berbeda dari objek yang diselidiki, namun keduanya saling melengkapi. Citra optik memberikan informasi penutup permukaan, sedang citra radar memberikan informasi volume bentuk geometrik. Ada sembilan perbedaan utama antara citra optik dan citra radar seperti tabel dibawah ini:

Tabel 2.1 Perbedaan Citra Optik dan Radar

Faktor Pembeda	Sensor Optik	Sensor Radar
Iluminasi	Sensor pasif, sinar matahari	Sensor aktif, gelombang mikro
Panjang Gelombang	Visible dan infra-merah	Panjang gelombang tunggal
Waktu Observasi	Hanya siang hari	Siang dan malam hari

Alat Perekam	Kamera vidicom	Penerima radio
Tipe gangguan	Aditif	Multiplikatif
Pengganggu Atmosfera	Awan (kuat)	Hujan batu es (lemah)
Informasi Piksel	Warna atau tonal	Dielektrik dan geometrik
Teknologi Sensor	Telah lama berkembang	Muncul belakangan
Interpretasi Citra	Langsung (spektral)	Kompleks (tektural)

Citra indera memiliki 3 (tiga) karakteristik yaitu spektral atau tonal, spasial atau tekstur, dan temporal. Dalam proposal ini analisis akan difokuskan terhadap karakteristik yang berhubungan dengan temporal. Ciri spektral atau tonal cukup lama dominan dalam optik, sehingga interpretasi terhadap citra optik dengan hanya menggunakan ciri spektral dan tonal saja dapat memperoleh hasil yang cukup baik. Ciri tekstur dalam citra optik banyak digunakan untuk mempelajari struktur dan tipe-tipe awan [MUR97].

Interpretasi terhadap citra radar dengan hanya menggunakan ciri spektral atau tonal tidak dapat dilakukan karena selain citra radar mencakup informasi geometrik dan dielektrik dari permukaan bumi (bukan informasi warnanya) juga karena adanya gangguan *speckle* yang merupakan kemunculan putih dan hitam pada citra [MUR97] pada citra radar, daerah hutan dan pemukiman akan ditampilkan dalam kisaran tingkat keabuan yang relatif sama, namun berbeda dalam ciri teksturnya. Oleh karena itu interpretasi citra radar lebih ditekankan pada ciri tekstur daripada ciri tonal.

2.5 Tekstur Citra

Citra optik dan citra radar mengandung ciri terkstur. Secara umum tekstur ditemui di bermacam-macam citra dan memegang peranan penting dalam analisis citra. Menurut Gonzales, 1993, walaupun belum ada definisi formal untuk tekstur,

secara intuitif tekstur dapat dikatakan sebagai deskriptor yang memberikan informasi kehalusan, dan keteraturan.

Menurut Tomita makna tekstur sebagai pola visual homogen yang kita lihat ketika memperhatikan permukaan bahan pakaian, kulit kayu, atau batu-batuan. Persyaratan mendasar agar sebuah pola optikan dapat dipandang sebagai sebuah tekstur adalah adanya sejumlah besar elemen (variasi spasial dalam hal intensitas atau panjang gelombang), yang dapat dilihat (visible) pada tingkat keabuan tertentu, dan secara keseluruhan membentuk sebuah susunan yang padat dan seimbang.

Menurut Haralic, tekstur citra memiliki dua dimensi dasar. Dimensi pertama berhubungan dengan primitif tonal atau ciri lokal, sedangkan dimensi kedua berhubungan dengan organisasi spasial dari primitif tonal tersebut. Primitif tonal (disebut juga karakteristik/ciri tonal/lokal) adalah sifat tonal dari suatu daerah. Untuk citra monokrom, sifat tonal dapat disamakan dengan tingkat keabuan. Primitif tonal dapat dideskripsikan dalam bentuk tingkat keabuan rata-rata, tingkat keabuan terendah dan tingkat keabuan tertinggi dalam suatu daerah.

Organisasi spasial dari primitif tonal dalam sebuah tekstur dapat bersifat acak dan dapat pula memiliki ketergantungan berpasangan (pairwise dependence) dengan satu atau banyak primitif tonal tetangganya. Ketergantungan tersebut dapat bersifat struktural, proporsional atau fungsional (seperti kebergantungan linier).

2.6 Ciri Statistik Tekstur

Dalam computer vision, tekstur dapat dianalisa melalui pendekatan tingkat statistik dan tingkat struktural. Pada tingkat statistik, ciri-ciri lokal tertentu dihitung secara paralel pada tiap titik pada citra bertekstur, dan sekumpulan penghitungan statistik kemudian diperoleh dari distribusi ciri-ciri lokal tersebut. Ciri lokal didefinisikan sebagai kombinasi intensitas pada posisi tertentu relatif terhadap setiap titik pada citra. Berdasarkan jumlah titik yang digunakan dalam menghitung ciri lokal

tersebut, penghitungan statistik dibagi menjadi tiga tingkat yaitu tingkat pertama, kedua dan lanjut [TOM90].

a. Statistik Tingkat Pertama

Penghitungan statistik terhadap sebuah citra digolongkan sebagai statistik tingkat pertama ketika penghitungan hanya melibatkan ciri tertentu (tingkat keabuan) dari masing-masing piksel pada citra. Contoh pengukuran ciri tekstur dengan tingkat pertama adalah menghitung jumlah piksel pada citra yang memiliki tingkat keabuan tertentu, menghitung tingkat keabuan rata-rata, tingkat keabuan terendah, dan tertinggi dari sebuah citra. Ciri tekstur yang didapat pada tingkat ini sama dengan ciri tekstur dimensi pertama (primitif lokal).

b. Statistik Tingkat Kedua

Penghitungan statistik tingkat kedua didasarkan pada penghitungan yang melibatkan hubunganciri tertentu (tingkat keabuan) antara satu piksel citra pada posisi tertentu (tetanggaaan). Termasuk dalam tingkat ini diantaranya adalah penghitunagn probabilitas kemunculan piksel dengan tingkat keabuan g_1 bersbelahan dengan piksel yang tingkat keabuannya g_2 , (**matriks co-occurrence**), penghitungan perbedaan tingkat keabuan antara dua piksel dengan jarak dan arah tertentu (semivariogram), dan penghitungan Fourier Power Spectrum.

c. Matriks Co-Occurrence

Salah satu aspek tekstur berhubungan dengan distribusi spasial dan kebergantungan spasial dari tingkat keabuan didaerah tertentu. Salah satu bentuk kebergantungan dapat dinyatakan dari probabilitas kemunculan bersama (co-occurrence) dari piksel dengan tingkat keabuan keabuan g_1 dengan piksel yang tingkat keabuannya g_2 .

Co-occurrence tingkat keabuan dapat direpresentasikan dalam sebuah matrik C dimana setiap elemen c_{ij} -nya merupakan nilai dari fungsi $P(I,j,d,a)$. Fungsi $P(I,j,d,a)$ dapat dibaca sebagai probabilitas kemunculan piksel dengan tingkat keabuan g_i berada pada jarak d dari piksel dengan tingkat keabuan g_j pada arah a yang dapat merupakan argumen arah dengan kemungkinan nilai 0° , 45° , 90° , dan 135° .

Misal kita memiliki jendela 5×5 dengan rentang tingkat keabuan $0 - 5$ seperti berikut:

1	1	2	2	5
3	2	3	1	1
0	1	1	0	1
3	2	4	0	1
2	1	1	2	2

Matrik co-ocurrence pada arah $a = 0^\circ$ dan jarak $d=1$ (berdampingan) melalui langkah-langkah sebagai berikut:

1. Tentukan jumlah tingkat keabuan yang berbeda dalam citra tersebut, kemudian urutkan dari kecil ke besar. Untuk citra di atas, terdapat 6 tingkat keabuan yang berbeda, yaitu 0, 1, 2, 3, 4, dan 5.
2. Bentuk matrik A berukuran $k \times k$ dengan k adalah jumlah tingkat keabuan, dimana elemen a_{ij} -nya menyatakan jumlah kemunculan piksel dengan tingkat keabuan g_i muncul bersebelahan dengan piksel dengan tingkat keabuan g_j pada arah 0° dimana $1 \leq i, j \leq k$. Untuk citra di atas $k = 6$ dan $g_1=0$, $g_2=1$, $g_3=2$, $g_4=3$, $g_5=4$, dan $g_6=5$. Maka matrik A sebagai berikut:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 4 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 2 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Matrik co-occurrence C dibentuk dengan membagi setiap elemen A dengan n yaitu jumlah semua elemen matrik A. Untuk citra di atas, $n = 3 + 1 + 4 + 2 + 1 + 2 + 1 + 1 + 1 + 1 + 2 + 1 = 20$.

Langkah berikutnya adalah melakukan perhitungan statistik terhadap matrik C tersebut. Jika c_{ij} merupakan elemen baris ke-i dan kolom ke-j dari matrik C berukuran $k \times k$, maka beberapa ciri tekstur yang dapat diperoleh melalui perhitungan statistik ini di antaranya:

- a. Anguler Second Moment (ASM) atau Uniformity of Energy

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k c_{ij}^2$$

ASM menunjukkan homogenitas atau keragaman tekstur. Semakin homogen tekstur, semakin kecil ukuran matrik, namun nilai masing-masing elemennya semakin besar, sehingga nilai ASM untuk tekstur homogen semakin besar.

- b. Entropi

$$-\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k c_{ij}^2 \log c_{ij}^2$$

Entropi merupakan tingkat keacakan (randomness) dari tekstur. Entropi menunjukkan nilai terbesar jika semua elemen c_{ij} sama.

- c. Momen tingkat ke- m atau m^{th} -Order Elemen Difference Moment

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (i-j)^m c_{ij}$$

Momen tingkat kedua (second Order Elemen Difference Moment) sering disebut dengan nilai kontras tekstur.

- d. Momen invers tingkat ke- m atau m^{th} -Order Inverse Elemen Difference Moment

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k \frac{c_{ij}}{(i-j)^m}$$

Momen tingkat pertama (First Order Inverse Elemen Difference Moment) sering disebut dengan nilai homogenitas tekstur.

- e. Probabilitas Maksimum ($\max c_{ij}$)

Semakin besar nilai probabilitas maksimum, semakin dominan kemunculan suatu tingkat keabuan g_i muncul bersebelahan dengan tingkat keabuan g_j pada citra.

- f. Korelasi (Correlation)

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (i-m)(j-m) c_{ij}$$

m adalah probabilitas kemunculan rata-rata (nilai rata-rata dari semua elemen matrik C).

g. Cluster Shade

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^k (i-j-2m)^2 c_{ij}$$

m adalah probabilitas kemunculan rata-rata (nilai rata-rata dari semua elemen matrik C).

d. Statistik Tingkat Lanjut

Penghitungan statistik lanjut misalnya menghitung *Run Length* yaitu frekuensi kemunculan berturut-turut sejumlah piksel dengan tingkat keabuan tertentu pada arah tertentu.

2.7 Pengolahan dan Analisa Citra

Untuk mendapatkan keuntungan dan memperoleh manfaat dari data penginderaan jarak jauh, kita harus dapat memperoleh informasi yang berharga dari pencitraan yang ada.

Interpretasi dan analisa dari penginderaan jarak jauh melibatkan pengidentifikasian dan/atau pengukuran dari berbagai objek target yang berbeda agar dapat dihasilkan informasi yang berharga dari objek-objek tersebut. Objek target dari proses penginderaan jarak jauh bisa berupa fitur atau objek yang dapat diobservasi dalam bentuk citra atau gambar dan mempunyai karakteristik sebagai berikut:

- Target dapat berupa suatu titik, garis ataupun suatu area. Ini berarti target tersebut dapat berbentuk apa saja, mulai dari bis di tempat parkir atau pesawat di bandara, sampai ke jembatan atau jalan raya, maupun suatu area perairan.

- Target harus dapat dibedakan, artinya target tersebut harus terlihat jelas perbedaannya dengan objek-objek lainnya yang berada di sekitarnya.
- Kebanyakan teknik pengolahan dan analisa citra telah dikembangkan untuk melengkapi interpretasi dari citra penginderaan jarak jauh dan untuk mengekstraksi informasi sebanyak mungkin dari citra tersebut. Pilihan teknik atau algoritma yang spesifik untuk digunakan tergantung pada tujuan atau hasil yang ingin dicapai pada suatu proyek.
- Seringkali proses interpretasi dan identifikasi dari objek target pada penginderaan jarak jauh dilakukan secara manual atau secara visual, yaitu dengan manusia sebagai interpreturnya. Pada banyak kasus, hal ini dilakukan dengan menggunakan pencitraan dalam bentuk gambar atau foto, terlepas dari tipe sensor yang digunakan untuk memperoleh data dan bagaimana data dikumpulkan. Pada kasus ini, data dikatakan berada dalam bentuk analog.
- Citra pada penginderaan jarak jauh dapat pula direpresentasikan ke komputer dalam bentuk jajaran piksel-piksel dimana setiap piksel terhubung ke suatu bilangan digital yang mewakili tingkatan intensitas dari piksel pada citra. Pada kasus ini, data yang digunakan dikatakan berada dalam bentuk digital.

Interpretasi secara visual juga dapat dilakukan dengan mengamati citra digital yang diberikan di suatu monitor komputer. Kedua bentuk citra tersebut, baik yang berbentuk analog maupun digital, dapat ditampilkan dalam bentuk gambar hitam-putih (*monochrome*) atau gambar berwarna dengan mengkombinasikan *channel* yang berbeda untuk setiap panjang gelombang yang berbeda.

2.8 Pengolahan Citra Digital (*Digital Image Processing*)

Ketika data dari penginderaan jarak jauh tersedia dalam bentuk digital, pemrosesan dan analisa secara digital dapat dilakukan dengan menggunakan

komputer. Pemrosesan digital dapat digunakan untuk meningkatkan mutu data sebagai awal input untuk interpretasi secara visual. Pemrosesan dan analisa data secara digital juga dapat digunakan untuk mengidentifikasi target dan menghasilkan informasi yang lengkap secara otomatis tanpa adanya intervensi dari manusia sebagai interpreter manual. Tetapi, sangat jarang sekali terjadi dimana pemrosesan dan analisa digital ini dapat menggantikan interpretasi manual secara keseluruhan. Seringkali hal ini dilakukan untuk memberikan bantuan bagi para analis. Adalah sangat penting untuk diingat bahwa analisa secara visual dan digital dari penginderaan citra jarak jauh adalah tidak saling terpisah. Kedua metode tersebut memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Pada banyak kasus, penggunaan kedua metode tersebut dilakukan secara bersamaan untuk menganalisa citra yang diberikan. Namun pada kenyataannya, pilihan terakhir dari apa yang akan digunakan dan relevansi dari informasi yang dihasilkan pada akhir proses tetap saja harus dilakukan oleh manusia.

Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, di mana umumnya data penginderaan jauh direkam/disimpan dalam format digital, sebenarnya semua penelaahan dan analisa citra mengandung beberapa elemen dari pengolahan citra. Pengolahan citra digital dapat melibatkan banyak prosedur meliputi pemformatan dan koreksi data, peningkatan digital untuk menyediakan fasilitas interpretasi visual yang lebih baik, atau juga klasifikasi otomatis terhadap target dan citra/gambar secara keseluruhan oleh komputer. Untuk mengolah citra inderaja secara digital, data tersebut harus dicatat dan tersedia dalam bentuk digital yang cocok untuk disimpan dalam pita atau *disk* komputer. Disamping itu, kebutuhan lain untuk pengolahan citra digital adalah sebuah sistem komputer, terkadang mengacu pada sebuah sistem analisa citra (*image anlysis system*), dengan perangkat keras dan perngkat lunak yang cocok untuk memproses data. Beberapa sistem perangkat lunak yang tersedia

secara komersial sudah dikembangkan secara spesifik untuk pengolahan dan analisa citra inderaja.

Pada bagian ini akan dibahas mengenai prosedur dan fungsi-fungsi pengolahan citra yang tersedia dan banyak digunakan untuk menganalisa atau menginterpretasikan citra inderaja, yang dikategorikan dalam 4 kategori di bawah ini :

2.8.1 Pre-Processing

Untuk menyiapkan analisa data, biasanya perlu dilakukan proses inialisasi terhadap data yang masih kasar, mengingat adanya karakteristik dari kondisi ketika citra di'tangkap', yaitu kemungkinan adanya distorsi pada data citra. Tergantung pada kebutuhan *user*, beberapa prosedur koreksi standar dapat dilakukan oleh operator yang menerima dan akan meneruskan data tersebut kepada *end-user*.

Fungsi-fungsi *preprocessing* meliputi operasi-operasi yang secara normal dibutuhkan terlebih dahulu untuk analisa data utama dan ekstraksi informasi, dan biasanya dikelompokkan sebagai koreksi radiometris atau geometris.

Koreksi radiometris meliputi koreksi data terhadap sensor yang salah, sensor yang tidak diinginkan atau gangguan atmosfer, respon sensor terhadap keseluruhan citra yang ganjil, dan perubahan data sehingga data secara akurat merepresentasikan biasan atau emisi radiasi yang terukur oleh sensor.

Koreksi geometris meliputi koreksi terhadap pembelokan (distorsi) geometris sehubungan dengan adanya rotasi bumi dan kondisi perekaman lain atau sensor, misalnya adanya variasi geometris bumi (*Earth Geometry variations*) dan perekaman dilakukan pada posisi miring (*oblique viewing*). Koreksi juga dilakukan untuk perubahan data menjadi koordinat asli bumi (seperti garis lintang dan garis bujur) pada permukaan bumi.

Citra dapat juga ditransformasikan untuk menyesuaikan dengan sistem proyeksi peta yang spesifik. Lebih lanjut lagi, jika lokasi geografis dari suatu area pada citra yang diperlukan diketahui secara akurat, dapat menggunakan *ground control points* (GCP) untuk meregistrasi citra tersebut ke peta yang sudah diketahui (*geo-referencing*).

2.8.2 Penajaman Citra (*Image Enhancement*)

Tujuan dari proses penajaman citra, adalah untuk memperbaiki tampilan gambar/citra sehingga membantu dan mempermudah pengguna dalam menginterpretasi dan menganalisa secara manual obyek–obyek yang ada pada tampilan citra.

Terdapat beberapa teknik dalam proses penajaman citra ini, antara lain dengan penajaman kontras (*contrast stretching*), yaitu memperbaiki tampilan citra dengan memaksimumkan kontras antara pencahayaan dan penggelapan atau menaikkan dan merendahkan nilai data berbagai fitur dalam suatu citra). Cara lain yaitu *filtering* data keruangan, yaitu memperbaiki tampilan citra dengan mentransformasikan nilai–nilai digital citra untuk meninggikan atau memadatkan pola keruangan tertentu, mempertajam batas (*enhance edge*), menghaluskan citra dari *noise*, dan lain lain.

2.8.3 Transformasi Citra (*Image Transformation*)

Transformasi citra adalah operasi-operasi yang menyerupai konsep penajaman citra (*image enhancement*). Tetapi, tidak seperti proses penajaman citra yang secara normal diterapkan hanya pada satu saluran pada satu waktu, transformasi citra biasanya meliputi pengolahan kombinasi data dari banyak *bands* spektrum. Operasi aritmatika (seperti pengurangan, penambahan, pengalihan, pembagian) dilakukan untuk mengkombinasikan dan mentransformasikan *band* asli ke dalam citra ‘baru’

yang menampilkan atau memberikan cahaya lebih baik terhadap fitur-fitur tertentu dalam *scene*.

Berbagai metode rasio spektrum atau *band* dan sebuah prosedur yang disebut analisa komponen terpenting (*principal components analysis*) digunakan untuk representasi informasi yang lebih efisien dalam citra banyak *channel*.

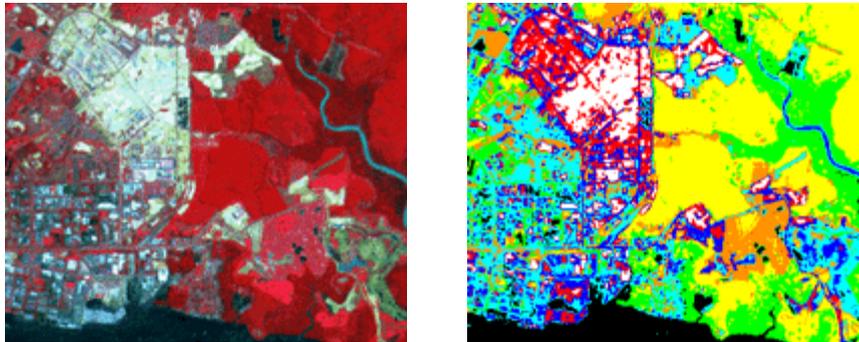
2.8.4 Klasifikasi Citra (*Image Classification*)

Operasi-operasi klasifikasi citra digunakan untuk identifikasi dan klasifikasi secara digital piksel-piksel dalam data. Klasifikasi biasanya dilakukan terhadap kumpulan data dari banyak *channel* (A) dan proses ini memberikan setiap piksel dalam sebuah citra ke kelas atau tema khusus (B) berdasarkan karakteristik statistik dari nilai kecerahan piksel. Perbedaan jenis penutup lahan dalam sebuah citra dapat dibedakan menggunakan algoritma klasifikasi citra dengan menggunakan fitur spektrum, yaitu tingkat terang (*brightness*) dan informasi warna yang terkandung pada tiap piksel.

Terdapat beberapa dua jenis pendekatan klasifikasi digital yang sering digunakan, yaitu klasifikasi *supervised* (terkontrol) dan *unsupervised* (tidak terkontrol). Pada klasifikasi terkontrol, fitur spektrum dari suatu area penutup lahan yang diketahui tipenya diekstrak dari citra. Area ini disebut sebagai *training area*. Setiap piksel di dalam citra diklasifikasikan ke salah satu kelas berdasarkan seberapa dekat spektrum fiturnya terhadap spektrum fitur pada *training area*.

Pada klasifikasi tak terkontrol, program komputer secara otomatis akan mengelompokkan piksel pada citra menjadi beberapa *cluster* terpisah, berdasarkan spektrum fiturnya. Tiap *cluster* akan ditandai sebagai suatu tipe penutup lahan oleh analis.

Tiap klas dari penutup lahan mengacu pada sebuah *theme* dan hasil dari klasifikasi ini dikenal sebagai *thematic map*. Gambar dibawah ini menunjukkan contoh dari *thematic map*, hasil dari algoritma klasifikasi tak terkontrol.



Berikut ini kelas *thematic* dari tipe–tipe penutup lahan yang telah didapatkan dari hasil klasifikasi tak terkontrol dari citra inderaja.

Class No. (Colour in Map)	Landcover Type
1 (black)	Clear water
2 (green)	Dense Forest with closed canopy
3 (yellow)	Shrubs, Less dense forest
4 (orange)	Grass
5 (cyan)	Bare soil, built-up areas
6 (blue)	Turbid water, bare soil, built-up areas
7 (red)	bare soil, built-up areas
8 (white)	bare soil, built-up areas

2.9 Remote Sensing dan Geographical Information System (GIS)

Bentuk lain dari citra, seperti citra optik dan citra radar, menyediakan informasi pelengkap mengenai penutup lahan. Data yang lebih detil dapat diperoleh dari kombinasi beberapa tipe citra yang berbeda. Sebagai contohnya, citra radar dapat membentuk sebuah *layer* hasil kombinasi antara gelombang yang terlihat dengan *layer* infra merah ketika proses klasifikasi.

Informasi tematik yang diperoleh dari citra inderaja biasanya dikombinasikan dengan data tambahan untuk membentuk Sistem Informasi Geografi (SIG). SIG adalah sebuah basisdata dari beberapa lapis (*layer*), dimana setiap lapisan mengandung informasi mengenai suatu aspek khusus mengenai area yang sama, yang digunakan untuk analisa oleh para ahli (pakar).