

# BAB III

---

## **DASAR INTERPRETASI CITRA PENGINDRAAN JAUH**

Interpretasi citra merupakan pekerjaan yang menjawab pertanyaan: bagaimana cara mempergunakannya atau cara analisis data penginderaan jauh, agar dapat digunakan untuk keperluan daerah. Interpretasi citra telah diungkapkan dalam batasan merupakan kegiatan mengidentifikasi obyek melalui citra penginderaan jauh. Kegiatan ini merupakan bagian terpenting dalam penginderaan jauh, karena tanpa dikenali obyek yang tergambar pada citra penginderaan jauh, maka kita tidak dapat melakukan kegiatan apa-apa terhadap citra tersebut. Interpretasi citra penginderaan jauh dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu interpretasi secara manual dan digital. Oleh karena itu pada buku ini akan dibincangkan mengenai interpretasi citra penginderaan jauh secara manual, maupun secara digital.

1. Interpretasi citra secara manual data penginderaan jauh merupakan pengenalan karakteristik obyek secara keruangan (spasial) berdasarkan pada unsur-unsur interpretasi citra penginderaan jauh. Interpretasi manual dilakukan terhadap citra fotografi dan non-fotografi yang sudah dikonversi ke dalam bentuk foto atau citra. Interpretasi manual pada citra penginderaan jauh yang sudah terkoreksi baik terkoreksi secara radiometrik maupun secara geometrik, sehingga pengguna tinggal melakukan identifikasi obyek yang tergambar pada citra atau foto. Interpretasi citra penginderaan jauh manual dapat dilakukan untuk berbagai bidang penggunaan, sesuai kebutuhan pengguna. Interpretasi citra penginderaan jauh berdasarkan sistem klasifikasi, yang bertujuan untuk mengelompokkan atau melakukan segmentasi kenampakan permukaan bumi yang homogen, dengan teknik kualitatif. Perhitungan kuantitatif dilakukan secara manual berdasarkan skala dan resolusi citra penginderaan jauh.

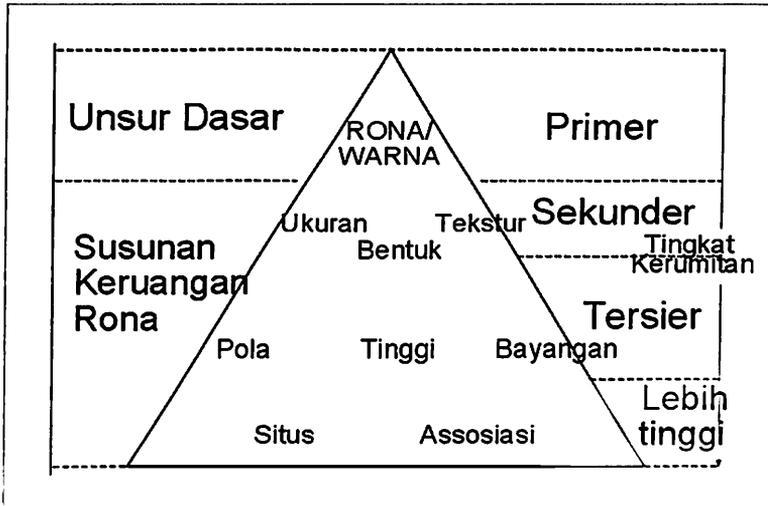
2. Interpretasi citra penginderaan jauh secara digital dilakukan dengan bantuan komputer. Di dalam interpretasi citra penginderaan jauh digital, pengguna dapat melakukannya mulai dari pengolahan/ pra-pengolahan (koreksi-koreksi citra), penajaman citra, hingga klasifikasi citra. Namun dapat juga menggunakan data/ citra penginderaan jauh digital yang sudah terkoreksi, sehingga pengguna tinggal melakukan klasifikasi, tidak perlu melakukan prapengolahan data, sehingga koreksi yang dilakukan oleh interpreter hanya untuk memperoleh presisi geometrinya saja.

### **3.1. INTERPRETASI CITRA SECARA MANUAL**

Dasar interpretasi citra penginderaan jauh secara manual akan dibincangkan mengenai unsur interpretasi, identifikasi obyek berdasarkan jenis citranya, dan teknik interpretasi dan konvergensi bukti yang dilakukan dalam pengenalan obyek citra penginderaan jauh.

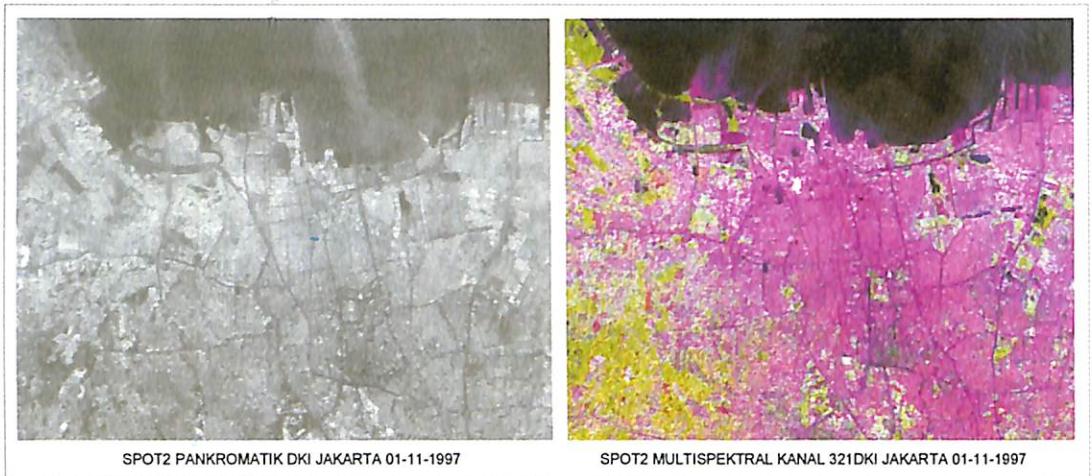
#### **3.1.1. Unsur Interpretasi Citra**

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 pada citra. Karakteristik obyek yang tergambar pada citra dikenali menggunakan 8 (delapan) unsur interpretasi, 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 3.1. Setiap unsur interpretasi memiliki kemampuan untuk mengenali obyek pada citra penginderaan jauh, yang masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut.



Gambar 3.1. Susunan tingkatan unsur interpretasi citra  
(Estes et al., 1983 dalam Sutanto, 1986)

1. Rona atau Warna. Rona adalah tingkat kegelapan atau kecerahan obyek pada citra atau tingkatan dari hitam ke putih atau sebaliknya, sedangkan warna adalah ujud yang tampak oleh mata yang menunjukkan tingkat kegelapan dan keragaman warna dari kombinasi saluran/ band citra, yaitu warna dasar biru, hijau, merah, dan kombinasi warna dasar seperti kuning, jingga, nila, ungu, dan warna lainnya. Unsur dasar yang berupa rona atau warna merupakan hal primer dalam tingkat kerumitan pengenalan obyek. Rona mencerminkan karakteristik spektral citra sesuai dengan panjang gelombang elektromagnetik yang digunakan dalam perekaman datanya. Rona menyajikan tingkat kegelapan atau tingkat keabuan obyek yang tergambar pada citra hitam putih, sedangkan warna menunjukkan tingkatan warna dari obyek yang tergambar pada citra berwarna (baik warna palsu maupun warna asli). Perbedaan warna lebih mudah dibandingkan dengan perbedaan rona, karena mata kita sudah terbiasa melihat keanekaragaman warna di permukaan bumi. Perhatikan rona dan warna pada citra Gambar 3.2. Dua citra hitam putih (SPOT2 Pankromatik) dan citra berwarna (SPOT2 Multispektral kanal 321) DKI Jakarta rekaman 1 November 1997.



**Gambar 3.2.** Perbedaan Rona (SPOT 2 Pank) dan Warna (SPOT MS) DKI Jakarta.  
(Dok. LAPAN)

2. Bentuk adalah variabel kualitatif yang memerikan (menguraikan) konfigurasi atau kerangka suatu obyek, misal : persegi, membulat, memanjang, dan bentuk lainnya. Bentuk juga menyangkut susunan atau struktur yang lebih rinci. Contoh kenampakan pada citra pohon kelapa, sagu, nipah, enau berbentuk bintang, pohon pinus berbentuk kerucut, sedangkan bangunan seperti gedung perkantoran mempunyai bentuk beraturan seperti berbentuk memanjang seperti huruf I, bentuk lengkung seperti huruf L atau U. Gambar 3.3. Citra IKONOS daerah Manggadua, Jakarta Pusat. Perhatikan bentuk rumah hunian, perkantoran, dan pusat niaga, masing-masing mempunyai bentuk berbeda. Bentuk bangunan Mal yang berbeda dengan bangunan sekelilingnya seperti bentuk atapnya.
3. Ukuran : merupakan atribut obyek yang berupa jarak, luas, tinggi, lereng dan volume. Ukuran tergantung skala dan resolusi citra. Gambar 3.3. menunjukkan ukuran rumah hunian, gudang, tempat niaga (Mal), dan perkantoran. Rumah hunian ukurannya relatif lebih kecil dibandingkan dengan tempat niaga atau pasar modern (Mal) dengan bangunan yang sangat mudah dikenali karena selain bentuk juga ukurannya yang luas dan besar.



Gambar 3.3. Ukuran dan bentuk rumah pada Citra IKONOS. (Dok LAPAN)

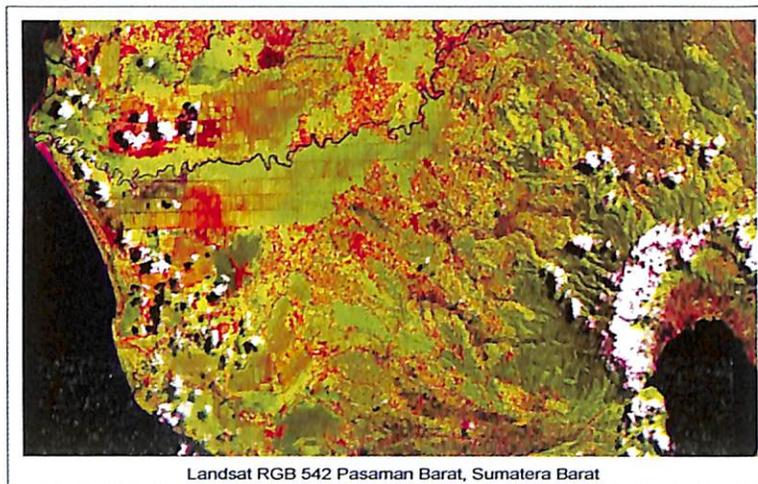
4. Tekstur adalah frekuensi perubahan rona pada citra. Tekstur sering dinyatakan dalam ujud kasar, halus, atau bercak-bercak. Gambar 3.4. Citra Quickbird Tobelo, Halmahera, tampak obyek perkotaan (bangunan) tampak bertekstur kasar, sedangkan kebun bertekstur sedang, rumput bertekstur halus. Obyek air tenang bertekstur halus, air bergelombang bertekstur sedang



Gambar 3.4. Perbedaan tekstur pada citra Quickbird. (Dok. LAPAN)

5. Pola merupakan ciri obyek buatan manusia dan beberapa obyek alamiah yang membentuk susunan keruangan. Pola permukiman pedesaan biasanya pola tidak teratur, namun ada hal yang dapat digunakan sebagai acuan seperti pola permukiman memanjang

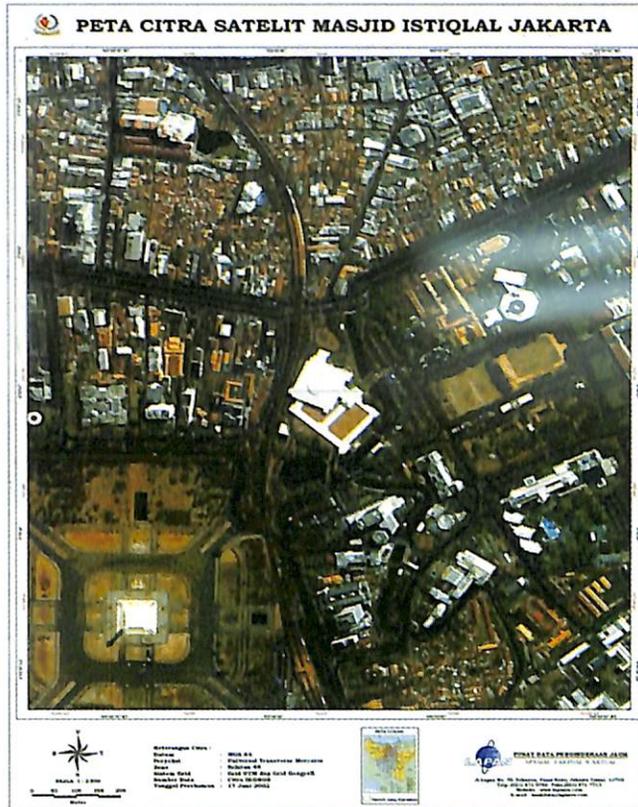
(longeted) sepanjang jalan atau sungai, permukiman menyebar dan mengelompok di sekitar danau. Perumahan yang dibangun terencana seperti *real estate* dikenali dengan pola teratur. Pola perkebunan teratur karena sudah direncanakan dengan pematang/ jalan-jalan inspeksi, saluran pengairan dengan tanaman yang homogen, sehingga mudah dibedakan dengan vegetasi lain. Gambar 3.5. Citra Landsat RGB 543 Pasaman Barat, Sumatera Barat. Perhatikan obyek perkebunan terlihat dengan pola teratur dengan pematang/ jalan perkebunan yang teratur. Perkebunan mempunyai tekstur halus, karena tanaman yang homogen, bedakan tanaman perkebunan dengan vegetasi yang lain (hutan dan tegalan).



**Gambar 3.5.** Perbedaan pola dari citra Landsat. (Dok. LAPAN)

6. Bayangan merupakan obyek yang tampak samar-samar atau tidak tampak sama sekali (hitam), sesuai dengan bentuk obyeknya seperti bayangan awan, bayangan gedung, bayangan bukit. Bayangan sering dapat mengamati obyek yang tersembunyi, seperti cerobong asap pabrik, menara, bak air yang dipasang tinggi akan tampak dari bayangan. Gambar 3.6. Citra IKONOS sekitar Monas (Monumen Nasional) dan Masjid Istiqlal Jakarta. Perhatikan bayangan dari tugu Monas, bayangan gedung gereja, bayangan masjid dan bayang gedung bertingkat. Bayangan juga dapat digunakan untuk mengenali bentuk obyeknya, perhatikan bayangan tugu Monas tampak profil sesuai dengan bentuk tugunya, walaupun tugunya sendiri hanya terlihat seperti titik, bahkan

kurang jelas karena warnanya putih sama dengan dasarnya. Perhatikan juga bentuk-bentuk bayangan dari gedung-gedung bertingkat, yang ada dalam citra.



Gambar 3.6. Perbedaan bayangan pada Citra IKONOS. (Dok. LAPAN)

7. Situs merupakan hubungan antar obyek dalam satu lingkungan, yang dapat menunjukkan obyek disekitarnya atau letak suatu obyek terhadap obyek lain. Situ biasanya mencirikan suatu obyek secara tidak langsung. Situs kebun kopi terletak di lahan miring, karena tanaman kopi memerlukan pengaturan saluran air/ sirkulasi air yang baik; Situs sering membentuk pola, seperti situs permukiman memanjang di sepanjang jalan, permukiman sepanjang sungai pada tanggul alam, permukiman pantai di sepanjang igir beting pantai. Gambar 3.7. Citra Quickbird Bandara Sorong, Papua Barat. Perbedaan situs bandara yang terletak di daerah landai (dataran) di dekat pantai. Situs permukiman yang membentuk pola memanjang mengikuti aliran sungai yang besar dan mengelompok pada meander-meander sungai. Perhatikan pola jalan

dibuat mengikuti pola lekukan sungai atau bentuk pengelompokan daerah permukiman. Tanaman bakau dan permukiman nelayan terletak di tepi pantai.



**Gambar 3.7.** Situs bandara dan permukiman pada citra Quickbird. (Dok LAPAN)

8. Asosiasi merupakan unsur antar obyek yang keterkaitan atau antara obyek yang satu dengan obyek yang lain, sehingga berdasarkan asosiasi tersebut dapat membentuk suatu fungsi obyek tertentu. Misalnya Pelabuhan merupakan asosiasi dari kenampakan laut, dermaga, kapal, bangunan gudang dan tempat tunggu penumpang, lapangan tempat parkir kontiner. Sekolah merupakan asosiasi dari gedung sekolah, lapangan/ halaman untuk olah raga. Stasiun Kereta Api merupakan asosiasi dari bangunan memanjang di tepi rel kereta api, tempat parkir kereta, tower air untuk keperluan kereta api, kemungkinan bangunan bengkel kereta api. Gambar 3.8. Citra IKONOS Ancol, Jakarta. Perhatikan asosiasi dari setiap obyek yang menggambarkan tempat rekreasi, wilayah pariwisata pantai dan wisata pendidikan untuk bidang kelautan.



Gambar 3.8. Asosiasi obyek di wisata Ancol, Jakarta dari citra IKONOS. (Dok. LAPAN)

Secara garis besar interpretasi citra penginderaan jauh secara manual didasarkan pada unsur interpretasi, mengacu pada karakteristik spasial dan karakteristik spektral citra. Unsur interpretasi yang menunjukkan karakteristik spektral adalah rona atau warna obyeknya. Apabila citra hitam putih baik pankromatik (diambil dengan menggunakan panjang gelombang sinar tampak) maupun citra hitam putih inframerah pantulan, mempunyai rona dengan tingkatan keabuan yang berbeda pada setiap obyek. Obyek yang sama bila direkam dengan menggunakan panjang gelombang berbeda, akan tampak warna yang berbeda. Misalnya daun yang hijau pada citra pankromatik (rekaman menggunakan panjang gelombang sinar tampak) berwarna seperti warna aslinya (warna seperti yang terlihat oleh mata kita), sedangkan warna daun pada citra inframerah berwarna merah atau warna palsu (*false color*). Demikian juga dengan obyek lainnya yang tergambar pada citra inframerah berwarna menunjukkan karakteristik warna yang berbeda dengan warna aslinya.

Tiga rangkaian kegiatan utama dalam interpretasi citra yaitu deteksi, identifikasi, dan analisis.

1. Deteksi : Pengamatan obyek pada citra yang bersifat global dengan melihat ciri khas obyek berdasarkan unsur rona atau warna citra
2. Identifikasi : Pengamatan obyek pada citra bersifat agak rinci, yaitu upaya mencirikan obyek yang telah dideteksi menggunakan keterangan yang cukup.

3. Analisis : Pengamatan obyek pada citra bersifat rinci, yaitu tahap pengumpulan keterangan lebih lanjut

### 3.1.2 Identifikasi Obyek Pada Citra

Data penginderaan jauh direkam sensor penginderaan jauh menggunakan detektor elektronik. Cara perekamannya menggunakan tenaga elektromagnetik yang luas, yaitu spektrum tampak, ultraviolet, inframerah dekat, inframerah termal, dan gelombang mikro. Citra digital dibentuk dari elemen-elemen gambar atau *pixel* (*picture element*) yang menyatakan tingkat keabuan pada gambar. Informasi yang terkandung dalam *pixel* merupakan nilai keabuan dan titik-titik koordinat yang dapat dinyatakan secara presisi. Setiap citra digital penginderaan jauh satelit mempunyai sifat khas datanya. Sifat khas data tersebut dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, sifat dan kepekaan sensor penginderaan jauh terhadap panjang gelombang elektromagnetik, jalur transmisinya, sifat sasaran (obyek), dan sifat sumber tenaga radiasinya. Setiap jenis citra penginderaan jauh mempunyai karakteristik spektral (*spectral signature*) sesuai dengan panjang gelombang yang digunakan dalam perekaman datanya. Oleh karena itu pengetahuan tentang karakteristik spektral sangat diperlukan untuk mengidentifikasi obyek yang tergambar pada setiap jenis citra.

Karakteristik spektral dalam penginderaan jauh adalah ciri atau karakter setiap obyek dalam menyerap dan memantulkan tenaga yang diterimanya. Berbagai macam pola penutup lahan, yang masing-masing mempunyai nilai pantulan berbeda pada setiap panjang gelombang. Karakteristik tersebut sangat mempengaruhi hasil citra penginderaan jauh direkam dengan menggunakan berbagai panjang gelombang. Walaupun demikian karakteristik spektral tidak hanya dipengaruhi oleh panjang gelombangnya saja tetapi juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu perbedaan kekasaran dan kelembaban obyek, saat (waktu) pengambilan/ perekaman data, letak lokasi (posisi lintang dan bujur) obyek yang diindera, dan kondisi cuaca daerah saat perekaman data.

Identifikasi adalah pengamatan dan pengenalan obyek pada citra penginderaan jauh berdasarkan bersifat citranya, dengan menggunakan keterangan yang cukup. Oleh karena itu interpreter sebelum mengidentifikasi obyek pada setiap jenis citra, harus lebih dahulu mengetahui karakteristik dan sifat citra yang akan diidentifikasi atau diamati obyeknya. Identifikasi obyek pada citra penginderaan jauh, di samping mengetahui sifat citranya, maka

pada prinsipnya harus dibantu dengan unsur-unsur interpretasi yang telah diterangkan di atas. Data penginderaan jauh satelit sebelum diinterpretasi atau dipergunakan untuk identifikasi suatu daerah perlu diolah atau dikoreksi terlebih dahulu, agar diperoleh citra yang sudah terkoreksi.

Pengolahan data penginderaan jauh didefinisikan sebagai penanganan data yang direkam oleh sensor penginderaan jauh hingga menjadi bentuk citra yang dapat diinterpretasi. Citra penginderaan jauh yang sudah terkoreksi (citra hasil pengolahan) dapat diinterpretasi hingga menjadi bentuk informasi, yang dapat dimanfaatkan oleh pengguna. Usaha pengolahan data hingga menjadi bentuk citra yang dapat diinterpretasi, memerlukan banyak pemikiran, instrumentasi, waktu, pengalaman, dan data rujukan. Peranan manusia di dalam pengolahan data terus berlanjut hingga yang paling penting adalah terapan informasi citra penginderaan jauh dalam berbagai bidang yang diperlukan. Oleh karena itu pengolahan citra penginderaan jauh dibicarakan tersendiri dalam interpretasi citra digital.

Kegiatan interpretasi citra penginderaan jauh dasar dalam ilmu geografi dimaksudkan untuk mempelajari fenomena geosfer baik menggunakan citra foto udara maupun citra satelit, dalam berbagai skala baik sekala tinjau maupun skala detil. Fenomena geosfer merupakan unsur-unsur utama dalam geografi, yaitu atmosfer unsur gas, hidrosfer unsur cair, litosfer unsur padat batuan, pedosfer unsur padat tanah, dan biosfer unsur kehidupan. Unsur-unsur tersebut dapat dipelajari melalui citra penginderaan jauh dengan cara interpretasi citra. Khusus unsur biosfer atau unsur kehidupan, yang mempelajari kegiatan manusia dalam interpretasi citra paling tepat dilakukan dengan interpretasi secara manual, karena lebih banyak menggunakan akal manusia. Hasil kegiatan yang dapat mempengaruhi permukaan bumi, seperti penutupan lahan dan perubahannya tidak ada masalah dilakukan secara digital pada citra penginderaan jauh multi temporal. Namun untuk analisis kecenderungan yang harus dilakukan secara normatif, seperti analisis habitat flora dan fauna dari citra penginderaan jauh yang melibatkan unsur spasial lebih banyak dari unsur spektralnya.

Interpreter dalam mengidentifikasi citra penginderaan jauh harus mengetahui dan mengenal karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan setiap jenis citra penginderaan jauh yang akan diinterpretasi atau diidentifikasi obyek yang tergambar pada citra tersebut. Karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan setiap jenis citra, dapat digunakan sebagai pedoman oleh pengguna (*Users*).

Oleh karena itu interpreter harus dapat mengenali jenis citra, karakteristik, kelebihan, dan keterbatasan citra yang akan diinterpretasi, sehingga interpretasi yang dilakukan akan lebih optimal.

### 3.1.2.1. Identifikasi Obyek pada Citra Landsat

Citra Landsat yang sampai satini sudah sampai generasi ke 7 (tujuh) merekam citra menggunakan berbagai panjang gelombang elektromagnetik yang diwujudkan pada setiap saluran perekaman datanya. Identifikasi citra Landsat didasarkan pada karakteristik sifat perekamannya. Jenis citra yang direkam Landsat hingga saat ini adalah Landsat MSS dan Landsat TM/ ETM +, yang pada setiap saluran/ kanal (band) mempunyai karakteristik dan kemampuan aplikasi atau penggunaannya yang berbeda. Tabel 3.1. Karakteristik spektral dan kecocokan aplikasi setiap saluran pada citra Landsat (MSS dan TM/ ETM).

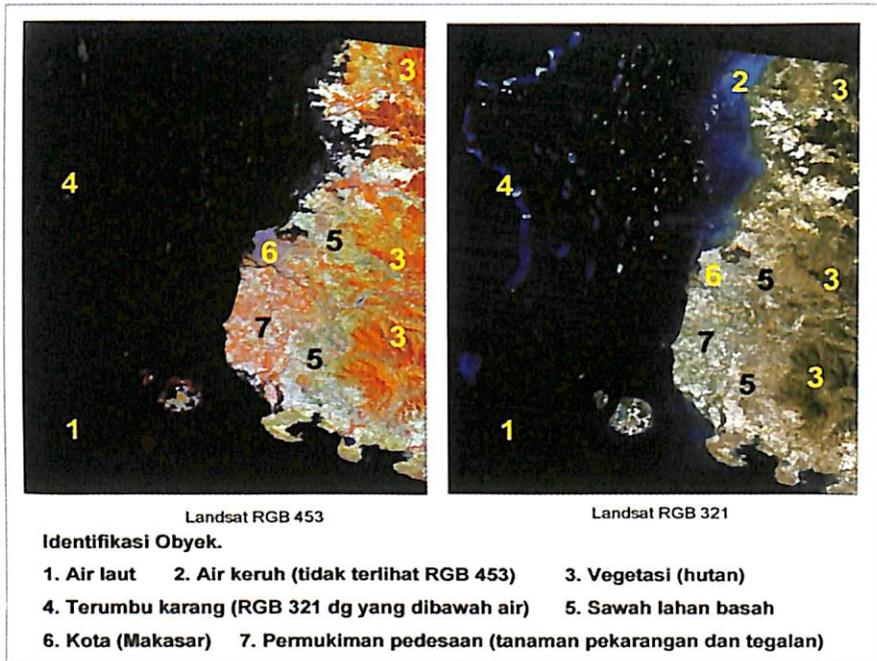
Cara penggunaan tabel tersebut, misalnya khusus citra Landsat pada panjang gelombang biru, dapat menembus air jernih hingga kedalaman 20 meter. Oleh karena itu kajian air dapat digunakan saluran 1 (biru-hijau).

**Tabel 3.1.** Karakteristik dan kemampuan aplikasi setiap saluran (*band*) Landsat  
(*Sumber : Landsat Handbook, 1986 dan Program Landsat 7, 1998*)

Landsat MSS		Landsat 5 TM dan Landsat 7 ETM+	
Saluran/ band (µm)	Aplikasi/ Penggunaan	Saluran/ band (µm)	Aplikasi/ Penggunaan
Saluran 4 (0,50 - 0,60)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap tubuh air dan penetrasi tubuh air</li> <li>- Mendeteksi muatan sedimen</li> <li>- Puncak pantulan vegetasi membedakan vegetasi subur/ tidak, identifikasi tanaman</li> </ul>	Saluran 1 (TM = ETM+) (0,45 - 0,52)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap peningkatan penetrasi air</li> <li>- Mendukung analisis sifat khas lahan, tanah, vegetasi</li> </ul>
Saluran 5 (0,60 - 0,70)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontras kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi</li> <li>- Membantu identifikasi penutup lahan, kenampakan alam dan budaya</li> </ul>	Saluran 2 (0,52 - 0,60) (LS 5 TM) (0,53 - 0,61) (LS 7 ETM+)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengindera puncak pantulan vegetasi</li> <li>- Menekankan perbedaan vegetasi dan nilai kesuburan</li> </ul>

Saluran 6 (0,70 - 0,80)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap terhadap biomasa vegetasi</li> <li>- Kontras tanaman, tanah, air</li> </ul>	Saluran 3 TM = ETM+ (0,63 - 0,69)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Memisahkan vegetasi</li> <li>- Serapan klorofil dan memperkuat kontras vegetasi/ bukan vegetasi</li> </ul>
Saluran 7 (0,80 - 1,10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap perbedaan antara tanah, air, vegetasi</li> <li>- Membantu menentukan kondisi kelembaban tanah</li> <li>- Kandungan air tanaman</li> <li>-</li> </ul>	Saluran 4 TM (0,76 - 0,90) TM = ETM+ (0,78-0,90)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap biomasa vegetasi</li> <li>- Identifikasi dan kontras tanaman, tanah, air</li> </ul>
		Saluran 5 TM = ETM+ (1,55 - 1,75)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menentukan jenis veg dan kandungan airnya</li> <li>- Menentukan kelembaban tanah</li> </ul>
		Saluran 6 TM = ETM+ (10,4 - 12,5)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deteksi suhu obyek</li> <li>- Analisis gangguan vegetasi</li> <li>- Perbedaan kelembaban tanah</li> </ul>
		Saluran 7 TM (2,08 - 2,35) ETM + (2,09 - 2,35)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemisahan formasi batuan</li> <li>- Analisis bentuk lahan</li> </ul>
		Saluran 8 ETM + (0,50 - 0,90) LS5 TM tidak ada saluran pankromatik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemetaan planimetrik</li> <li>- Identifikasi permukiman</li> <li>- Kontras bentang alam dan budaya</li> <li>- Identifikasi kenampakan geologi</li> </ul>

Kombinasi saluran dapat memaksimalkan penggunaan citra Landsat tersebut, misalnya untuk kajian air dapat digunakan gabungan antara panjang gelombang biru dan inframerah dekat. Data yang direkam menggunakan inframerah pantulan dapat memberikan kontras yang tegas antara air, tanah, dan tanaman, sehingga batas air dan daratan dapat diidentifikasi dengan tegas. Gambar 3.9. menunjukkan kemampuan kombinasi (komposit) saluran (RGB = Red Green Blue) citra Landsat TM saluran 4, 5, dan 3 (RGB 453) dan komposit saluran 3, 2, dan 1 (RGB 321).



Gambar 3.9. Perbedaan kenampakan pada kombinasi saluran Landsat TM  
(Purwadhi dkk, 2005)

Bandingkan kenampakan obyek yang terekam pada kedua citra tersebut (Landsat RGB 321 dan Landsat RGB 453),

1. Kenampakan air pada keduanya tampak hitam, karena ada unsur warna merah (saluran 3), sehingga banyak tenaga yang sampai pada obyek air diserap, sehingga rekaman berwarna gelap (hitam),
2. Kenampakan obyek di dalam air pada Landsat RGB 321, di sini ada panjang gelombang biru (saluran 1) yang mempunyai kemampuan tembus air, sehingga terumbu karang yang ada di bawah permukaan air tampak dan kekeruhan air juga terekam pada citra, sedangkan pada Landsat RGB 453 semua tenaga merah dan inframerah semua diserap oleh air, berarti tidak ada tenaga yang dipantulkan semua yang ada di dalam air tidak terlihat.
3. Kenampakan vegetasi yang mengandung klorofil (hijau daun) berwarna merah pada Landsat 453, karena perekaman data dari ketiga saluran tersebut menggunakan panjang gelombang merah dan inframerah dekat, sehingga apa yang terlihat pada mata kita hijau, akan tergambar berwarna merah. Perhatikan gambar satunya Landsat RGB 321 (sinar tampak warna merah, hijau, biru), maka apa yang tergambar pada citra

- sesuai apa yang kita lihat di lapangan.
4. Kenampakan tanah terbuka pada Landsat RGB 321 tampak putih kecoklatan (tanah mengandung kapur), sedangkan pada Landsat RGB 453 tampak putih kehijauan (warna palsu).
  5. Kenampakan permukiman (a) permukiman pedesaan karena ada asosiasi dengan tanaman pekarangan, kebun campuran, dan tegalan, maka tampak warna kombinasi warna tanah dan vegetasi. (b) permukiman kota tampak warna hampir sama dengan warna tanah karena pantulan atap rumah atau bangunan yang rapat. Warna atap tidak persis sama dengan tanah, karena sebagian besar atap bangunan menggunakan seng, bukan dari genteng tanah.
  6. Kenampakan sawah berair tampak warna kombinasi antara tanah, air, vegetasi.

### 3.1.2.2. Identifikasi Obyek pada Citra SPOT

Sistem SPOT berhubungan dengan ketelitian altimetri menggunakan instrumen HRS (*High Resolution Stereoscopic*), yang berperan untuk memproduksi DEM (*Digital Elevation Model*) untuk produk citra *Ortho* (*Orthofoto*). Sistem SPOT saat ini seperti telah dibicarakan di Bab II terdiri dari tiga sistem wahana, yaitu SPOT 123, SPOT 4, dan SPOT 5. Oleh karena itu penggunaan datanya juga harus memperhitungkan karakteristik tersebut. Aplikasi data SPOT tergantung saluran (*band*) spektralnya. Karakteristik tanggapan spektral obyek setiap saluran dari citra SPOT MS dan pankromatik. Bagaimana cara penggunaannya? Beberapa contoh penggunaan tabel-tabel sebagai pedoman. Tabel 3.2. Karakteristik dan kemampuan setiap seri SPOT. Saluran spektral PA adalah saluran pankromatik, citra kombinasi (komposit) tiga saluran (B1, B2, B3) atau komposit empat saluran (PA, B1, B2, B3). Saluran pankromatik mengalami kemajuan pesat, dari resolusi 10 meter menjadi 2,5 meter dan 5 meter. Citra SPOT multispektral (MS) resolusi 20 meter menjadi 10 meter.

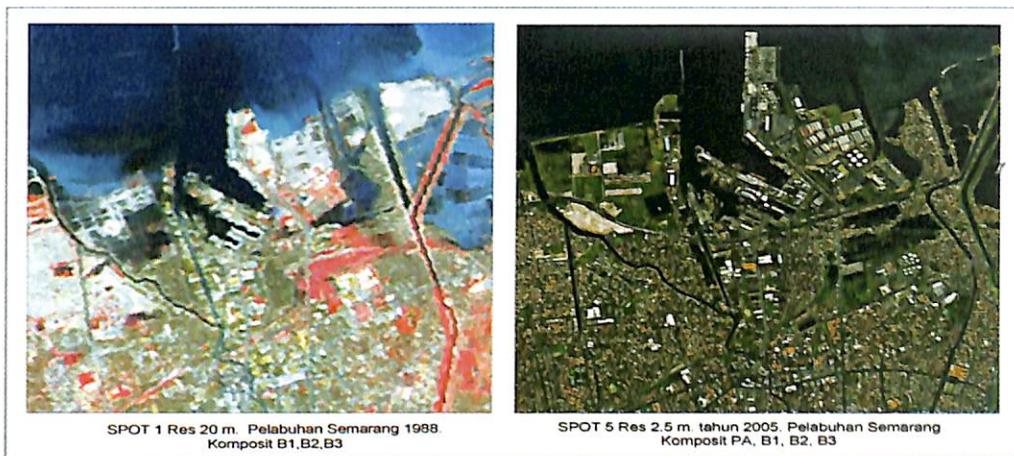
**Tabel 3.2.** Karakteristik dan kemampuan aplikasi setiap saluran (*band*) SPOT  
(*Sumber : SPOT Programme, 2002*)

Saluran (band)	Panjang Gelombang	Aplikasi
PA (Pankromatik) HRV, HRVIR, HRG, HRS	(0,49-0,69) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pemetaan planimetrik</li> <li>- Identifikasi wilayah permukiman</li> <li>- Kontras bentang alam dan budaya</li> <li>- Identifikasi kenampakan geologi</li> <li>- Pemetaan altimetrik, ortho, DEM</li> </ul>
Saluran 1 : B1 (hijau) HRV, HRVIR, HRG	(0,49-0,61) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap terhadap tubuh air, dan penetrasi tubuh air</li> <li>- Mendeteksi muatan sedimen</li> <li>- Puncak pantulan vegetasi dapat membedakan kondisi vegetasi subur/ tidak, identifikasi tanaman</li> </ul>
Saluran 2 : B2 (merah) HRV, HRVIR, HRG	(0,61 - 0,68) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kontras kenampakan vegetasi dan bukan vegetasi</li> <li>- Identifikasi penutup lahan, kenampakan alam dan budaya</li> </ul>
Saluran 3 : B3 (NIR) HRV, HRVIR, HRG	(0,78-0,89) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tanggap biomasa vegetasi</li> <li>- Kontras tanaman, tanah, air</li> <li>- Kenampakan geologi</li> </ul>
Saluran 4 : B4 (SWIR) HRVIR, HRG	(1,58-1,75) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deteksi air permukaan</li> <li>- Perbedaan kontras batuan</li> <li>- Kontras air, tanah, vegetasi</li> </ul>
Saluran 0 : B0 (Biru) Instrumen Vegetasi	(0,43-0,47) $\mu\text{m}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deteksi perbedaan indeks vegetasi</li> <li>- Biomasa vegetasi</li> <li>- Identifikasi jenis tanaman</li> <li>- Klorofil-a di perairan dan lautan</li> </ul>

Cara penggunaan tabel tersebut untuk memaksimalkan penggunaan sesuai dengan kemampuan setiap saluran. Kerincian informasi tergantung pada kepekaan sensor dalam merekam panjang gelombang elektromagnetik berupa resolusi citra. Kerincian informasi obyek yang direkam menggunakan panjang gelombang pankromatik lebih rinci dibandingkan menggunakan panjang gelombang inframerah. Hal itu disebabkan kepekaan sensor terhadap panjang gelombang elektromagnetik dipengaruhi oleh interaksi tenaga dengan benda yang akan direkam. Dasar fisika yang dapat menjelaskan adalah teori kuantum, di mana secara proporsional tenaga berbanding terbalik dengan panjang gelombang untuk perekaman data, sehingga makin besar panjang gelombangnya semakin kecil tenaga kuantum. Radiasi yang dipancarkan secara alamiah oleh panjang gelombang tampak lebih besar dibandingkan panjang gelombang inframerah, sehingga resolusi citra yang menggunakan panjang gelombang tampak lebih rinci dibandingkan menggunakan panjang

gelombang inframerah.

Gambar 2.10. Perbedaan citra dari dua sistem sensor SPOT (SPOT1 dan SPOT3) Pelabuhan Semarang, Jawa Tengah. Karakteristik citra kombinasi (komposit) hasil sistem sensor SPOT 1 (Resolusi 20 meter) kombinasi saluran B1, B2, B3, yang direkam tahun 1988, seperti pada karakteristik Landsat RGB 453. Sedangkan citra satunya hasil SPOT 5 (resolusi 2,5 meter) komposit empat saluran (PA, B1, B2, B3) lebih mudah dipahami karena hampir sama dengan apa yang kita lihat di lapangan, walaupun ada unsur inframerah dalam pengambilan datanya, namun sinar tampak lebih dominan (PA= pankromatik, B1= hijau, dan B2= merah) Bedakan kemampuan kedua citra tersebut dalam menyajikan obyek-obyek permukaan lahan.



Gambar 3.10. Perbedaan kenampakan hasil rekaman SPOT 1 dan SPOT 5. (Dok. LAPAN)

### 3.1.2.3. Identifikasi Obyek pada Citra IKONOS

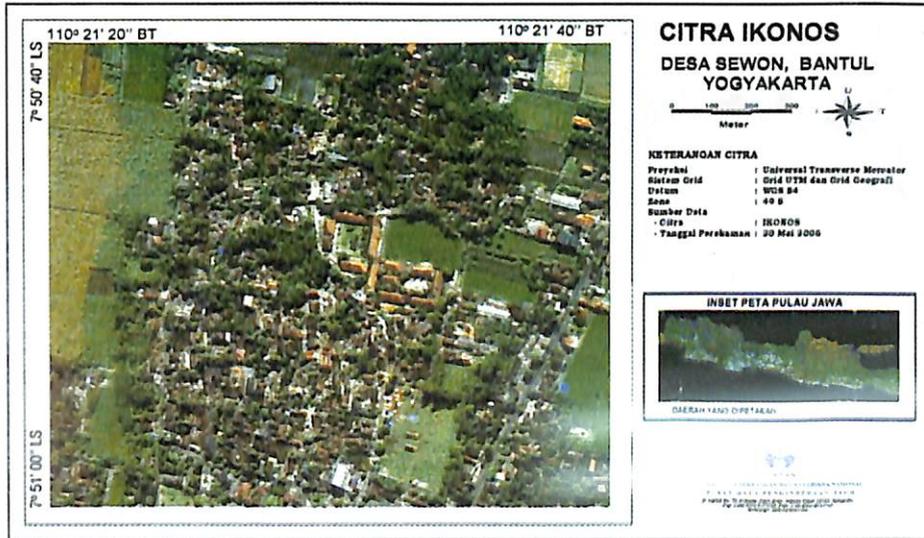
Citra IKONOS mempunyai ketelitian tinggi (225 kali ketelitian citra Landsat 7 band 8 atau saluran pankromatik), yang hasil rekamannya sebanding dengan foto udara. Citra IKONOS dapat dikoreksi geometriaknya secara presisi, sehingga layak untuk pembuatan peta dasar maupun peta tematik rinci. Citra IKONOS didesain untuk tujuan pemetaan kota, yaitu mendeteksi permukiman atau daerah perkotaan yang padat bangunan secara rinci, sumber daya alam dan bencana alam, pertanian dan kehutanan, eksplorasi pertambangan. Skala peta yang dapat dihasilkan dengan menggunakan citra IKONOS adalah Citra pankromatik IKONOS resolusi spasial 0,82 - 1 meter, memungkinkan pembuatan peta skala besar hingga peta skala 1 : 2000, sedangkan citra IKONOS

multispektral resolusi spasial (3,2 – 4) meter, untuk pembuatan peta hingga skala 1 : 5000. Perhatikan Gambar 3.11. Citra IKONOS resolusi 1 meter Gedung Kodam IV Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah, direkam tanggal 20 Mei 2003. Citra IKONOS tersebut dapat menunjukkan kerincian obyek yang akan diidentifikasi hingga ukuran kecil (mobil yang melintas di jalan dapat kelihatan).



Gambar 3.11. Citra IKONOS Semarang. (Dok LAPAN)

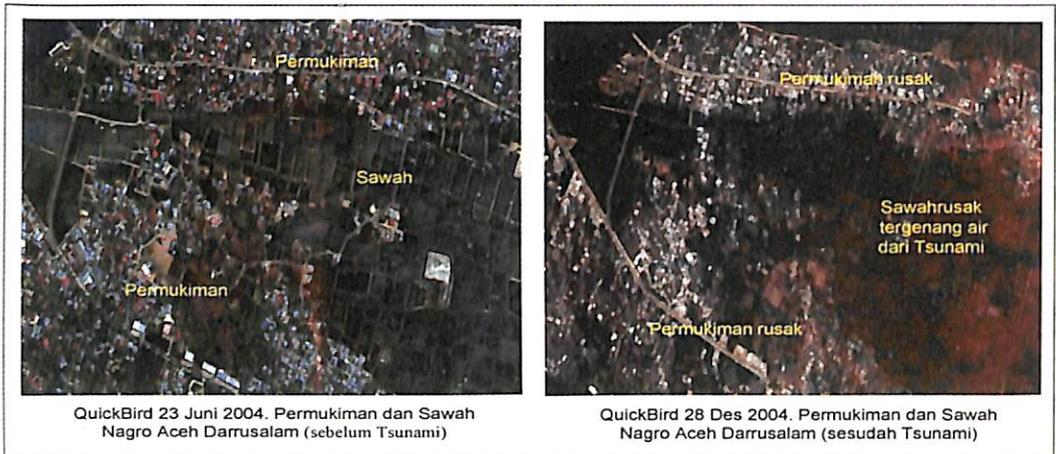
Gambar 3.12. Citra IKONOS Kec. Sewon Bantuk direkam 30 Mei 2006 (citra sesudah bencana gempa bumi). Citra IKONOS tersebut dapat menunjukkan kerincian obyek yang dapat membedakan kerusakan bangunan atau bangunan yang rusak dan tidak. Perhatikan bangunan-bangunan/ rumah yang rusak, bahkan hancur hingga atapnya saja sudah tidak berbentuk lagi. Identifikasi Citra IKONOS seperti halnya citra SPOT 5 mudah dipahami karena warna obyeknya hampir sama dengan apa yang kita lihat di lapangan, yaitu vegetasi warna hijau, tanah warna coklat, air warna biru tua hingga muda, kekeruhan air tampak kecoklatan, bila endapan tanah, bila lumpur hitam juga akan tampak hitam.



Gambar 3.12. Citra IKONOS Sewon Bantul. (Dok LAPAN)

### 3.1.2.4. Identifikasi Obyek pada Citra Quickbird

Citra Quickbird (resolusi 0,6 meter) mempunyai ketelitian hampir dua kali ketelitian citra IKONOS pankromatik. Quickbird tidak menawarkan stasiun bumi perekam di negara lain. Pertimbangan parameter teknis dianggap sulit bila pengguna (*user*) membangun stasiun bumi sendiri. Pengguna dapat membeli langsung (*build in ground station*) dari operator satelitnya. Distribusi data hanya menggunakan satu stasiun bumi dan yang didistribusikan bukan 'row data' (data mentah), tetapi data produk standar dan citra yang sudah diolahnya dengan hasil pengembangan perangkat lunak. Namun demikian data Quickbird sudah dipasarkan lewat internet, anda dapat mengakses data (terbatas) secara gratis pada web site-nya "Google Earth" dan dapat juga anda berlangganan (terbatas atau tidak terbatas). Aplikasi citra Quickbird untuk analisis perubahan penggunaan lahan, eksplorasi minyak dan gas, studi lingkungan, pemetaan skala besar (hingga skala 1 : 1000). Gambar 3.13. Obyek untuk pemantauan wilayah kena bencana di Aceh dari citra Quick Bird. Gambar 3.14. Kepadatan permukiman dan bangunan dari citra Quickbird di wilayah Kota Salatiga, Jawa Tengah.



Gambar 3.13. Quickbird Banda Aceh sebelum dan sesudah tsunami. (Dok LAPAN)



Gambar 3.14. Citra Quickbird Kota Salatiga. (Dok. LAPAN)

Perhatikan kedua citra Gambar 3.14, Kota Banda Aceh sebelum dan sesudah tsunami. Kenampakan wilayah permukiman sebelum tsunami tertata rapi dengan berbagai warna atap rumah/ bangunan, sawah yang rapi habis tanam padi, akses jalan baik ke wilayah permukiman. Kenampakan sesudah tsunami permukiman, sawah, jalan tergenang air dan mengalami kerusakan berat. Gambar 3.14 Warna obyek pada citra IKONOS menunjukkan warna hampir sama dengan warna dan kenampakan di lapangan, yaitu vegetasi (pohon, rumput, perdu) berwarna hijau, lahan terbuka berwarna coklat, air kolam renang berwarna biru, atap rumah dengan warna beraneka (genteng coklat hingga hitam, asbes dan atap cor warna putih).

### 3.1.2.5. Identifikasi Obyek pada Citra ALOS

Identifikasi, pengenalan obyek, dan aplikasi/ penggunaan citra ALOS agar dapat dilakukan semaksimal mungkin sesuai dengan tujuan dan misi ALOS seperti telah dibincangkan pada Bab II, yang secara garis besar dipergunakan untuk

1. AVNIR-2 dapat digunakan untuk
  - a. Pemetaan penutup lahan, identifikasi tanaman (pertanian, kehutanan),
  - b. Pengamatan regional pantauan bencana banjir, garis pantai, polusi pantai,
  - c. Survei sumberdaya lahan dengan pengambilan data dari beberapa arah sudut pengamatan, untuk mendapatkan informasi geologi
2. PRISM digunakan untuk
  - a. Pemantauan hutan dengan menggunakan Model Multi Polarimetrik (*The Multi Polarimetric Mode*) sehingga dapat menolong observasi dan pemetaan penutup lahan, khususnya pemantauan hutan.
  - b. Kartografi/ pemetaan ketinggian, kelerengan dengan akurasi tinggi dari pengulangan proses mengoptimalkan DEM (*Digital Elevation Model*)
3. ALOS PALSAR digunakan untuk
  - a. Observasi lingkungan lokal resolusi tinggi (resolusi 6,5 meter) sehingga dapat mendeteksi target secara rinci.
  - b. Pemantauan daerah bencana (*disaster monitoring*), ALOS dapat melakukan observasi dengan interval waktu pendek (5 hari) untuk liputan dari *Fine Beam mode* dan *Scan-SAR*, sehingga dapat memantau bencana dan deteksi perubahan lahan secara cepat.
  - c. Pemantauan polusi minyak dan pemantauan papal di lautan
  - d. Pemantauan kelembaban tanah dan kebakaran hutan

Gambar 3.15. Citra ALOS PRISM, AVNIR-2, dan Komposit PRISM dan AVNIR-2, kombinasi RGBI 321 PRISM. Bandingkan kerincian, warna, dan kejelasan obyek yang tergambar pada citra tersebut. Citra yang mana yang paling mudah untuk diidentifikasi obyeknya.

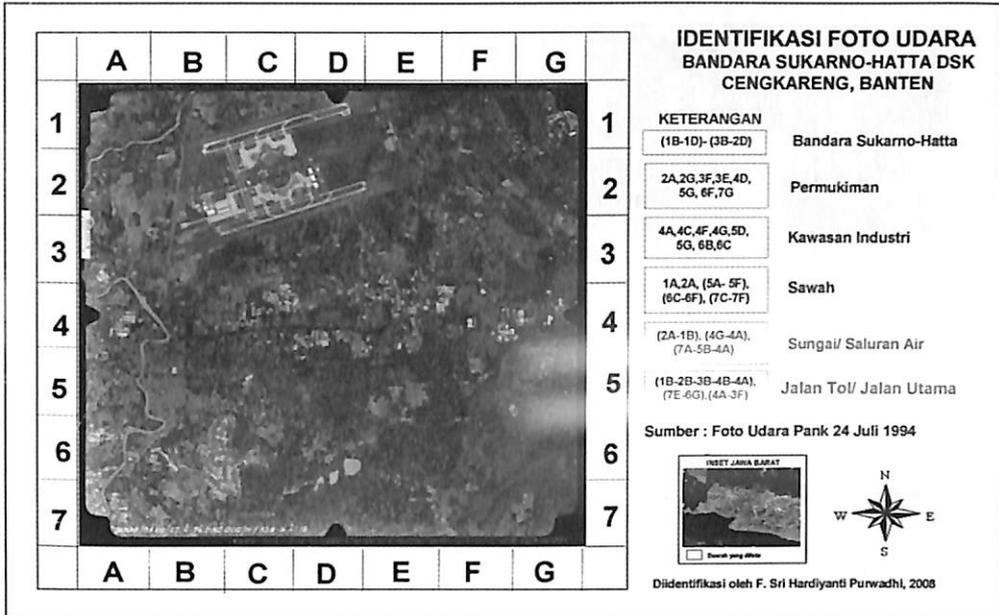


Gambar 3.15. Citra ALOS PRISM, AVNIR-2, dan Kompositnya. (Purwadhi dkk, 2008)

### 3.1.2.6. Identifikasi Obyek pada Foto Udara

Foto udara diambil menggunakan panjang gelombang sinar tampak dan perluasannya dapat berupa foto hitam putih maupun foto berwarna. Identifikasi obyek pada foto hitam putih didasarkan pada rona dengan tingkatan warna kelabu (grey level). Oleh karena itu identifikasi obyek pada foto udara berdasarkan pada faktor utamanya rona, pengenalan selanjutnya menggunakan unsur interpretasi lainnya seperti bentuk, ukuran, pola, tekstur, situs, dan asosiasi. Obyek yang mempunyai ketinggian, maka unsur bayangan harus diperhitungkan. Pemanfaatan foto udara untuk pemetaan planimetrik, identifikasi wilayah permukiman, pengenalan kontras bentang alam dan bentang budaya, dan untuk identifikasi kenampakan geologi. Foto udara miring (*oblique*) dimanfaatkan untuk pemetaan altimetrik (ketinggian), membuat peta orthofoto.

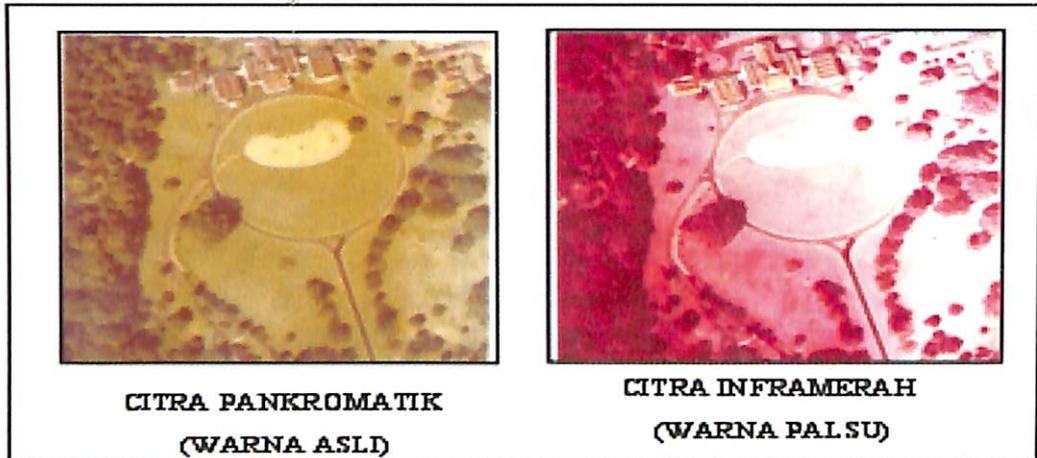
Contoh identifikasi Foto Udara Gambar 3.16. yang dibuat oleh Purwadhi (2008) didasarkan pada unsur interpretasi, rona, bentuk, ukuran, dan pola seperti Bandara Sukarno Hatta (1B-1D)- (3B-2D), dapat dilihat dari pola landasan pesawat. Jalur sungai (2A-1B), (4G-4A), (7A-5B-4A), dan jalan (1B-2B-3B-4B-4A), (7E-6G),(4A-3F). Perbedaan kedua kenampakan bentuk jalur tersebut, adalah sungai dapat dikenali berdasarkan pola lekukan (meander) yang tidak teratur, sedangkan belokan jalan (perempatan, pertigaan, dan jalur memanjang dengan pola teratur.



Gambar 3.16. Contoh Identifikasi Obyek pada Foto Udara. (Purwadi, 2008)

Pola permukiman (2A,2G,3F,3E,4D,5G,6F,7G), dan kawasan industri (4A,4C, 4F,4G,5D,5G, 6B,6C), sama-sama berupa bangunan, namun dengan bentuk, ukuran, dan asosiasinya berbeda. Sawah 1A, 2A, (5A-5F), (6C-6F), (7C-7F), merupakan kenampakan yang khas dengan pematang-pematangnya. Kotak-kotak sawah berbeda dengan kotak-kotak rumah permukiman. Perbedaan dalam meng-identifikasi kenampakan kedua obyek tersebut mudah dikenali baik rona, bentuk, ukuran, dan polanya, dapat langsung digambarkan/ didelineasi dalam interpretasi, sedangkan kenampakan obyek yang masih ragu-ragu dan sulit dikenali dapat dicari jawabannya di lapangan. Pengecekan lapangan merupakan satu kesatuan dalam pekerjaan interpretasi.

Identifikasi foto udara berwarna didasarkan pada karakteristik warna foto. Identifikasi foto berwarna cara perekamannya menggunakan detektor film yang peka terhadap panjang gelombang sinar tampak (*visible*) akan menghasilkan gambar yang sesuai warna aslinya, sedangkan foto berwarna yang perekamannya menggunakan detektor film yang peka terhadap panjang gelombang inframerah dekat (inframerah pantulan) akan menghasilkan gambar dengan warna palsu. Karakteristik foto warna palsu sama dengan karakteristik citra komposit Landsat RGB 543, yang sudah dibincangkan di atas. Gambar 3.17. Contoh perbedaan citra foto udara pankromatik berwarna (warna asli) dengan citra foto udara inframerah berwarna (warna palsu)



Gambar 3.17. Citra pankromatik dan inframerah Lokasi Istana Bogor, Jawa Barat.

### 3.1.3. Teknik Interpretasi Citra

Teknik interpretasi citra sebagai alat atau cara ilmiah untuk melaksanakan interpretasi citra penginderaan jauh, yang dapat dilakukan secara manual maupun secara digital. Cara pelaksanaan interpretasi diperlukan data acuan, kunci interpretasi, penanganan data, pengamatan stereoskopis (bagi data tiga dimensi), metode pengkajian, dan penerapan konsep multi (multi spektral, multi tingkat, multi penajaman, multi polarisasi bagi citra radar, dan multi temporal). Pengenalan penutup lahan pada data penginderaan jauh diperlukan kunci, yang disebut kunci interpretasi.

1. Pembuatan kunci interpretasi dapat dilakukan dengan suatu perumusan (generalisasi) kunci yang mudah disusun untuk mengenali kenampakan obyek budidaya seperti rumah, jembatan, jalur-jalur jalan, saluran irigasi.
2. Pembuatan kunci untuk mengenali kondisi alam seperti vegetasi, tanah, air, dan penutup lahan lainnya.
  - a. Identifikasi penutup lahan dapat dilakukan berdasarkan karakteristik tingkatan rona (*gray tone*) pada citra hitam putih atau warna pada citra berwarna, sesuai dengan nilai spektral pantulan obyeknya. Identifikasi ini dapat dilakukan secara manual dan digital
  - b. Identifikasi penutup lahan berdasarkan karakteristik ukuran, bentuk, pola tekstur, dan asosiasi, yang merupakan karakteristik spasial. Unsur-unsur ini banyak menggunakan akal manusia,

sehingga sering sulit dilakukan secara digital, karena memerlukan perangkat lunak khusus.

- c. Identifikasi penutup lahan didasarkan pada pengenalan unsur dasar pantulan obyek (tanah, air, dan vegetasi) dapat dilakukan secara manual maupun secara digital.

Interpretasi penutup lahan dengan teknik analisis citra penginderaan jauh secara konseptual oleh Estes et al (1983) dalam Sutanto (1986) pada Gambar 3.18. Kerangka konseptual analisis citra penginderaan jauh. Pengenalan obyek permukaan bumi berdasarkan rona atau warna pada citra dipengaruhi oleh lima faktor, yaitu

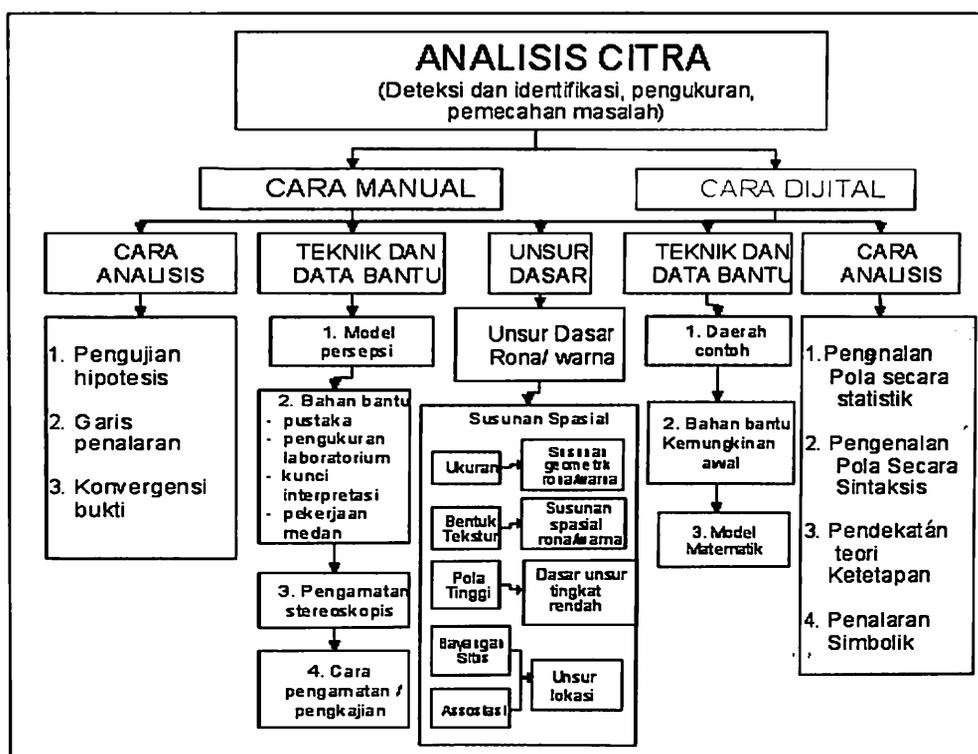
1. Karakteristik obyeknya : kekasaran permukaan obyek yang mempengaruhi pantulan; warna obyek, kondisi kelembaban obyek, dan sifat pantulan obyek
2. Bahan perekaman data penginderaan jauh. Bahan dalam citra fotografi adalah jenis filmnya (pankromatik, inframerah, hitam putih, berwarna), dan citra non fotografi atau citra satelit berupa kepekaan detektor perekam terhadap gelombang elektromagnetiknya (berhubungan dengan sifat spektral).
3. Proses pengolahan data : pada citra fotografi jenis proses film atau secara kimia, dan hasil cetakan redup (*doph*) atau gilap (*glossy*). Sedangkan citra non-fotografi berupa digital tergantung proses koreksi dan restorasi citranya dapat diinterpretasi secara manual (citra dicetak pada kertas) atau delinesasi *on-screen* dan interpretasi digital dengan klasifikasi terbimbing atau tidak terbimbing.
4. Cuaca pada saat pengambilan data, mempengaruhi kendala atmosfer pada citra, yang berhubungan dengan kualitas citra.
5. Letak obyek dan waktu pemotretan mempengaruhi rona atau warna citra. Letak obyek (ketinggian, letak posisi geografis) mempengaruhi sudut datang sinar matahari, sehingga berpengaruh pada pantulan obyeknya. Waktu mempengaruhi musim (kemungkinan adanya kabut tipis pagi hari) sangat berpengaruh pada hasil rekaman obyek atau citra yang dihasilkan.

Teknik interpretasi diartikan sebagai analisis citra seluruh pekerjaan interpretasi citra penginderaan jauh. Analisis citra penginderaan jauh meliputi

tiga kegiatan dalam pembuatan kunci interpretasi, yaitu (1) Deteksi dan identifikasi, (2) Pengukuran, dan (3) Pemecahan masalah.

1. Kegiatan deteksi untuk menguraikan obyek-obyek penting yang tergambar pada citra penginderaan jauh, misalnya dideteksi obyek air ternyata ada titik pada obyek air tersebut. Obyek titik tersebut perlu pengukuran lebih rinci. Deteksi obyek dapat dilakukan berdasarkan karakteristik spektral, karena data penginderaan jauh direkam dengan sensor penginderaan jauh dengan detektor elektronik, yang cara perekamannya menggunakan tenaga elektromagnetik yang luas, yaitu spektrum tampak, ultraviolet, inframerah dekat, inframerah termal, dan gelombang mikro. Setiap citra penginderaan jauh satelit mempunyai sifat khas datanya. Sifat khas data penginderaan jauh tersebut dipengaruhi oleh sifat orbit satelit, sifat dan kepekaan sensor indera terhadap panjang gelombang elektromagnetik, jalur transmisinya, sifat sasaran (obyek), dan sifat sumber tenaga radiasinya. Oleh karena itu setiap citra penginderaan jauh mempunyai karakteristik spektral, yang ditunjukkan pada rona/ warna pada citra.
2. Kegiatan pengukuran, yaitu obyek kemudian diukur menggunakan instrumen unsur-unsur interpretasi citra, yaitu pengukuran atas rona / warna, bentuk, luas (ukuran), bayangan, tekstur, dan aspek lainnya. Misalnya berdasarkan warna dan ukuran obyek dapat diketahui bahwa titik di sungai tersebut adalah kapal. Identifikasi kenampakan pola penutup lahan secara manual, dilakukan dengan pengenalan pola spasial. Pola penutup lahan yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah susunan keruangan, yang merupakan karakteristik obyek, baik obyek bentukan manusia maupun obyek alamiah. Unsur bentuk, ukuran, tekstur, pola, tinggi, bayangan obyek merupakan susunan keruangan yang membantu pengenalan obyek pada citra.
3. Pemecahan masalah dilakukan berdasarkan hasil pengukuran unsur interpretasi. Hasil pengukuran obyek sangat penting untuk pemecahan masalah, yang dapat beraneka bentuknya, antara lain pengenalan obyek melalui pengamatan obyek satu persatu yang tergambar pada citra. Cara analisis dapat dilakukan secara digital atau secara manual, sehingga obyek dapat disimpulkan. Misalnya berdasarkan asosiasi dari kenampakan perlengkapan kapal dan

jumlah penumpang dapat disimpulkan apakah kapal penumpang ataukah kapal nelayan. Asosiasi obyek pada setiap penggunaan lahan mempunyai beberapa unsur penutup lahan misalnya penggunaan lahan perkotaan terdiri atas penutup lahan berupa bangunan, jalan, vegetasi, rel kereta api. Gabungan beberapa penutup lahan yang mempunyai satu fungsi merupakan unsur asosiasi.

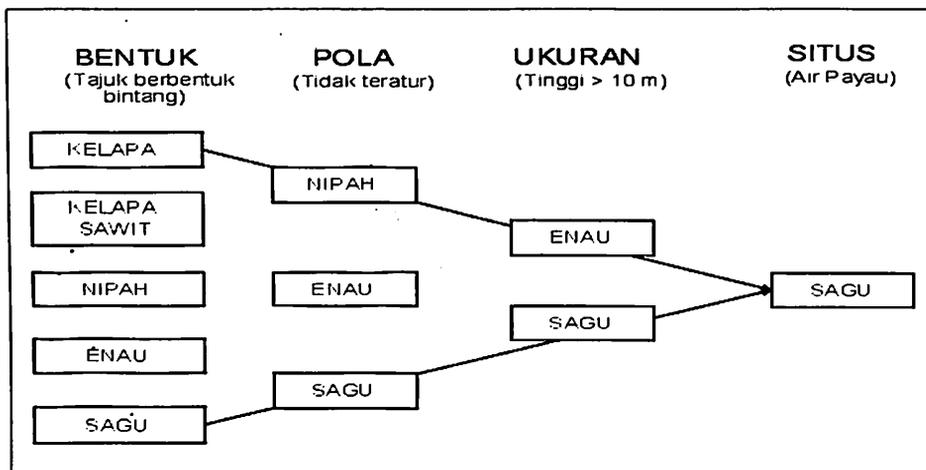


Gambar 3.18. Kerangka konseptual analisis citra. (Sutanto 1986 dengan perubahan)

### 3.1.4. Konvergensi Bukti dalam Identifikasi Obyek

Interpretasi obyek juga dapat dilakukan dengan pengembangan hipotesis, untuk menjawab pertanyaan atau pemecahan masalah. Hipotesis merupakan dugaan ilmiah yang perlu diuji kebenarannya. Garis penalaran ialah pengembangan penalaran ke arah kesimpulan. Penyimpulan jenis obyek yang tergambar pada citra, dapat digunakan lebih dari satu unsur interpretasi, yang masing masing mengarah ke satu kesimpulan, dan tidak bertentangan satu dengan yang lainnya. Azas ini disebut konvergensi bukti. Identifikasi obyek di citra penginderaan jauh, pada prinsipnya harus dibantu dengan unsur-unsur interpretasi tersebut. Penggunaan unsur interpretasi boleh satu, dua, atau lebih

dari tiga unsur interpretasi, sehingga obyek tersebut dapat dikenali dengan benar. Semakin sulit kita mengenali obyeknya biasanya semakin banyak unsur interpretasi yang digunakan. Sebagai contoh kenampakan pada citra foto udara atau citra satelit, terlihat tetumbuhan yang tajuknya berbentuk bintang. Contoh konvergensi bukti Gambar 3.19. Deteksi citra tampak tetumbuhan dengan tajuk berbentuk bintang, maka jelas bahwa obyek merupakan pohon jenis palma. Pertanyaan yang dapat diajukan : Tanaman apa itu? Identifikasi obyek berdasarkan konvergensi bukti harus dapat mengerucut.



Gambar 3.19. Contoh Konvergensi bukti. (Sutanto,1986)

Di dalam contoh konvergensi bukti tersebut terdapat lima kemungkinan, yang akan disimpulkan menjadi satu kesimpulan berdasarkan unsur interpretasi, yaitu

1. Unsur bentuk tajuk obyek berbentuk bintang terdapat lima kemungkinan, yaitu pohon kelapa, pohon kelapa sawit, pohon nipah, pohon enau, dan pohon sagu.
2. Apabila ditambah satu unsur interpretasi lagi, misalnya unsur pola, maka kemungkinan akan lebih menciut, misalnya polanya tidak teratur, maka dari lima kemungkinan menciut menjadi tiga kemungkinan, yaitu nipah, enau, dan sagu. Pohon kelapa dan kelapa sawit umumnya ditanam sebagai usaha perkebunan dengan pola teratur.
3. Apabila ditambah satu unsur ukuran, misalnya tingginya 10 meter atau lebih, maka dari tiga kemungkinan menciut menjadi dua kemungkinan, yaitu enau dan sagu, karena nipah paling tinggi 3 (tiga) meter.
4. Apabila ditambah satu unsur situs, misalnya lokasi di tanah yang berair

payau, maka betul-betul menciut menjadi titik simpul, yaitu tanaman sagu, karena pohon enau merupakan tumbuhan darat yang tidak berair.

Pekerjaan interpretasi citra penginderaan jauh secara manual dapat berhasil baik, apabila interpreter memahami mengenai jenis citra penginderaan jauh yang digunakan, unsur-unsur interpretasi yang sesuai dengan jenis citranya, teknik interpretasi yang digunakan, serta tujuan melakukan interpretasi citra penginderaan jauh tersebut. Oleh karena itu pengetahuan, ketrampilan, dan pengalaman interpreter dalam menginterpretasi obyek dari citra penginderaan jauh sangat menentukan keberhasilan penggunaan data penginderaan jauh sesuai tujuan pemanfaatannya. Walaupun demikian mahasiswa dan siapa saja yang ingin memanfaatkan citra penginderaan jauh tidak perlu berkecil hati, karena pengetahuan dapat dipelajari, ketrampilan dapat dilatih, dan pengalaman dapat dilakukan dalam berbagai kegiatan sesuai dengan sifat citra penginderaan jauh yang multi guna atau multi disiplin.

## **3.2. INTERPRETASI CITRA SECARA DIGITAL**

### **3.2.1. Ruang Lingkup Interpretasi Citra Digital**

Perekaman data penginderaan jauh (inderaja) oleh sensor satelit dapat dilakukan baik atas dasar sifat pantulan/ refleksi (*reflection*) maupun pancaran/ emisi (*emmission*) radiasi elektromagnetik obyek di permukaan bumi. Satelit berada jauh dari stasiun penerima di bumi, namun data yang direkam oleh satelit dapat dikirim langsung pada saat itu juga (*real time*) ke stasiun penerima di bumi. Data penginderaan jauh satelit yang diterima oleh stasiun bumi oleh fasilitas *Data Acquisition System* (DAF) berupa data mentah (*raw data*). Data mentah ini merupakan rekaman pantulan dan atau pancaran obyek, kondisi atmosfer (berupa hamburan dan serapan), di samping itu perekaman data pada sensor satelit juga terpengaruh oleh beberapa hal seperti kekuatan sinyal, gerakan sensor, gerak rotasi bumi, bentuk kelengkungan bumi, dan kekasaran permukaan obyek.

Data penginderaan jauh satelit tersebut pada umumnya adalah data digital yaitu bahwa data atau citra terdiri dari piksel (*pixel= picture element* – elemen citra) dimana tiap piksel tersebut mempunyai nilai digital yang diskrit atau bilangan bulat biasanya positif yang sebanding dengan pantulan, emisi atau hamburan

dari obyek yang dindra. Data penginderaan jauh yang direkam merupakan data mentah (raw data) Oleh karena itu untuk dapat memanfaatkan data penginderaan jauh satelit perlu dilakukan pengolahan secara digital terhadap data digital tersebut. Pengolahan data penginderaan jauh untuk mengembalikan data/gambaran obyek permukaan bumi, agar sesuai dengan keadaan sebenarnya dan tidak tercampur oleh data lain. Pengolahan citra penginderaan jauh satelit secara digital dalam buku ini dikelompokan sebagai berikut.

1. Pra-pengolahan data atau pengolahan awal yang terdiri dari koreksi radiometrik dan koreksi geometrik terhadap citra penginderaan jauh satelit agar kesalahan nilai digital tiap pixel dan kesalahan posisi geometri tiap pixel menjadi sekecil-kecilnya, sehingga sesuai dengan obyek permukaan bumi yang diindra.
2. Rekonstruksi citra yaitu perbaikan citra karena adanya gangguan pada nilai digital citra yang seharusnya, karena adanya ketidak sempurnaan transmisi data dari satelit penginderaan jauh ke stasiun bumi inderaja.
3. Penajaman citra bertujuan untuk peningkatan mutu citra agar dapat digunakan pada tahap selanjutnya baik secara pengolahan digital maupun interpretasi visual.
4. Klasifikasi obyek yaitu mendeteksi kelas atau jenis obyek pada citra yang berbeda. Klasifikasi obyek pada citra penginderaan jauh secara digital dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu klasifikasi tidak terbimbing dan terbimbing.
5. Prediksi fenomena geobiofisik untuk memperkirakan sifat geobiofisik suatu obyek pada citra penginderaan jauh satelit melalui permodelan. Model didesain dengan mengkaitkan gejala geobiofisik dari obyek dan data yang terekam pada citra penginderaan jauh satelit. Contoh dalam hal ini adalah memperkirakan suhu permukaan laut, titik panas/ kebakaran lahan dan lain-lain. Namun sesuai lingkup buku ini pengolahan prediksi fenomena geobiofisik ini tidak dibincangkan.

### **3.2.2. Pra-pengolahan Data Penginderaan Jauh Satelit**

Pra-pengolahan data penginderaan jauh digital mencakup rektifikasi (pembetulan) dan restorasi (pemugaran atau pemulihan) citra. Rektifikasi (pembetulan) dan restorasi (pemulihan/ pemugaran) citra merupakan prosedur operasi agar diperoleh data yang sesuai dengan aslinya. Citra hasil rekaman

sensor penginderaan jauh mengalami berbagai distorsi yang disebabkan oleh gerakan sensor saat perekaman data, faktor media antara, dan faktor obyeknya sendiri, sehingga perlu dibetulkan atau dipulihkan kembali. Pengolahan data digital adalah melakukan manipulasi data digital dengan bantuan peralatan komputer sebagai perangkat keras, dan diperlukan perangkat lunaknya. Pengolahan data digital adalah suatu subyek ilmu dan teknik yang sangat luas dan tidak jarang menggunakan prosedur matematik yang kompleks. Berkaitan dengan inderaja satelit sebenarnya secara formal sedikitnya ada tiga kelompok ilmu atau teknik pengolahan digital yang relevan yaitu pengolahan citra digital (*digital image processing*), pengenalan pola (*pattern recognition*) dan pemodelan geobiofisik.

Pengolahan Citra Digital dalam buku ini memperkenalkan teknik yang secara praktis banyak digunakan dalam pengolahan data penginderaan jauh satelit terutama pada tingkatan awal maupun menengah dalam pengalaman melaksanakan pengolahan data inderaja satelit. Banyak buku *text* yang dapat dipelajari bila diinginkan untuk memahami ketiga bidang ilmu dan teknik tersebut secara lebih dalam lagi.

Prosedur operasi ini biasa disebut operasi pengolahan data awal atau pra-pengolahan (*preprocessing operations*) citra meliputi berbagai koreksi, yaitu koreksi radiometrik, koreksi geometrik, koreksi atmosferik, dan penajaman citra.

1. Koreksi radiometrik merupakan pembetulan citra akibat kesalahan radiometrik atau cacat radiometrik, yaitu kesalahan yang berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (*pixel*) pada citra, yang disebabkan oleh kesalahan sistem optik, karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari.
2. Koreksi geometrik merupakan pembetulan mengenai posisi citra akibat kesalahan geometrik. Kesalahan geometrik yang bersifat internal disebabkan konfigurasi sensornya dan kesalahan external karena perubahan ketinggian, posisi, dan kecepatan wahana, dan disebabkan gerak rotasi dan kelengkungan bumi.
3. Penajaman citra bertujuan untuk peningkatan mutu citra, yaitu menguatkan kontras kenampakan yang tergambar dalam citra digital. Penajaman citra dilakukan sebelum penampilan citra atau sebelum dilakukan interpretasi, dengan maksud untuk menambah jumlah informasi yang dapat diinterpretasi secara digital maupun interpretasi manual.

### 3.2.2.1. Koreksi Radiometrik Citra

Radiometrik citra penginderaan jauh satelit mempengaruhi kualitas citra digital. Radiometrik berhubungan dengan kekuatan sinyal, kondisi atmosfer (hamburan, serapan, dan tutupan awan), dan saluran spektral yang digunakan dalam perekaman data penginderaan jauh. Oleh karena itu penggunaan citra penginderaan jauh digital sangat dipengaruhi oleh kualitas citra atau kemampuan koreksi datanya, sehingga informasi yang diperoleh cukup akurat dan andal. Kualitas citra karena pengaruh kemampuan sensor dalam kestabilan orbit, efek saluran spektral yang digunakan

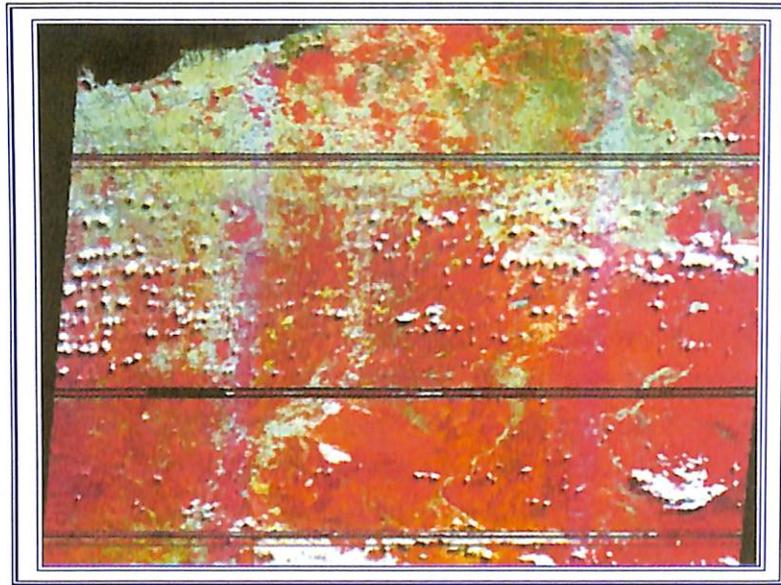
Kesalahan radiometrik atau cacat radiometrik, yaitu kesalahan yang berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (*pixel*) pada citra. Penyebab kesalahan radiometrik dapat dibedakan dalam tiga kelompok ialah

1. Kesalahan pada sistem optik disebabkan oleh (a) Kesalahan bagian optik buram, menyebabkan data yang dibentuk oleh sistem optik tidak linier. (b) Kesalahan karena perubahan kekuatan sinyal pada subsistem optik, mengakibatkan terjadi bising koheren (*coherece noise*), berupa bising periodik (*periodic noise*), bising sisir (*spike noise*), dan bising garis (*stripes noise*).
2. Kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, disebabkan oleh (a) Pengaruh hamburan (hamburan Rayleigh, hamburan Mie, dan hamburan non-selektif) dan serapan pada atmosfer. (b) Tanggapan (*response*) amplitudo yang tidak linier. (c) Terjadinya bising (*noise*) pada waktu transmisi data dari sensor ke stasiun penerima di bumi.
3. Kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari, sehingga menyebabkan (a) perubahan pencahayaan pada permukaan bumi, karena sifat obyek dan kepekaan obyek menerima tenaga dari luar tidak sama. (b) perubahan radiasi permukaan obyek disebabkan oleh perubahan sudut pengamatan sensor.

Koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, maka koreksi yang dilakukan sesuai dengan jenis kesalahannya, yaitu

1. Koreksi radiometrik oleh kesalahan pada sistem optik pembentuk citra dilakukan berdasarkan dua penyebabnya, yaitu karena bagian subsistem optik buram dan karena perubahan kekuatan sinyal pada subsistem

- optik dapat dikoreksi dengan dua cara, yaitu (1) Koreksi berdasarkan data PSF (*point spread function*) dari sistem optik pembentuk citra, yaitu menggunakan fungsi linier terhadap suatu sumber, yang dapat dilakukan menggunakan filter *Wiener*. (2) Koreksi tidak berdasarkan data PSF dari sistem optik pembentuk citra, untuk sistem pembentuk citra yang kompleks, maka koreksinya menggunakan filter *Homomorphi.c*
2. Kesalahan radiometrik karena perubahan kekuatan sinyal pada sub sistem optik, mengakibatkan terjadi bising koheren (*coherence noise*), berupa bising periodik (*periodic noise*), bising sisir (*spike noise*), dan bising garis (*stripes noise*). Efek gangguan pada sinyal detektor sensor penginderaan jauh terjadi pada sepanjang garis siaman (*scanning*).
    - a. Koreksi untuk bising periodik dilakukan dengan menggunakan *band-pass filter* atau *notch filter*.
    - b. Koreksi untuk bising garis (*stripes noise*) yang disebabkan oleh "*drop out signal*" berarti tidak ada data sama sekali dibalik bising garis tersebut. Kehilangan data karena memburuknya komunikasi antara satelit dengan stasiun buminya yang disebut *scan loss*. Contoh bising garis (*scan loss*) yang terjadi pada citra Landsat 5 pada Gambar 3.20. cara menghilangkan garis bising tersebut tidak berarti memperbaiki citra, tetapi merupakan restorasi citra, yaitu dengan membuang elemen citra yang terkena bising dan menggantinya dengan data lain pada lokasi yang sama. Cara menghilangkan bising garis pada citra multidetektor menggunakan "*data dependent method*" yang berupa (1) penggunaan filter dalam domain frekuensi *fourier*. (2) penggunaan berbagai parameter statistik harga keabuan elemen gambar (*pixel*) pada citra, yaitu menyamakan histogram kumulatif citra setiap detektor dengan multidetektor, atau menyamakan fungsi probabilitas distribusi nilai keabuan citra pada setiap detektor.
    - c. Bising sisir (*spike noise*) dapat dihilangkan dengan cara membuang elemen gambar yang merepresentasikan bising, dan menggantinya dengan harga rata-rata tetangganya, menggunakan filter "*Tukey Median*".



Gambar 3.20. Bising garis pada citra Landsat 5.

3. Koreksi radiometrik oleh gangguan pada atmosfer dinyatakan dengan "*path radiance*" yang berupa tiga jenis hamburan, yaitu hamburan Rayleigh, hamburan Mie, dan hamburan non-selektif terhadap panjang gelombang yang digunakan untuk merekam datanya. Besarnya hamburan menurunnya kontras citra atau menurunnya nilai digital data seperti obyek yang tertutup bayangan awan dan tidak tertutup bayangan awan. Koreksi dapat menggunakan model linier dan model kalibrasi bayangan awan. Model linier dilakukan dengan anggapan bahwa pantulan = 0 dapat ditentukan dari salah satu komponen spektral suatu multi citra. Berbagai citra dari daerah sama dapat diperkirakan nilai "*path radiance*" dari *ploting* histogramnya.
4. Kesalahan radiometrik karena pengaruh sudut elevasi matahari, dapat menyebabkan adanya perubahan pencahayaan pada permukaan bumi. Perubahan radiasi permukaan obyek karena menyebabkan perubahan kecerahan citra. Perubahan sudut penyinaran matahari terhadap zenit dan jarak matahari ke bumi menyebabkan terjadinya perbedaan musim di bumi, yang mempengaruhi irradiasi matahari yang sampai ke obyek di permukaan bumi, sehingga menyebabkan perubahan pada nilai *pixel* pada rekaman gambar permukaan bumi. Oleh karena itu koreksi radiometrik akibat pengaruh sudut elevasi matahari bertujuan untuk

mengembalikan nilai keabuan elemen gambar (*pixel*) pada nilai yang sebenarnya.

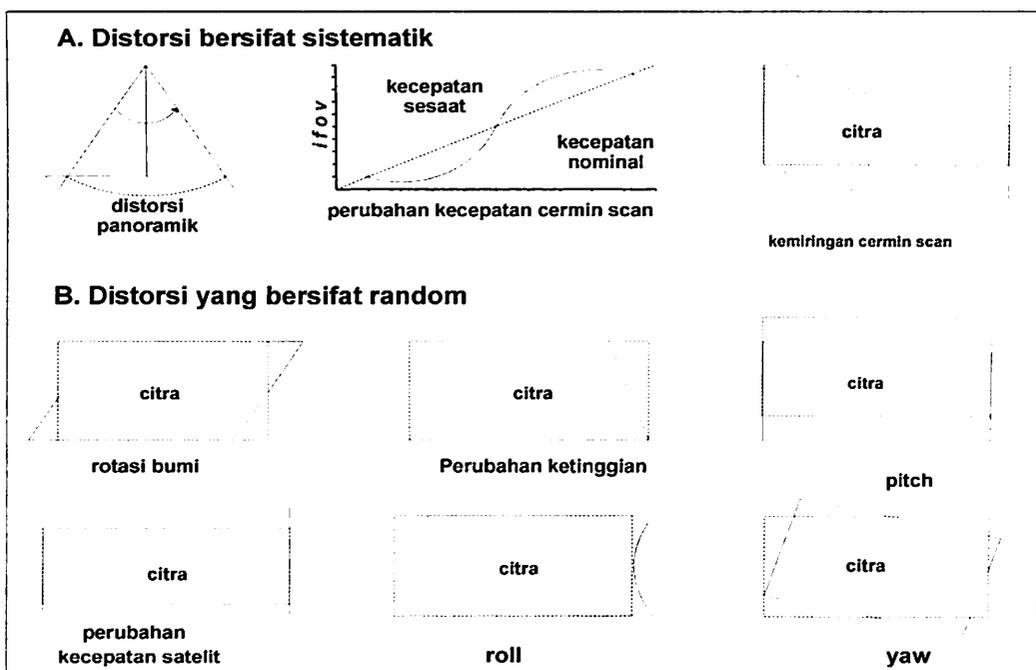
### 3.2.2.2. Koreksi Geometrik Citra

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 di dalamnya. Geometrik citra penginderaan jauh mengalami pergeseran, karena orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometrik. Kesalahan geometri citra dapat terjadi karena posisi dan orbit maupun sikap sensor pada saat satelit mengindera bumi, kelengkungan dan putaran bumi serta adanya relief atau ketinggian yang berbeda dari permukaan 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.

Kesalahan geometrik citra 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 dalam dua jenis, yaitu kesalahan sistematik dan kesalahan random. Kesalahan sistematik merupakan kesalahan yang dapat diperkirakan sebelumnya, dan besar kesalahannya pada umumnya konstan, oleh karena itu dapat dibuat perangkat lunak koreksi geometrik secara sistematik. Kesalahan geometrik 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 sistematik 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 obyek. 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 penyiaran bersifat sistematis, dapat dikoreksi secara sistematis. Kesalahan geometrik menyebabkan perubahan bentuk citra. Perbedaan bentuk citra karena berbagai penyebab kesalahan geometri telah dibahas dalam buku "Interpretasi Citra Digital" (Purwadhi, 2001), seperti Gambar 3.21. Perbedaan perubahan bentuk citra pada setiap distorsi geometrik oleh kesalahan internal dan eksternal.



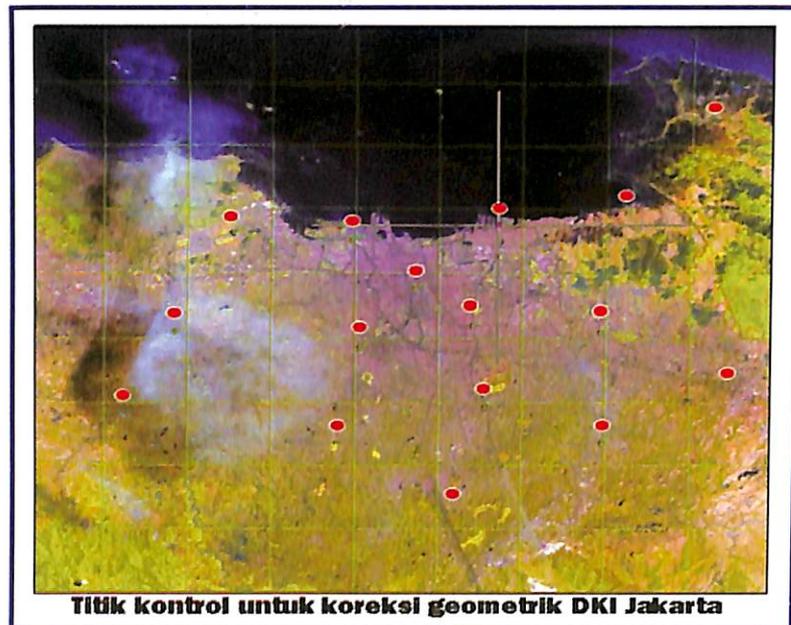
Gambar 3.21. Perbedaan perubahan bentuk citra dari kesalahan geometrik. (Purwadhi, 2001)

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. Meregistrasi (mencocokkan) posisi citra dengan citra lain yang sudah terkoreksi (*image to image rectification*) atau mentransformasikan sistem koordinat citra multispektral dan multi-temporal;
3. Meregistrasi 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.

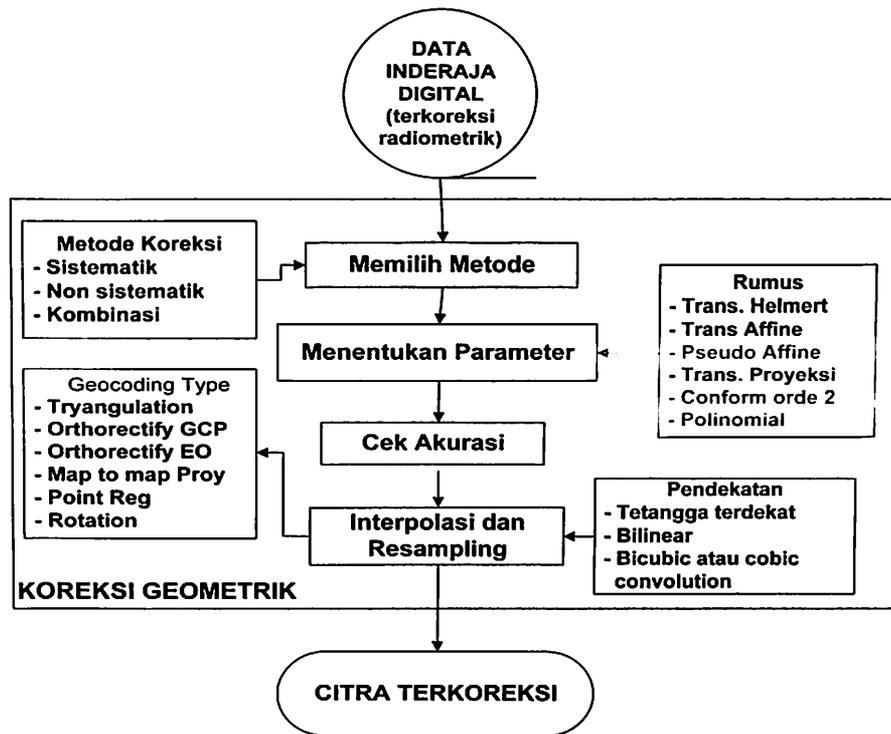
1. Koreksi geometrik sistematis melakukan koreksi geometri dengan menggunakan informasi karakteristik sensor yaitu orientasi internal (*internal orientation*) berisi informasi panjang fokus sistem optiknya dan koordinat titik utama (*primary point*) dalam bidang citra (*image space*) (sedangkan distorsi 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. Koreksi geometrik sistematis ini dilakukan oleh pihak yang mengeluarkan data tersebut (*data provider*) dan hasil koreksi diberikan dalam level atau tingkat koreksi geometri yang standar serta untuk masing-masing tingkat koreksi geometri diberikan juga ketelitian posisinya. Data SPOT 4 level 1A telah mengalami normalisasi radiometrik, level 1B telah dilakukan koreksi geometrik sistematis dengan diacu ke koordinat bumi dengan ketelitian RMS 50 m, level 2A telah dilakukan koreksi sistematis mengacu kepada sistem proyeksi peta dengan ketelitian RMS 50 m. Di Indonesia sistem proyeksi peta yang dipakai adalah UTM dengan spheroid dan datum WGS 84
2. Koreksi geometrik presisi pada dasarnya adalah meningkatkan ketelitian geometrik dengan menggunakan titik kendali/ kontrol tanah (*Ground Control Point* biasa disingkat GCP). GCP dimaksud adalah titik yang diketahui koordinatnya secara tepat dan dapat terlihat pada citra indera satelit seperti perempatan jalan dan lain-lain seperti terlihat pada Gambar 3.22 Titik yang diambil untuk koreksi geometrik di wilayah DKI Jakarta. Peningkatan ketelitian posisi dilakukan dengan transformasi dilakukan dari jaring (*grid*) koordinat (lintang, bujur dan mungkin juga elevasi) yang benar atau seharusnya pada proyeksi peta tertentu kepada koordinat dari citra yang belum terkoreksi presisi tersebut (biasanya koordinatnya adalah nomor pixel dihitung dari kiri ke kanan dan nomor garis dihitung dari atas ke bawah) atau kepada citra yang belum dikoreksi geometrik presisi



Gambar 3.22. Titik untuk koreksi geometrik pada citra DKI Jakarta. (Purwadhi dkk, 2005)

Koreksi geometrik citra dapat dilakukan dalam empat tahap yang digambarkan dalam diagram alir seperti Gambar 3.23. yang mencakup :

1. Memilih metode setelah mengetahui karakteristik kesalahan geometrik dan tersedianya data referensi. Pemilihan metode tergantung pada jenis data (resolusi spasial), dan jenis kesalahan geometris (*skew, yaw, roll, pitch*) data.
2. Penentuan parameter yang tidak diketahui didefinisikan 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 3.23. Tahapan dalam melakukan koreksi geometrik.  
(Purwadhi, 2001 dengan perubahan)

4. Interpolasi dan resampling untuk mendapatkan citra *geocoded* presisi (akurat). Beberapa pilihan *Geocoding Type* yang sudah tersedia pada perangkat lunak, seperti *Tryangulation*, *Polynomial*, *Orthorectify using ground control point*, *Orthorectify using exterior orientation*, *Map to map projection*, *Point Registration*, *Rotation*. Kegunaan setiap tipe *geocoding* adalah (a) *Tryangulation* untuk koreksi geometrik data yang mengalami banyak pergeseran *skew* dan *yaw*, atau data yang tidak sama ukuran pixelnya 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 geometris. (d) *Rotation* untuk koreksi geometrik citra karena terjadi pergeseran citra yang terputar, baik searah jarum jam maupun berlawanan jarum jam.

Hubungan matematik dalam melakukan transformasi koordinat tersebut, antara lain dapat berbentuk polinomial, lihat Tabel 3.3. polinomial orde satu (*linear*) dengan enam koefisien yang tidak diketahui, polinomial orde dua (*kuadratik*) dengan 12 koefisien yang tidak diketahui serta orde tiga (kubik) dengan 20 koefisien yang tidak diketahui. Jumlah GCP yang diperlukan paling sedikit sama dengan jumlah koefisien yang tidak diketahui untuk setiap orde polinomial. Apabila kesalahan beberapa bagian dari citra masih besar setelah dilakukan koreksi geometrik presisi, maka perlu menaikkan orde polinomialnya, misalnya dari orde dua ke orde tiga, apabila tidak memperbaiki kesalahan geometriknya, maka jumlah GCP dibuat lebih banyak dan tersebar secara merata, sehingga dapat meningkatkan ketelitian geometri hasil koreksi. Kesalahan geometri yang tidak merata pada keseluruhan citra, sering menyebabkan koreksi geometri menggunakan polinomial tidak berhasil. Oleh karena itu apabila terjadi kesalahan geometrik seperti di atas, maka dapat ditanggulangi antara lain dengan koreksi geometrik triangulasi.

**Tabel 3.3.** Rumus-rumus polinomial transformasi Koreksi Geometrik Presisi  
 (x,y) = sistem koordinat peta                      (u,v) = sistem koordinat citra

No.	Polinomial	Rumus transformasi	Jumlah parameter yang tidak diketahui
1.	Linear (orde satu)	$x = a_1u + a_2v + a_3$ $y = b_1u + b_2v + b_3$	6
2.	Kuadratik (orde dua)	$x = a_1u^2 + a_2v^2 + a_3uv + a_4u + a_5v + a_6$ $y = b_1u^2 + b_2v^2 + b_3uv + b_4u + b_5v + b_6$	12
3.	Kubik (orde tiga)	$x = a_1u^3 + a_2v^3 + a_3u^2v + a_4uv^2 + a_5u^2 + a_6v^2 + a_7uv + a_8u + a_9v + a_{10}$ $y = b_1u^3 + b_2v^3 + b_3u^2v + b_4uv^2 + b_5u^2 + b_6v^2 + b_7uv + b_8u + b_9v + b_{10}$	20

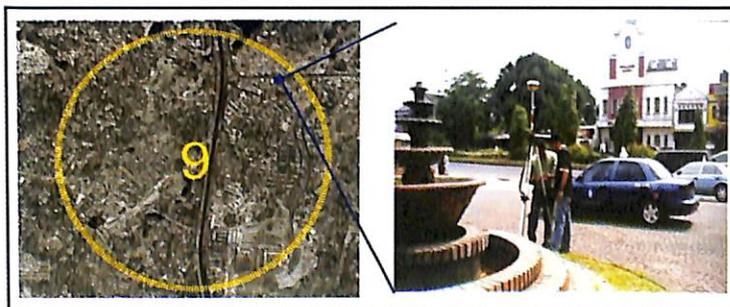
Teknik koreksi geometrik triangulasi dilakukan koreksi secara linear di dalam tiap segitiga yang dibentuk oleh tiga GCP, dan daerah yang mempunyai kesalahan geometrik besar diberikan GCP lebih banyak. Akibatnya teknik ini membutuhkan cukup banyak GCP bahkan sampai puluhan dan kerapatan

GCP paling rapat diberikan pada daerah dengan kesalahan geometri yang besar. Proses pengambilan GCP pada citra sesuai dengan parameter yang akan dipergunakan.

Pengambilan titik GCP sesuai dengan transformasi yang dipilih (Gambar 3.24), tetapi apabila ujungnya berupa pesisir, laut, atau awan, maka tidak bisa dilakukan, sehingga perlu dicari titik terdekat. Pengambilan titik terdekat pada setiap sudut pada citra, untuk menjaga agar titik GCP menyebar pada citra, sehingga perhitungan statistik rektifikasi tidak bertumpuk pada salah satu sudut saja. Pengambilan titik di lapangan harus masuk dalam koridor yang dibuat (Gambar 3.25).



Gambar 3.24. Cara pemilihan posisi GCP pada citra.



Gambar 3.25. Pengukuran GCP di lapangan.

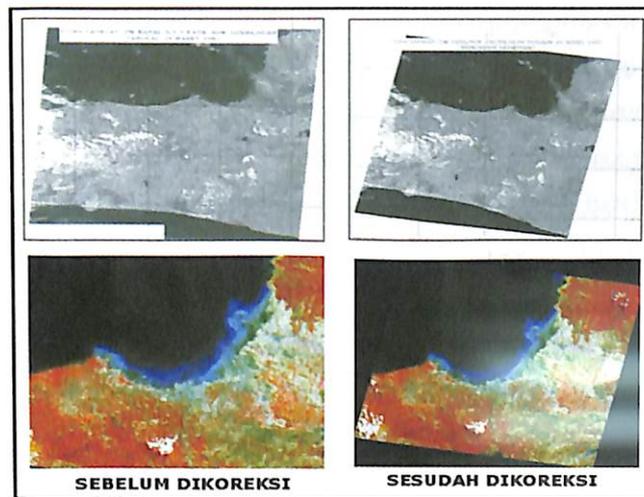
Persyaratan pengambilan titik di lapangan adalah

1. Teridentifikasi jelas pada citra satelit;
2. Wilayah harus terbuka agar tidak terjadi *multipath*;
3. Permukaan tanah stabil, tidak pada daerah yang sedang atau akan dibangun;

#### 4. Lokasi pengukuran aman dan tidak ada gangguan

Pemilihan obyek yang akan dijadikan GCP sebaiknya obyek yang tidak berubah bentuknya dalam rentang waktu perbedaan data citra tersebut, misalnya perpotongan jalan, tetapi bila tidak memungkinkan maka dapat dipilih daerah aliran sungai, perpotongan sungai dan lainnya selama obyek tersebut tidak berubah bentuknya dan berpindah tempat. Setelah empat titik GCP diambil, bisa terlihat nilai RMS (*Root Mean Square*) menunjukkan seberapa besar kesalahan titik yang diambil terhadap titik di peta. *RMS (Root Mean Square) Error* menunjukkan standar statistik pengukuran pada perbedaan titik aktual lokasi (*the actual point location*) dengan titik estimasi matematik suatu lokasi (*the mathematically estimated point location*). *RMS error* hasil perhitungan menunjukkan perbedaan X and Y antara titik lokasi aktual dan titik lokasi estimasi lokasi. *RMS error* secara umum nilainya kurang dari 1 pada setiap pixel (*image cell*). Apabila *RMS error* citra lebih dari 1 kemungkinan bahwa citra tersebut masih mengalami distorsi. Jumlah titik yang diambil pada koreksi geometrik juga tergantung pada luas wilayah pada citra dan jenis penutup lahannya.

Akurasi koreksi geometrik biasanya disajikan oleh standar deviasi (*Rate mean square = RMS*) per unit pixel pada citra. Akurasi seharusnya  $\pm$  satu pixel, jika kesalahan lebih besar dari persyaratan, koordinat pada citra dan peta perlu diperiksa kembali (*recek*), atau diulangi pada pemilihan rumus. Gambar 3.26. Contoh koreksi geometrik citra Landsat TM Jawa Tengah 24 Maret 1997. Koreksi geometrik secara sistematis dengan menggunakan modifikasi dua teknik koreksi geometrik, yaitu metode sistematis dan pergeseran atau transformasi letak posisi setiap pixel dapat dilakukan dengan cepat dan akurat, sedangkan model matematiknya disesuaikan dengan sumber distorsinya. Nilai kesalahan pixel-nya telah dihitung dengan model matematik kurang dari 1 (satu) persen, biasanya nilai *error* dalam satuan permil. Hasil dari model transformasi ini, apabila diterapkan pada satu scene citra Landsat TM akan diperoleh pergeseran antara 0-3 pixel. Apabila pergeserannya lebih besar dari 3 pixel (reliefnya rumit), maka untuk koreksinya harus digunakan GCP (*ground control point*).



Gambar 3.26. Koreksi geometrik citra Landsat Jawa Tengah (Purwadhi, 1998)

### 3.2.3. Pembuatan Citra Komposit

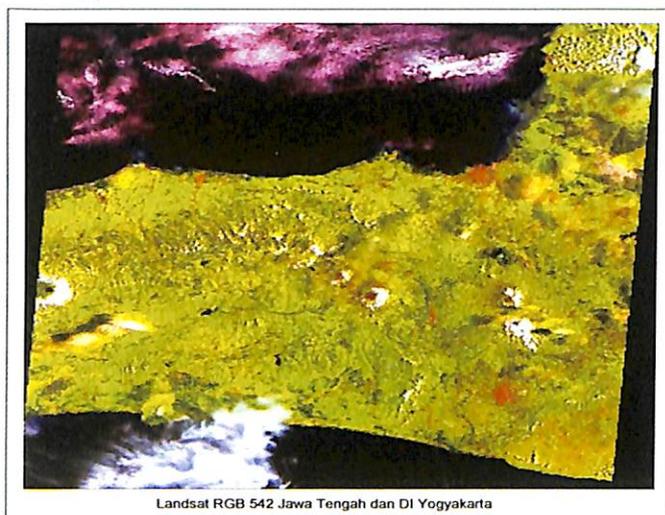
Citra penginderaan jauh multispektral dan multi temporal setelah dikoreksi, yaitu koreksi radiometrik dan koreksi geometrik, maka dilakukan interpretasi atau klasifikasi. Namun sebelum dilakukan interpretasi baik secara manual maupun digital perlu dibuat kompositnya, yaitu untuk menguji apakah posisi setiap citra sudah sama karena proses koreksi radiometrik maupun geometrik dilakukan setiap citra sendiri-sendiri. Oleh karena itu saat pembuatan komposit citra multispektral atau citra multi temporal sering tidak tepat sebelum dilakukan registrasi dan resampling.

#### 3.2.3.1. Rigistrasi Citra

Registrasi citra merupakan proses untuk membuat posisi lokasi dari setiap pixel pada beberapa citra saling cocok (sesuai) satu sama lain. Registrasi dapat dilakukan pada citra multispektral, citra multi temporal, dan antara citra dengan peta. Dua citra dapat diregistrasi satu sama lain dengan cara melakukan registrasi setiap citra pada peta yang sama secara terpisah. Teknik ini dilakukan apabila diperlukan *georeferencing* (posisi citra disamakan dengan koordinat (posisi) peta atau koordinat bumi). Apabila tidak diperlukan *georeferencing* registrasi dapat dilakukan terhadap citra lain yang digunakan sebagai referensi. Penyesuaian posisi lokasi titik-titik pixel dari suatu citra dalam basis koordinat

peta (koordinat lintang dan bujur) disebut *geocoding*. Hal yang pokok dari proses registrasi adalah penentuan jarak spasial antara titik-titik di dalam citra dengan citra referensi atau peta referensi (dasar).

Banyak teknik untuk mempertajam citra dapat pula digunakan untuk merekonstruksi citra, seperti menghilangkan akibat adanya kabut, di mana sebagian dari teknik ini akan dibahas pada bagian selanjutnya. Sedikit kesulitan untuk membedakan secara tajam antara metode rekonstruksi citra dengan penajaman citra. Rekonstruksi citra kita mengetahui bagaimana seharusnya citra tersebut, padahal adanya kabut atau perbedaan iluminasi matahari adalah kenyataan yang tidak dikehendaki. Gambar 3.27. Komposit citra Landsat RGB 542 Jawa Tengah dan Yogyakarta (DIY).

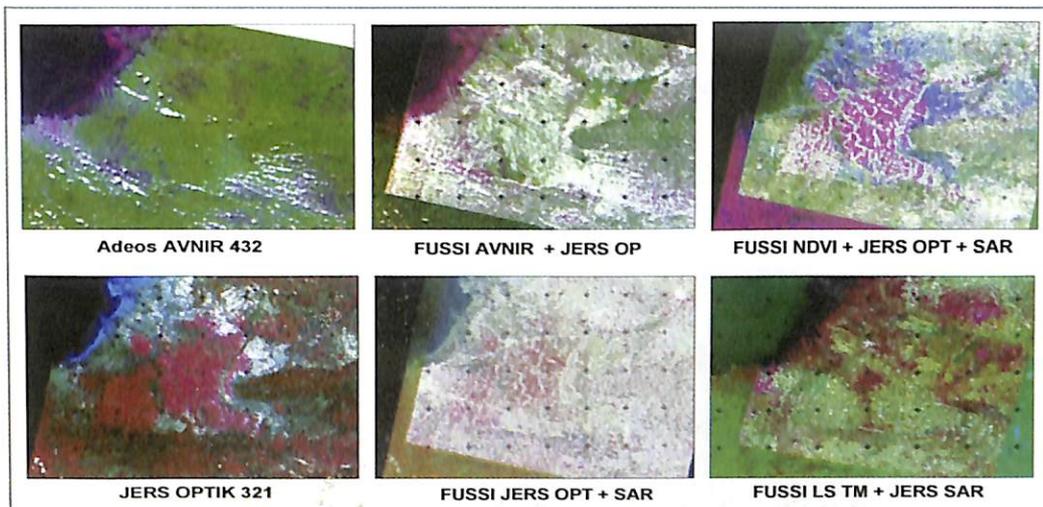


**Gambar 3.27.** Landsat RGB 542. Jawa Tengah dan DIY. (Dok LAPAN)

Seperti telah dikatakan di depan bahwa teknologi sistem sensor termasuk sistem optiknya sedemikian maju sehingga data yang dihasilkan hampir sempurna seperti yang diharapkan, sehingga kesalahan terjadi karena faktor eksternal. Namun faktor eksternal alami seperti kabut, awan dan iluminasi matahari bukan suatu kesalahan, namun menghasilkan data dengan kualitas yang tidak dikehendaki, maka penanggulangannya akan dilakukan pada penajaman citra. Citra multispektral yang sudah teregistrasi tersebut dapat ditampilkan (*overlay*) sehingga diperoleh citra komposit.

### 3.2.3.2. Resampling atau Fussy Citra

*Resampling* atau *fussy* citra merupakan suatu proses transformasi citra dengan cara memberikan nilai pixel citra terkoreksi. Pelaksanaan *resampling* dilakukan dengan proses transformasi dari suatu sistem koordinat ke sistem koordinat yang lain. Hubungan antara kedua sistem koordinat dinyatakan dengan fungsi pemetaan transformasi spasial. Proses ini dilakukan untuk menghilangkan efek gangguan yang bersifat tidak linier dan sistem keruangan yang tidak tetap. Gambar 3.28. Beberapa contoh citra komposit hasil resampling dari beberapa jenis citra berbeda daerah Pati dan sekitarnya, Jawa Tengah.

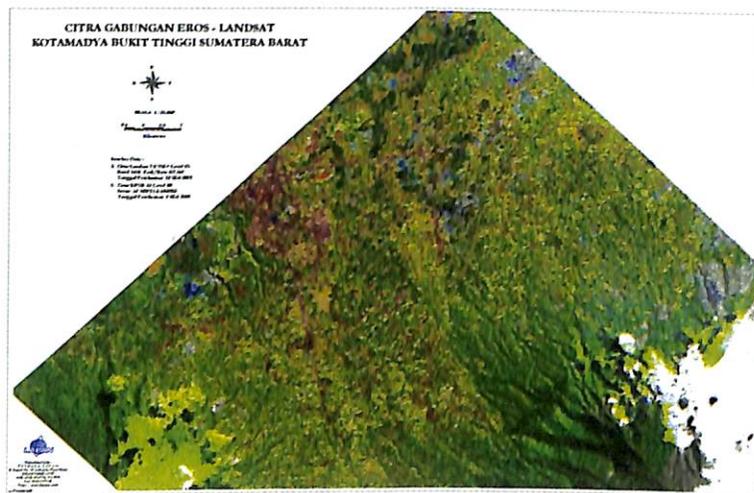


Gambar 3.28. Citra komposit hasil resampling (*fussy*) beberapa jenis citra.

Proses transformasi ini dikenal dengan sebutan registrasi citra, yaitu penggunaan titik kontrol tanah pada proses koreksi geometrik. Proses transformasi spasial dapat dilakukan dalam dua tahap, yaitu rekonstruksi citra atau interpolasi citra, dan *resampling* citra sendiri. Proses rekonstruksi merupakan proses mengubah (konvolusi) sinyal bentuk diskrit (titik-titik) citra (sampel masukan) menjadi diskrit kontinu (titik yang saling berhubungan). Tiga tahap prosedur proses *resampling* dengan operasi matrik

1. Secara geometrik seragam ditentukan berdasarkan koordinat medan.
2. Transformasi dengan koordinat setiap pixel sesuai rangkaian citra.
3. Nilai pixel yang sesuai dipindahkan dari rangkaian data citra ke matrik keluaran.

Proses konvolusi ini disebut rekonstruksi citra dilakukan dengan cara interpolasi. Proses interpolasi pada suatu titik, dapat digambarkan di mana pusat fungsi interpolasi diletakkan pada posisi titik x yang akan diinterpolasi. Harga fungsi interpolasi titik x dapat dihitung sesuai konsep konvolusi, yaitu sama dengan jumlah harga masukan diskrit terskala sesuai dengan koefisien kernel interpolasi. Setelah setiap pixel pada matrik keluaran diproses dengan cara ini, maka diperoleh hasil berupa matrik koordinat medan yang berisi data digital citra yang posisi geometriknya sudah mempunyai kebenaran (terkoreksi). Metode tersebut secara umum dilakukan dengan tiga pendekatan, yaitu (1) Metode tetangga terdekat (*Nearest neighbour*); (2) Metode interpolasi bilinear (*bilinear interpolation*); (3) Metode kubik konvolusi (*Cubic convolution*). Gambar 3.29. Hasil resampling dan interpolasi citra EROS rekaman 9 Mei 2004 dan citra Landsat rekaman 21 Mei 2003 Kota Bukittinggi, Sumatera Barat.



Gambar 3.29. Fusi citra EROS dan Landsat Bukitinggi, Sumatera Barat. (Dok LAPAN)

### 3.2.4. Penajaman Citra

Penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan mutu citra, untuk memperoleh keindahan gambar, dan untuk kepentingan analisis citra. Penajaman citra dilakukan sebelum interpretasi manual, untuk analisis kuantitatif.

Tiga jenis penajaman citra, yaitu

1. Penajaman kontras spektral citra, penajaman yang berhubungan dengan tingkat keabuan/ warna citra dapat dilakukan dengan manipulasi kontras citra berupa *gray-level thresholding*, *level slicing*,

dan *contrast stretching*.

2. Penajaman kenampakan secara spasial, dilakukan dengan cara manipulasi spasial berupa *spatial filtering*, *edge enhancement*, *fourier analysis*.
3. Penajaman citra jamak atau multi citra dapat dilakukan dengan manipulasi citra jamak berupa *multispectral ratioing*, *principal component*, *canonical components*, *vegetation component*, *intensity-hue-saturation (IHS) color space transformation*, dan *decorrelation stretching*.

Operasi penajaman dimaksudkan untuk mempertajam kontras yang tampak pada ujud gambaran yang terekam dalam citra. Penajaman secara sederhana dapat diartikan mentransformasikan data ke bentuk yang lebih ekspresif. Penajaman kenampakan obyek dapat dicirikan dalam dua hal, yaitu operasi titik dan operasi lokal. Operasi titik mengubah nilai kecerahan setiap pixel di dalam suatu data citra penginderaan jauh secara terpisah, dan operasi lokal mengubah nilai tiap pixel dalam hubungannya dengan nilai kecerahan pixel di sekitarnya. Operasi penajaman tersebut berhubungan dengan kontras spektral atau tingkat keabuan citra. Pelaksanaan proses penajaman dapat dilakukan dengan modifikasi histogram, penajaman kontras linier (*linier contrast enhancement*), penajaman kontras linier siturasi, penajaman kontras otomatis, penajaman logaritma dan eksponensial, dan modifikasi kontras "*pieced wise lineair*".

#### 3.2.4.1. Penajaman Kontras Spektral

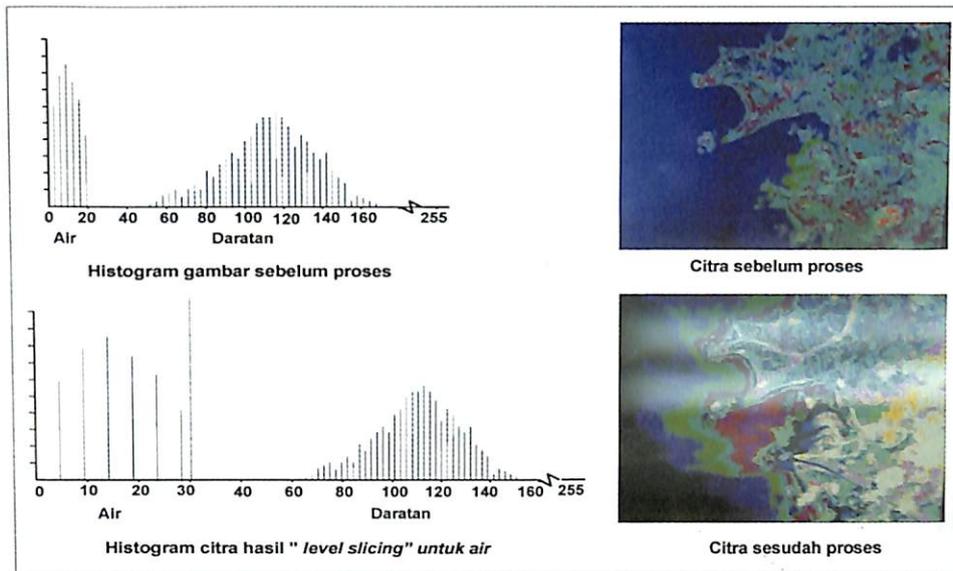
Penajaman kontras spectral merupakan manipulasi kontras citra yang merupakan perbaikan kontras citra dari proses operasi titik dan operasi lokal pada citra spektral tunggal dan multispektral. Proses manipulasi kontras citra menggunakan modifikasi histogram, yang berupa pergeseran, pemerataan, perajangan, dan penentuan kontras biner dengan teknik nilai ambang dari histogram tingkatan keabuan citra. Operasi manipulasi kontras citra dilakukan dengan tiga teknik, yaitu (1) Teknik penajaman berdasar nilai ambang tingkatan keabuan (*gray-level thresholding*); (2) Teknik perajangan tingkatan keabuan (*level slicing*); (3) Teknik perentangan kontras (*contrast stretching*) citra.

Teknik penajaman berdasarkan nilai ambang tingkatan keabuan citra (*gray-level thresholding*) adalah penggunaan segmentasi data masukan citra

kedalam dua tingkatan keabuan yang disebut kontras biner (*binary contrast*). Penggunaan kontras biner atau dua tingkatan keabuan obyek yang akan diteliti diberi warna yang jelas misalnya hitam dengan intensitas nilai keabuan 1, sedangkan obyek lainnya diberi warna sama dengan warna latar belakang misalnya putih dengan intensitas nilai keabuan 0. Pemetaan tingkat keabuan setiap pixel ke tingkat keabuan biner dapat dilakukan berdasarkan histogram aslinya, Berdasarkan histogram gambar tersebut ditentukan bahwa semua pixel misalnya mempunyai intensitas lebih dari 40 diberi warna latar belakang, sedangkan intensitas yang lebih kecil atau sama diberi warna yang jelas (menunjukkan obyek yang dimaksud). Nilai 40 disebut sebagai nilai ambang, dan proses tersebut dikenal dengan proses segmentasi citra dengan nilai ambang (*thresholding*).

Proses penajaman dengan perbaikan kontras citra dapat dilakukan dengan perajangan (*slices*) nilai tingkat keabuan dengan teknik pelebaran, pengecilan, dan pergeseran histogram. Proses pengolahan citra ini dapat dilakukan dengan memetakan nilai intensitas setiap pixel menjadi nilai intensitas yang baru menurut rumusan tertentu. Teknik pergeseran histogram dengan cara penambahan atau pengurangan nilai intensitas pixel, pelebaran histogram dengan penambahan nilai intensitas pixel, sedangkan pengecilan dengan cara pembagian nilai intensitas pixel.

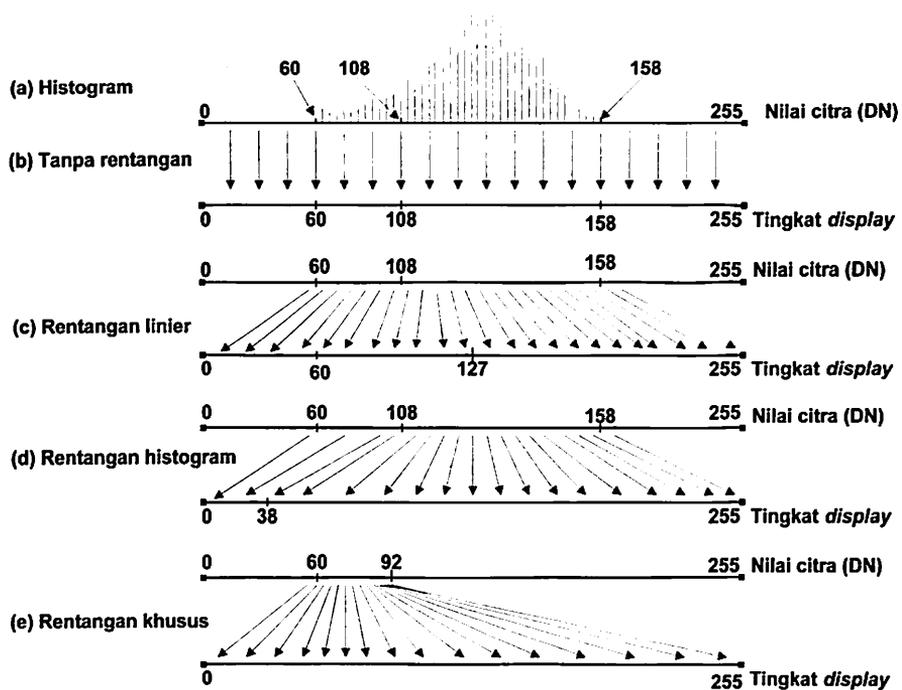
Gambar 3.30. Proses aplikasi "*level slicing*" untuk obyek air pada citra Landsat Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat. Citra sebelum dilakukan proses dengan sistem biner tampak warna air (laut) hanya satu macam. Histogram citra setelah proses perajangan (direntang) pada kenampakan air menjadi beberapa kelas. Proses perajangan tingkat kecerahan citra (*level slicing*), kenampakan air dibedakan kontrasnya (air jernih, keruh, sangat keruh) sesuai dengan kondisi turbiditinya.



**Gambar 3.30.** Proses aplikasi "*level slicing*" untuk air pada citra Landsat Muara Gembong, Bekasi, Jawa Barat (Purwadhi, 2001)

Teknik penajaman berdasarkan *contrast stretching* dilakukan dengan cara memberikan kisaran dari nilai pixel pada sebagian besar data penginderaan jauh hanya menempati bagian yang sempit (kecil), sehingga pada tayangan (*display*) bentuk citra asli tergambar dengan kontras rendah. Penajaman dengan perentangan kontras memperluas daerah tingkat keabuan/ nilai pixel sehingga nilai tersebut dapat digambarkan dalam daerah tingkat keabuan yang penuh. Proses perentangan kontras secara bervariasi pada nilai 256 (0 - 255) daerah tingkat keabuan. Variasi rentangan dapat dilakukan secara linier maupun khusus pada Gambar 3.31. Setiap proses perentangan sebagai berikut

1. Gambar 3.31.a. histogram tingkat kecerahan yang direkam pada satu saluran spektral citra 256 atau (0-255) tingkat keabuan.



Gambar 3.31. Asas penajaman dengan perentangan kontras (*contrast stretching*)  
(Lellisand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)

2. Histogram nilai obyek menempati daerah tingkat keabuan 60-158, atau sebagian kecil dari alat *display* (Gambar 3.31.b), berarti rona nilai (0-59) dan (159- 255) tidak digunakan, sehingga memperkecil kemampuan analisis citra.
3. *Display* gambar lebih ekspresif bila memperluas daerah tingkat keabuan pixel citra asli (60-158) untuk memenuhi (0 - 255) keabuan.
4. Gambar 3.31.c nilai citra setelah direntang secara seragam atau perentangan linier (*linear stretch*). Hasil proses perentangan linier, kenampakan citra lebih cerah atau lebih gelap. Suatu kelemahan perentangan linier adalah teknik menggunakan nilai display citra pada banyak tingkatan.
5. Perbaikan gambar lebih bagus dapat diterapkan suatu teknik yang disebut rentangan histogram ratahan (*histogram equalized stretch*). Pendekatan ini menempatkan nilai citra pada tingkatan gambar berdasar frekuensi pixel saat perekaman seperti Gambar 3.31.d. di mana daerah citra antara(109 -158) sekarang direntang hingga sangat luas (39 - 255), sedangkan bagian yang lebih kecil (0-38) dicadangkan

untuk nilai (60-108) citra yang jarang.

6. Analisis khusus pada kenampakan tertentu sehingga dapat dianalisis pada kerincian radiometrik yang lebih besar, yaitu dengan cara menenpatkan daerah gambar pada nilai kecerahan citra tertentu. Contoh air direntang pada daerah kecerahan lebih besar (Gambar 3.31.e.) seluruh keluaran kenampakan air nilai citranya 60-92. Variasi rentangan rona yang kecil pada air akan menjadi sangat besar, sebaliknya lahan akan tergambar aslinya.

Gambar 3.32. Hasil penajaman kontras berdasarkan algoritma nilai digital pixel citra keluaran dan citra masukan. Harga tingkat keabuan pixel mula-mula (citra asli) dikurangi dengan nilai minimum kemudian dibagi dengan nilai maksimum dikurang nilai minimum dan hasilnya dikalikan seluruh nilai pixel. Proses gabungan merupakan asosiasi antara nilai digital pixel masukan (DN) dengan nilai digital pixel keluaran (DN') disebut prosedur LUT (*Look Up Table*).



Gambar 3.32. Hasil penajaman kontras linier. (Dok LAPAN)

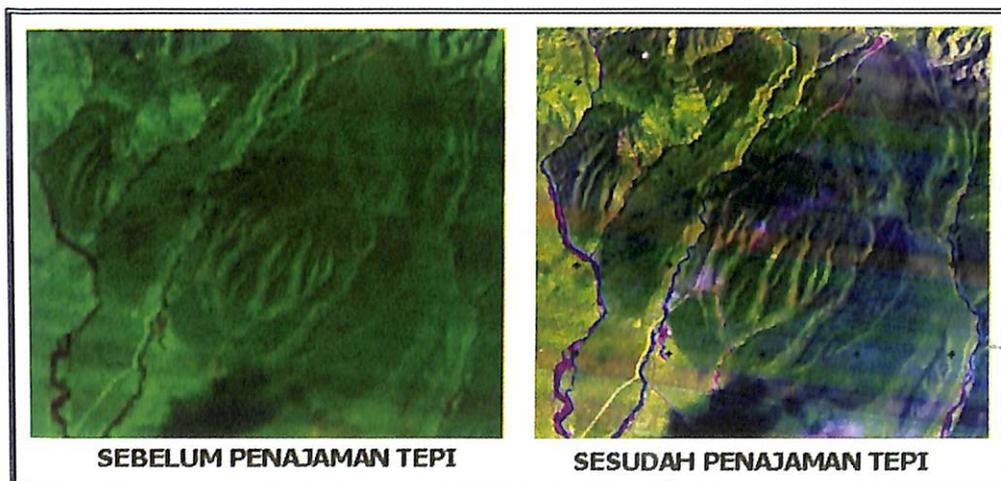
#### 3.2.4.2. Penajaman Kenampakan Spasial (*Spatial Feature Manipulation*)

Penajaman kenampakan spasial dilakukan dengan manipulasi kenampakan spasial (*spatial feature manipulation*), merupakan operasi lokal karena perubahan nilai pixel dilakukan dengan mempertimbangkan nilai pixel

sekeliling atau tetangga terdekatnya. Operasi ini biasanya diterapkan untuk mengurangi atau memperjelas gambar. Perubahan nilai kecerahan dengan cara ini akan mengubah kenampakan tekstural (kenampakan secara spasial). Manipulasi kenampakan spasial mencakup penggunaan filter spasial (*spatial filtering*), penajaman tepi (*edge enhancement*), dan penajaman penggunaan analisis Fourier (*Fourier analysis*).

1. Penggunaan filter spasial merupakan operasi lokal berdasarkan manipulasi kenampakan spasial dengan cara pengurangan kejelasan atau kecerahan citra. Penggunaan filter bermanfaat untuk mengurangi bising random yang disebabkan karena perubahan frekuensi. Oleh karena itu disebut "frekuensi spasial tinggi". Filter spasial dapat mengurangi ketajaman atau menahan nilai frekuensi spasial tinggi, filternya disebut filter penerus rendah (*low pass filters*). Bentuk filter ini paling sederhana ialah mengganti setiap nilai pixel dengan nilai rata-rata dihitung dalam jendela kernel 3 x 3 pixel sekeliling. Operasi filter penerus rendah sama dengan reduksi bising random, yang mengakibatkan nilai bising berbentuk bulatan-bulatan (bercak-bercak) akan diperhalus, sehingga proses filter penerus rendah disebut operasi penghalusan (*smoothing operation*). Aplikasi pada penggunaan filter spasial disebut konvolusi. Prosedur operasi konvolusi dapat dilakukan dengan operasi kernel yang elemennya terdiri dari faktor pembobotan yang menentukan nilai intensitas pixel-pixel tetangga. Filter frekuensi rendah mempunyai efek pemerataan tingkat keabuan, sehingga gambar yang diperoleh akan tampak kontrasnya agak kabur, namun proses ini dilakukan terhadap gambar agar gangguan yang berbentuk garis tajam efeknya dapat dikurangi. Oleh karena itu operasi penghalusan biasanya digunakan untuk memperkecil gangguan radiometrik pada citra. Operasi ini sesungguhnya lebih bersifat pemulihan atau koreksi citra daripada teknik penajaman.
2. Penajaman tepi (*edge enhancement*) atau operasi menggunakan filter penerus (frekuensi) tinggi (*high pass filters*) merupakan operasi untuk meningkatkan beberapa kenampakan yang terkena bising acak. Masalah bising acak biasanya mempengaruhi kenampakan kecil berukuran kurang dari ukuran resolusi spasial, namun kontras terhadap kenampakan disekelilingnya. Oleh karena itu dengan menekan beberapa kenampakan akan diperoleh peningkatan resolusi

spasial, maka sering kali penting untuk memperbesar nilai citra untuk menajamkan kenampakan tertentu. Filter penerus (frekuensi) tinggi mempunyai karakteristik menyalurkan dan memperkuat komponen suatu citra sehingga bagian garis-garis atau batas antara obyek yang ada pada gambar akan tampak lebih tajam. Operasi penajaman tepi dilakukan secara terpisah pada setiap saluran. Penajaman tepi untuk menghilangkan bising dapat diidentifikasi dengan membandingkan setiap pixel citra terhadap pixel sekelilingnya (tetangganya). Jika perbedaan antara nilai pixel obyek dan nilai tetangganya melebihi spesifikasi nilai ambang (*threshold*), maka pixel tersebut dapat diasumsikan sebagai pixel yang mengandung bising. Nilai pixel bising dapat dihitung menggunakan rata-rata nilai tetangga, yaitu menggunakan prosedur tipe pergeseran nilai tetangga dari jendela Kernel 3 x 3 pixel atau 5 x 5 pixel. Teknik lain dalam penajaman tepi menggunakan perbedaan arah pertama dengan menekan tepi data citra. Proses perbandingan setiap pixel dalam citra dilakukan terhadap satu pixel tetangga terdekat yang mempunyai perbedaan nilai keabuan. Proses matematikanya sama, yaitu menentukan nilai keabuan pertama dari citra asli dan menentukan arah perbedaan terhadap tetangganya. Penentuan arah tetangga terdekat dapat dilakukan secara horisontal, vertikal atau diagonal. Gambar 3.33. Hasil proses penajaman tepi menggunakan *contrast stretch enhancement* dari citra Landsat Timika, Papua.



Gambar 3.33. Hasil proses penajaman tepi Timika, Papua. (Purwadhi, 2001)

3. Penajaman dengan analisis fourier, dengan manipulasi kenampakan spasial (*spatial feature manipulation*) yang diterapkan pada daerah spasial (*spatial domain*) dengan koordinat (x,y) citra. Alternatif koordinat ruang citra dapat dianalisis berdasarkan daerah frekuensinya (*frequency domain*). Pendekatan dari berbagai macam (variasi) komponen frekuensi spasial dapat diaplikasikan secara matematik menggunakan transformasi fourier (*fourier transform*). Deskripsi kuantitatif mengenai bagaimana proses komputer menangani transformasi fourier cukup sulit. Penggunaan domain frekuensi proses konvolusinya dapat diterapkan pada bentuk perkalian langsung, dan perubahan sebaliknya digunakan transformasi invers fourier.

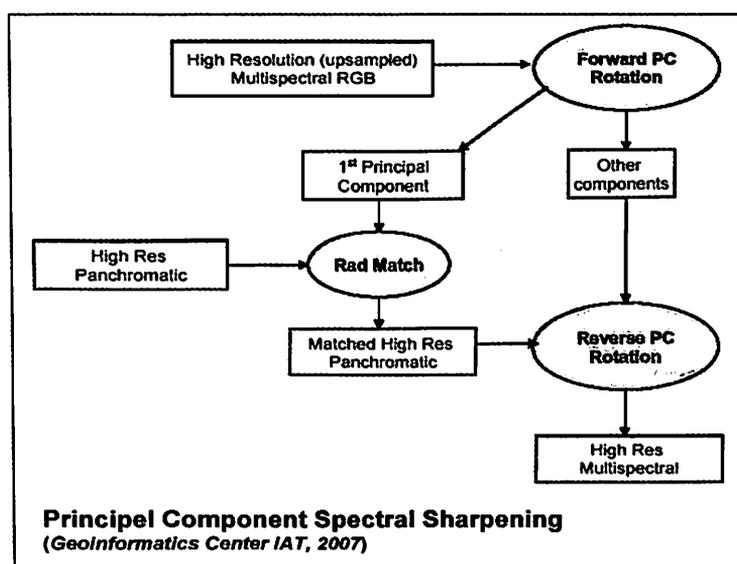
### 3.2.4.3. Penajaman Multi-Citra (*Multi-Image Manipulation*)

Penajaman multi citra menggunakan manipulasi multi-citra (*Multi-Image Manipulation*) adalah proses penajaman terhadap dua citra merupakan proses penggabungan informasi dari dua citra secara spektral. Penajaman gabungan data resolusi spasial tinggi (*Pansharpen*). Penajaman tepi dapat dilakukan dengan penggabungan dengan data resolusi spasial lebih tinggi. Operasi matematika terhadap setiap pasangan pixel untuk dua citra dengan operasi aritmetik (tambah, kurang, kali, rasio, akar, negatif) dan bersifat logik (*AND, OR, NOT, XOR*). Penajaman menggunakan operasi manipulasi multi-citra (*multi-image manipulation*), mencakup (1) spektral rasio citra multispektral "*band rationing*" atau "*spectral rationing*", (2) komponen utama (*principal components*) dan komponen baku atau kanonik (*canonical components*), (3) komponen vegetasi, (4) transformasi warna berdasarkan kontras intensitas *siturasi* (*intensity hue siturstion color space transformation*), dan (5) perentangan dekorelasi (*decorelation stretching*).

1. Spektral rasio citra multispektral "*band rationing*", merupakan hasil penajaman rasio citra multispektral diperoleh dari prosedur rentangan kontrasspektral untuk memperkuat kontras pada masing-masing saluran. Citra rasio dibentuk dengan menghitung perbandingan nilai digital pixel (*DN values*) setiap saluran. Rasio citra dapat dihitung berdasarkan kondisi kenampakan, yaitu kenampakan obyek tanpa gangguan dan kenampakan obyek yang mendapat gangguan (kenampakan obyek yang terkena bayangan atau obyek yang tertutup kabut). Misalnya

rasio citra pada obyek hutan di daerah yang mempunyai topografi bergelombang, maka perbandingan (rasio) dihitung berdasarkan perbedaan penyinaran sinar matahari pada obyek yang sama. Obyek hutan dengan sinar matahari penuh nilai dijitalnya berbeda dengan obyek yang sama yang tertutup bayangan bukit. Perbedaan jenis penutup lahan juga mempengaruhi perbedaan nilai dijital, maka untuk rasionya juga berbeda antara dua saluran spektral

2. Komponen utama dan komponen baku adalah korelasi yang intensif antar saluran merupakan masalah dalam penggunaan rasio dua saluran bagi penajaman citra. Banyaknya kemungkinan paduan saluran yang harus dipilih pada pembentukan paduan warna merupakan tugas yang sulit dilakukan. Dasar transformasi nilai pixel ke rangkaian sumbu pengukuran. Transformasi komponen utama (*principal component*) dan komponen baku (*canonical component*) merupakan dua teknik desain dalam reduksi data multispektral. Transformasi yang digunakan dalam dasar penajaman sebelum interpretasi manual atau merupakan pra-pengolahan data sebelum klasifikasi digital. Penajaman dengan komponen utama digunakan istilah "*principle component spectral sharpening*" untuk mendapatkan citra multispektral resolusi tinggi. Operasional pelaksanaan pada Gambar 3.34.

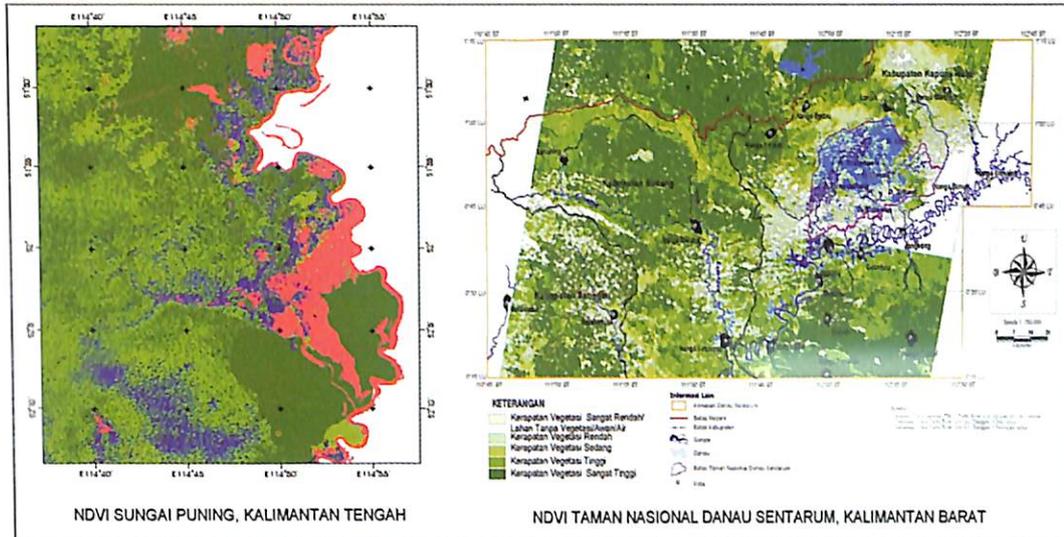


Gambar 3.34. Pelaksanaan pembuatan citra berdasarkan komponen utama.

3. Komponen vegetasi, teknik untuk mencari penutup lahan yang maksimal dan tidak bertampalan dapat dilakukan pada citra yang sudah diproses dengan penajaman berdasarkan komponen vegetasi (indeks vegetasi). Penajaman dengan membuat citra indeks vegetasi, yang pembuatannya dengan cara mengurangi, menambah, dan membandingkan nilai digital setiap saluran yang spektralnya berbeda. Gambar 3.35. Hasil pembuatan citra dengan komponen vegetasi, dengan indeks perbedaan nilai normal vegetasi atau NDVI (*Normalization Difference Vegetation Index*) dari citra Landsat TM daerah Sungai Puning, Buntok, Kalimantan Tengah dan Taman Nasional Danau Sentarum, Kalimantan Barat.

Lima cara pembuatan citra indeks vegetasi dengan perbandingan beberapa saluran (citra rasio, citra normalisasi, citra hasil transformasi), membuat citra yang diselisihkan, citra indeks vegetasi bekas kebakaran, dan membuat citra transformasi model "*Tasseled Cap*", dan pembuatan citra tegak lurus. Masing-masing cara sebagai berikut.

1. Membuat citra perbandingan dari beberapa saluran antara lain :
  - a. Citra Rasio atau RVI (*Ratio Vegetation Index*)
  - b. Citra normalisasi = NDVI (*Normalization Difference Vegetation Index*)
  - c. Citra transformasi atau TVI (*Transformed Vegetation Index*)
2. Membuat citra yang diselisihkan atau DVI (*Difference vegetation Index*)
3. Membuat citra indeks vegetasi bekas kebakaran atau AVI (*Ashburn vegetation index*)
4. Membuat citra transformasi model "*Tasseled Cap*" (Kouth dan Thomas, 1976)
5. Membuat citra tegak lurus atau PVI (*Perpendicular vegetation index*).

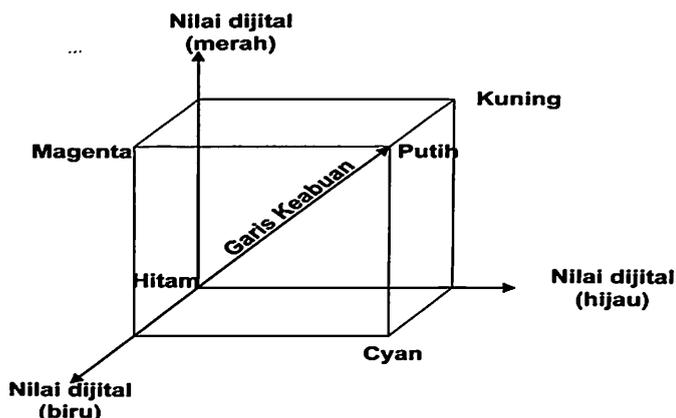


Gambar 3.35. NDVI dari citra Landsat TM. (Purwadhi dkk, 2001)

### 3.2.4.4. Penajaman Dekorelasi

Penajaman dekorelasi (*decorrelation straching*) merupakan manipulasi multi citra dengan menggunakan display multispektral data pada korelasi tinggi. Proses manipulasi ini biasanya dilakukan seperti penajaman kontras dengan menggunakan korelasi data RGB, namun kisaran intensitasnya diperlebar (tidak normal). Pelebaran intensitas sampai ke kisaran warna berikutnya sehingga dapat menghasilkan warna pasta dalam beberapa *hue* (*hues*). Penggunaan penajaman dengan transformasi IHS dan dekorelasi biasanya dilakukan pada transformasi citra penginderaan jauh dari satelit (*image space*). Perbedaannya adalah apabila penajaman dengan transformasi IHS menggunakan transformasi balik dari kisaran RGB, sedangkan penajaman dekorelasi menggunakan analisis komponen utama (*principal component analysis*). Keberhasilan komponen utama dari original citra merupakan penajaman bebas dari sumbu putaran (*transformasi*) komponen utama secara berturutan.

Komposit warna pada penajaman citra merupakan transformasi ruang warna berdasar intensitas saturai Hue adalah nilai digital merupakan tipe penayangan (*display*) dari komposisi warna aditif menggunakan warna primer atau warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru atau *RGB* (*red, green, blue*). Gambar 3.36. Ilustrasi hubungan antar komponen RGB yang dapat di-*display* pada layar monitor.



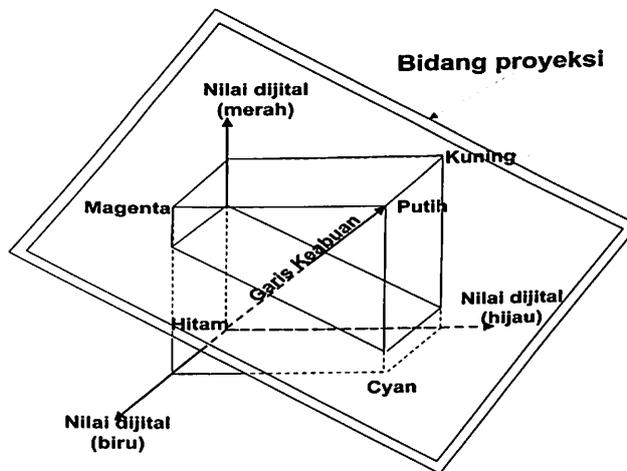
Gambar 3.36. Kubus warna merah, hijau, dan biru (RGB).

Bentuk gambar disebut kubus warna RGB yang merupakan tingkat kecerahan dari masing-masing warna dasar. Kisaran nilai digital yang digunakan untuk display monitor data 8 bit per pixel adalah 0-255, dengan demikian diperoleh kemungkinan kombinasi warna merah, hijau, dan biru sebanyak  $256^3$  atau 16.777.216. Setiap pixel dalam display komposit mempresentasikan tiga dimensi dengan posisi koordinat warna pada kubus tersebut. Garis dasar pada kubus, yaitu yang menghubungkan diagonal kubus merupakan "garis keabuan" atau kecerahan yang merupakan letak nilai digital citra. Garis tersebut mempunyai tiga komponen warna dasar, yaitu merah, hijau, dan biru (RGB). *Display RGB* merupakan suatu pemrosesan citra untuk display dan cetak komposit warna normal (*natural color*) atau warna palsu (*false color*). Proses komposit warna pada citra Landsat TM dari saluran 1, 2, dan 3 akan menghasilkan warna normal, yaitu kombinasi warna biru, hijau, dan merah, sedangkan warna palsu apabila menggunakan inframerah, yaitu kombinasi Landsat TM saluran 2, 3, dan 4 yaitu menggunakan komposisi warna campuran yang menghasilkan warna palsu.

Hasil komposit warna dapat berubah-ubah tergantung penggunaan kombinasi saluran atau penentuan penggunaan warnanya. Penajaman kontras pada citra komposit berwarna dalam *display RGB* merupakan kontras manipulasi dari setiap saluran pada tiga saluran secara bersama, termasuk prosedur LUT (*Look Up Table*) dari tiga komponen warna. Proses LUT adalah *display* dari proses gabungan yang merupakan asosiasi antara nilai digital pixel masukan (DN) dengan nilai digital pixel keluaran (DN'), yang proses komputasinya sangat efisien, karena semua nilai yang dimungkinkan untuk DN' hanya dihitung sekali sesuai daftar nilai setiap pixel (maksimum 256). Alternatif untuk menggambarkan

warna pada komponen RGB dapat digunakan sistem "intensitas-saturasi-Hue" (*IHS = Intensity Hue Saturation*). "Intensitas" berhubungan dengan total kecerahan warna. "Saturasi" merupakan spesifikasi kemurnian warna secara relatif terhadap nilai keabuan, sedangkan "Hue" merupakan warna dominan atau kontribusi penyinaran pada setiap panjang gelombang.

Sebagai contoh adalah warna pastel seperti pink (merah jambu) mempunyai saturasi rendah dibandingkan dengan warna merah yang mempunyai saturasi tinggi. Transformasi komponen RGB ke dalam komponen IHS dilakukan sebelum proses penajaman. Transformasi komponen RGB ke dalam komponen IHS dapat dilakukan dengan model "hexacone" dan memerlukan proyeksi kubus warna RGB pada bidang yang tegak lurus garis keabuan dan merupakan tangen pada pusat original kubus, seperti Gambar 3.37. Citra yang mempunyai tingkat keabuan 0-255, mempunyai nilai hexagon dengan deretan 27, 44, 61, 68, 72, 76, 78, 139, 168, 199. Hasil proyeksi "hexacone" berupa "hexagon". Apabila bidang proyeksi diputar dari putih ke hitam sepanjang garis keabuan, maka diperoleh proyeksi warna lebih kecil atau sub-kubus dengan serial "heksagon" ukurannya diperkecil.



Gambar 3.37. Bidang proyeksi dari kubus warna merah, hijau, dan biru (RGB).

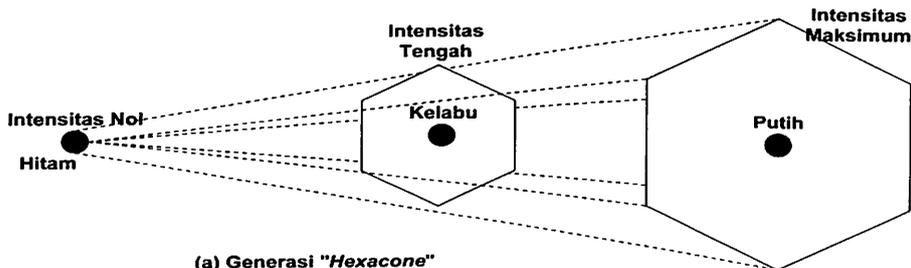
Hexagon warna putih mempunyai nilai lebih besar dibandingkan degenerasi titik hitam. Tingkatan serial "hexagon" biasa disebut "hexacone" (Gambar 3.38).

1. Model intensitas *hexacone* merupakan serangkaian warna sepanjang garis keabuan (antara titik hitam dan titik putih). Sepanjang garis keabuan dapat dibuat beberapa bidang proyeksi *hexagonal*

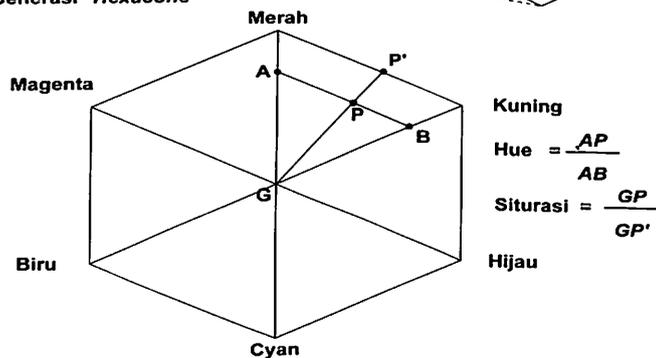
(Gambar 3.38.a.).

2. Gambar 3.38.b. merupakan Hue dan saturasi intensitas hexagon yang tepat, yaitu ekspresi hue dari sudut setiap hexagon, dan saturasinya adalah jarak titik-titik sepanjang garis keabuan, titik tersebut merupakan pusat dari setiap hexagon, sehingga garis keabuan dapat dikatakan sebagai garis induk pusat saturasi warna. Gambar 3.38.b. menunjukkan garis linier yang menunjukkan hue dan saturasi yang dapat dihitung berdasarkan fungsi trigonometrik.

Aplikasi pada citra penginderaan jauh ruang IHS dan hubungan antara RGB dan IHS. Kemudian kanal I diganti dengan data resolusi tinggi kemudian dilakukan transformasi kebalikan dari ruang IHS ke RGB. Sayangnya teknik ini hanya dapat digunakan untuk tiga kanal data saja yaitu yang menempati ruang RGB. Maksudnya adalah untuk dapat memanfaatkan ketajaman citra dari citra dengan resolusi spasial yang lebih tinggi dengan tetap memelihara informasi spektral dari kanal-kanal dengan resolusi lebih rendah. Caranya adalah dengan mentransformasi data dari ruang RGB ke IHS (*I-Intensity, H-Hue, S-Saturation*).



(a) Generasi "Hexacone"



(b) Definisi komponen saturasi "Hue"

Gambar 3.38. Model warna "Hexacone". (Lillesand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)

### 3.2.5. Klasifikasi Citra Digital

Klasifikasi citra digital bertujuan untuk identifikasi kenampakan spektral obyek dapat dilakukan dengan dasar pola spektral. Pola obyek yang dimaksud dalam penginderaan jauh adalah susunan keruangan, merupakan ciri (karakteristik), yang menandai berbagai obyek (bentukan manusia atau artifisial dan alamiah). Contoh pola perkotaan, permukiman transmigrasi, pola aliran sungai, dan lain-lain. Pengenalan pola spektral dilakukan dengan cara klasifikasi. Tujuan pengenalan pola (*pattern recognition*) secara teknik untuk mengklasifikasi dan mendeskripsikan pola atau susunan obyek melalui sifat atau ciri obyek, berdasarkan karakteristik spektral yang terekam pada citra. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) adalah mengevaluasi informasi obyek berdasarkan ciri spektral citra penginderaan jauh. Pengenalan pola spektral dilakukan dengan bantuan komputer, agar informasi spektral dapat dievaluasi secara kuantitatif.

Pengenalan pola spektral sebagai dasar interpretasi citra digital, menggunakan dasar pola tanggapan spektral setiap obyek di permukaan bumi. Klasifikasi citra secara digital bertujuan untuk melakukan kategorisasi secara otomatis dari semua pixel citra ke dalam kelas penutup lahan atau suatu tema tertentu. Secara umum data multispektral boleh dikatakan menggunakan bentuk klasifikasi pola spektral data untuk kategorisasi setiap pixel berbasis numerik. Perbedaan tipe kenampakan menunjukkan perbedaan kombinasi dasar nilai digital pixel pada sifat pantulan (reflektansi) dan pancaran (emisi) spektral yang dimilikinya, dan harus diingat bahwa pola spektral tidak semuanya sesuai dengan karakter geometrik. Bentuk "pola" cukup berhubungan dengan ukuran radian yang diperoleh dari setiap pixel berdasarkan jenis saluran atau panjang gelombang yang merekamnya. Pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) merupakan prosedur klasifikasi menggunakan informasi spektral setiap pixel untuk mengenal kelas-kelas penutup lahan secara otomatis.

Pengenalan pola spasial (*spatial pattern recognition*) meliputi kategorisasi pixel citra dengan basis hubungan spasial antar pixel-pixel tersebut. Pola spasial dapat dievaluasi pada skema interpretasi secara otomatis. Klasifikasi spasial mencakup beberapa aspek seperti tekstur citra atau pengulangan rona, bentuk dan ukuran obyek, arah, hubungan, serta posisi pixel yang berdekatan. Tipe klasifikasi spasial mudah dideteksi oleh akal manusia dalam proses interpretasi manual, namun merupakan tugas yang rumit bagi komputer karena informasinya

sangat kompleks. Sebaliknya komputer dengan mudah menganalisis pola spektral dalam sejumlah saluran. Oleh karena itu atribut spasial dapat dikaitkan dengan proses pengenalan spektral, dengan cara membuat asumsi bahwa pixel yang berdekatan akan menjadi satu kelas tutupan yang sama.

Pengenalan pola temporal (*temporal pattern recognition*) yaitu menggunakan variasi waktu pada tanggapan spektral dapat digunakan untuk identifikasi atau interpretasi kenampakan permukaan bumi. Di dalam survei pertanian dapat diidentifikasi perubahan tanaman selama musim pertumbuhan menggunakan analisis serangkaian citra secara spasial maupun analisis secara spektral. Cara analisisnya dapat dilakukan seperti analisis multispektral, bedanya pada multi temporal menggunakan rangkaian data dengan waktu perekaman berbeda. Analisis multi temporal memerlukan ketelitian registrasi data, harus dilakukan pixel per pixel pada tanggal yang berbeda. Registrasi memerlukan koreksi geometrik secara teliti, walaupun kadang-kadang terjadi pergeseran letak oleh relief, yang membuat pekerjaan lebih sulit.

Klasifikasi citra merupakan interpretasi secara otomatis dari atribut tekstural lebih sukar karena kekasaran rona dapat dikuantisasikan dengan evaluasi terhadap variabilitas nilai pixel sekelilingnya. Suatu daerah yang teksturnya kasar seharusnya menunjukkan nilai varian yang besar, sedangkan daerah yang teksturnya halus seharusnya menunjukkan nilai varian yang rendah. Teknik klasifikasi berorientasi pada klasifikasi penutup lahan, secara tak-terbimbing (*unsupervised classifications*) dengan pendekatan analisis kelompok (*cluster analysis*). Klasifikasi terbimbing (*supervised classification*) dimulai dari pengenalan pola spektral, prosedur *training areas* penyusunan kunci interpretasi, dan klasifikasi hingga keluarannya. Evaluasi ketelitian klasifikasi menggunakan kovusion matrik (*confusion matrix*).

### **3.2.5.1. Klasifikasi Tak Terbimbing (*Unsupervised Classification*)**

Salah satu alternatif bagi pendekatan klasifikasi data penginderaan jauh dengan cara klasifikasi tak-terbimbing. Klasifikasi tak-terbimbing menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah besar pixel yang tidak dikenal dan membaginya 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 citra, dan identitas nilai spektral tidak dapat diketahui secara

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

Analisis *cluster* merupakan studi yang mempelajari algoritma yang mencari bentuk struktur data yang sesuai. Algoritma *clustering* merupakan penyusunan matrik pola (*pattern matrix*) atau matrik keserupaan (*dissimilarity matrix*) dalam proses penentuan *cluster*. Pengamatan pixel dari seleksi ciri obyek (*clustering*) pada bidang pengukuran tiga dimensi, hanya pada *clustering* nama dari setiap kelompok apakah itu jagung, hutan, pasir, dan sebagainya belum diketahui. Proses analisis klasifikasi tak-terbimbing dengan berbagai macam algoritma, untuk setiap proses pengelompokan *cluster* tersebut. Beberapa pertanyaan untuk interpreter, yaitu bagaimana cara mengatur tingkat keserupaannya, apakah *cluster* data atau kelompok data dapat diukur validasinya, apakah bentuk *cluster* harus lingkaran, bagaimana yang berbentuk ellips, atau bentuk alamiah lainnya. Penyelesaian klasifikasi *cluster* akan dapat berhasil dengan baik apabila dilakukan setiap kriteria, karena kriteria yang berlainan apabila dilakukan dengan algoritma yang sama akan menghasilkan bias (kesalahan) yang tidak kecil. Penyelesaian algoritma dapat dilakukan dengan pendekatan perbedaan bentuk *cluster*.

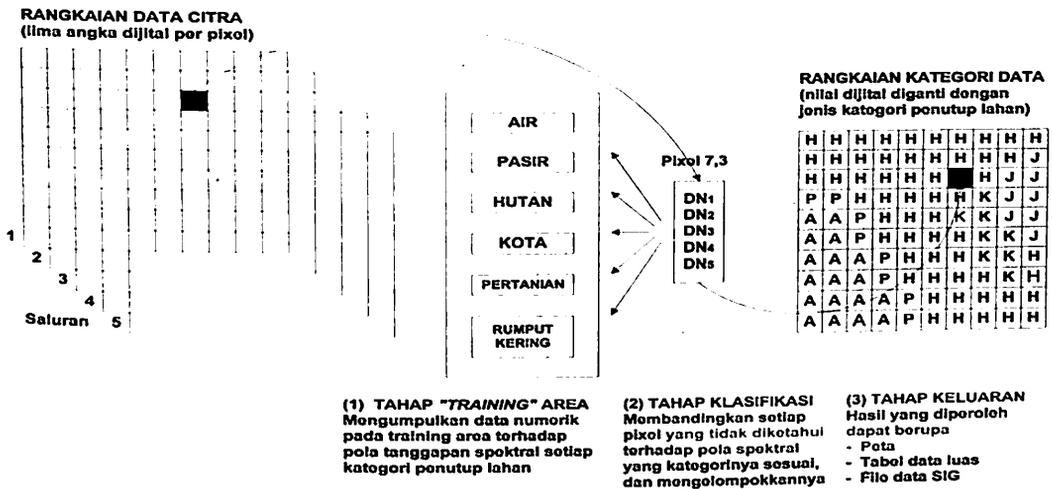
Program pengelompokan memerlukan perhitungan waktu dan biaya yang cukup banyak, karena waktu merupakan fungsi jumlah pixel yang dianalisis. Oleh karena itu dalam klasifikasi tak-terbimbing sering dilakukan partisi atau pembagian data yang disebut sub bagian (*subscene*), sehingga proses pengelompokan pola spektral dapat lebih bagus, dan dapat menjamin bahwa semua kenampakan seluruh citra dapat dikelompokkan dalam kelas tertentu. Penerapan analisis kelompok dilakukan secara sederhana berupa identifikasi kelas spektral yang berbeda di dalam data citra.

### 3.2.5.2. Klasifikasi Terbimbing (*Supervised Classification*)

Proses klasifikasi dengan pemilihan kategori informasi yang diinginkan dan memilih *training area* untuk tiap kategori penutup lahan yang mewakili sebagai kunci interpretasi merupakan klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi terbimbing digunakan data penginderaan jauh multispektral yang berbasis numerik, maka pengenalan polanya merupakan proses otomatis dengan bantuan komputer. Konsep penyajian data dalam bentuk numeris/ grafik atau diagram Klasifikasi terbimbing yang didasarkan pada pengenalan pola spektral (*spectral pattern recognition*) yang terdiri atas tiga tahap, yaitu.

1. Tahap *training sampel* : analisis menyusun "kunci interpretasi" dan mengembangkan secara numerik spektral untuk setiap kenampakan menggunakan *training areas*
2. Tahap klasifikasi : setiap pixel pada serangkaian data citra dibandingkan setiap kategori pada kunci interpretasi numerik, yaitu menentukan nilai pixel yang tak dikenal dan paling mirip dengan kategori yang sama. Perbandingan tiap pixel citra dengan kategori pada kunci interpretasi dikerjakan secara numerik dengan menggunakan berbagai strategi klasifikasi (dapat dipilih salah satu dari jarak minimum rata-rata kelas, *parallelepiped*, kemiripan maksimum). Setiap pixel kemudian diberi nama sehingga diperoleh matrik multidemensi untuk menentukan jenis kategori penutup lahan yang diinterpretasi.
3. Tahap keluaran : hasil matrik didelineasi sehingga terbentuk peta penutup lahan, dan dibuat tabel matrik luas berbagai jenis tutupan lahan pada citra.

Ilustrasi tiga langkah dasar prosedur analisis data pada proses pengenalan pola spektral ditunjukkan pada Gambar 3.39. Hasil rekaman suatu matrik nilai digital citra pada setiap pixel merupakan rangkaian dasar pentahapan pada proses pelaksanaan interpretasi terselia, di mana pixel dengan posisi (7,3) digunakan sebagai *training sampel* yang merupakan penutup lahan hutan. Lima nilai digital berasal dari pixel yang sama pada setiap saluran, yaitu saluran 1 (biru), saluran 2 (hijau), saluran 3 (merah), saluran 4 (inframerah dekat), dan saluran 5 (inframerah termal).

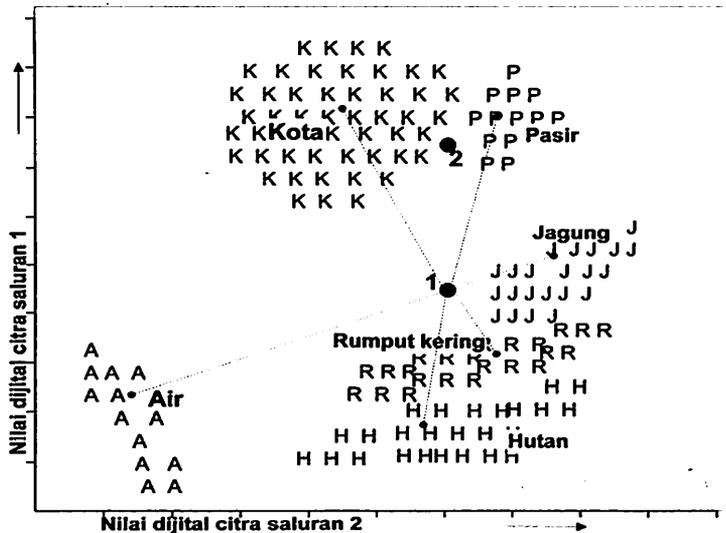


Gambar 3.39. Dasar rangkaian pentahapan pada proses klasifikasi terselia. (Lillesand dan Kiefer, 1994 dengan perubahan)

3.2 5.2.1. Klasifikasi berdasarkan jarak minimum rata-rata kelas

Klasifikasi berdasarkan jarak minimum rata-rata kelas merupakan klasifikasi terselia yang menggunakan strategi paling sederhana, yaitu dengan cara menentukan nilai rata-rata setiap kelas yang disebut vektor rata-rata (*mean vector*). Nilai pixel dua saluran digunakan sebagai koordinat posisi seperti yang ditunjukkan pada diagram pencar dari citra saluran 1 dan citra saluran 2, yang dapat diperiksa pada Gambar 3.40. menunjukkan suatu strategi klasifikasi terbimbing yang menggunakan jarak minimum rata-rata kelas. Suatu pixel tak dikenal identitasnya dapat dikelaskan dengan cara menghitung jarak terpendek dari nilai pixel rata-rata yang digunakan sebagai kategori kelas. Pixel tak dikenal pada gambar tersebut. diberi tanda titik 1 dan 2. Titik 1 mempunyai jarak terhadap rata-rata nilai pixel penutup lahan, jarak terpendek (minimum) titik 1 tersebut terhadap rata-rata nilai pixel penutup lahan yang dikelompokkan sebagai "rumput kering", maka titik 1 dapat dikelompokkan pada kelas "rumput kering". Namun apabila jarak terpendek tersebut melebihi dari jarak yang telah ditetapkan maka akan dikelompokkan pada kelas pixel "tidak dikenal". Jarak minimum rata-rata kelas merupakan strategi paling sederhana secara matematik dan perhitungannya efisien, namun metode ini memiliki keterbatasan, karena kurang peka terhadap perbedaan varian tanggapan spektral. Titik 2 menurut dasar klasifikasi jarak minimum rata-rata menjadi kelas "pasir" padahal menurut

kenyataan variabilitas nilai pixel lebih besar masuk ke dalam kategori "kota". Berdasarkan banyaknya permasalahan seperti ini, maka metode klasifikasi berdasarkan jarak minimum rata-rata di dalam terapan penginderaan jauh tidak banyak digunakan.

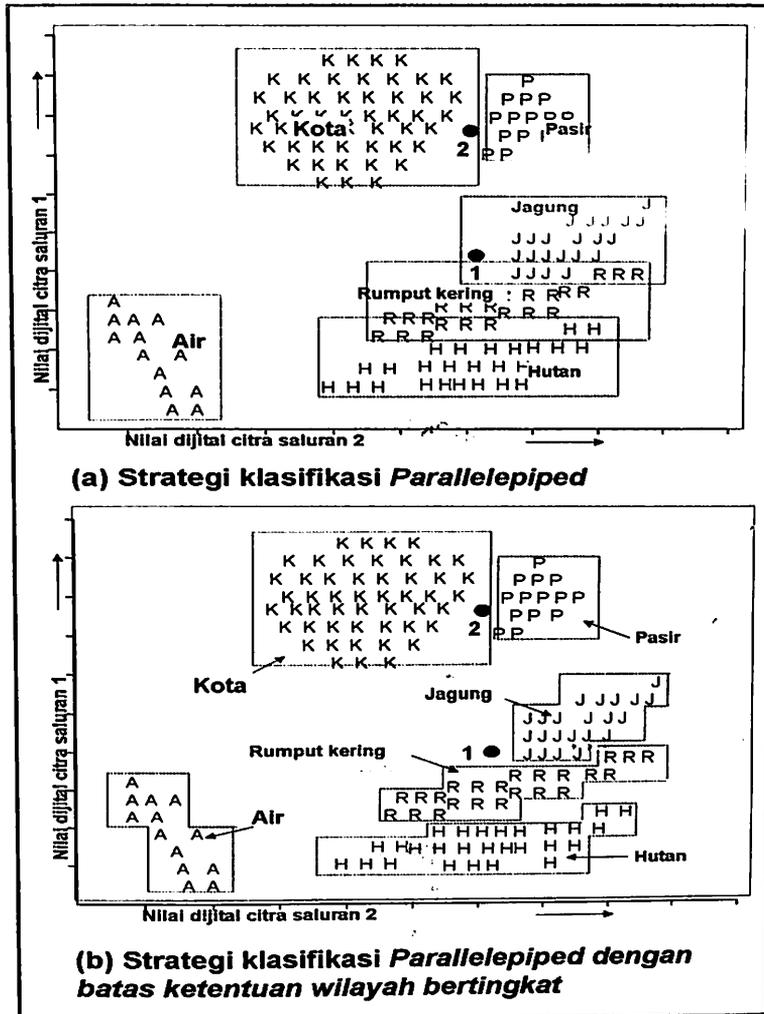


Gambar 3.40. Strategi klasifikasi terbimbing dengan jarak minimum rata-rata kelas.

### 3.2 5.2.2. Klasifikasi berdasarkan strategi "parallelepiped"

Strategi *parallelepiped* merupakan klasifikasi terbimbing yang dapat memberikan kepekaan terhadap varian kategori, yaitu dengan memperhitungkan kisaran nilai digital dari masing-masing rangkaian kategori nilai pixel "training" sampel. Kisaran nilai digital dapat ditentukan dengan nilai digital tertinggi (*DN Max*) dan nilai digital terendah (*DN Min*) pada setiap saluran. Kisaran nilai digital dari dua saluran dapat digambarkan dalam bentuk empat persegi panjang pada diagram pencarnya (Gambar 3.41.) Suatu pixel tak dikenal dapat dikelaskan pada kisaran kategori kelas penutup lahan sesuai dengan wilayah ketetapan (*decision region*) di mana letak atau poisisi pixel "tak dikenal" tersebut berada. Apabila letak pixelnya di luar kisaran nilai digital semua penutup lahan yang dikenal, maka pixel tersebut akan dikelaskan pada pixel "tak dikenal" bentuk analog multidemensi bidang persegi empat ini disebut "*parallelepiped*" dan digunakan sebagai nama strategi klasifikasi ini. Klasifikasi menggunakan strategi *parallelepiped* proses pengkelasannya sangat cepat dan efisien serta diterapkan pada beberapa sistem analisis citra. Kepekaan strategi

klasifikasi *parallelepiped* terhadap varian kategori (a) Wilayah ketetapan untuk kategori "pasir" lebih kecil dibandingkan dengan "kota" yang mempunyai sinyal atau frekuensi perekaman dengan pengulangan tinggi. Oleh karena itu Titik 2 akan lebih cocok masuk pada kelas "kota".



Gambar 3.41. Klasifikasi terbimbing dengan strategi "Parallelepiped".

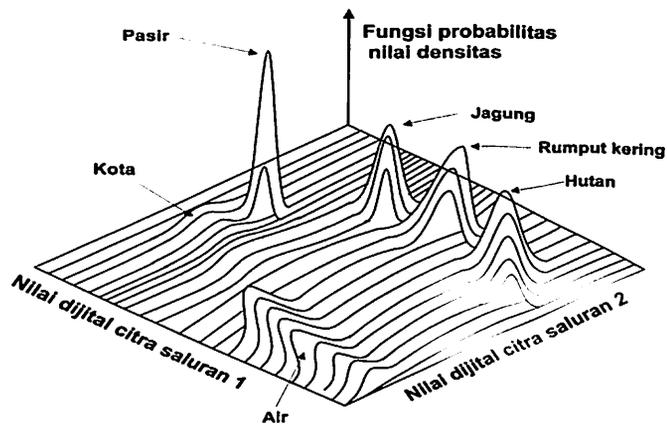
Meskipun demikian akan dijumpai kesulitan apabila kisaran kategori pixel (kotak persegi panjang) saling bertampalan (*overlap*). Bagi pengamatan pixel "tak dikenal" akan diklasifikasikan pada kelas yang "belum jelas", atau secara bebas akan ditempatkan pada salah satu kelas dari kategori pixel yang bertampalan. Tampilan (*overlap*) tersebut disebabkan oleh kategori nilai digital pixel mempunyai sebaran miring atau sebarannya berbentuk memanjang tidak teratur seperti bentuk awan (*slanted cloud*) pada gambar diagram pencarnya.

Bentuk kemiringan diagram pencar dapat berkorelasi positif atau negatif. Bentuk diagram pencar “jagung, rumput kering, hutan” berkorelasi positif (miring ke atas ke arah kanan), berarti nilai digital yang tinggi pada saluran 1 sesuai dengan nilai digital yang tinggi pada saluran 2. Sedangkan kategori air menunjukkan korelasi negatif (miring ke bawah ke arah kanan), yang berarti nilai tinggi pada saluran 1 sesuai dengan nilai rendah pada saluran 2. Kelas “kota” menunjukkan kurang korelasi antar saluran, sehingga hasil sebaran nilai digital hampir berbentuk melingkar pada diagram pencarnya, karena penutup lahan “kota” sangat bervariasi.

Berdasarkan adanya korelasi antar saluran pada setiap nilai digital penutup lahan, maka batas wilayah ketetapan persegi panjang tersebut kurang sesuai bagi kategori “*training sampel*”, yang akan menghasilkan keaburan untuk pengkelasan *parallelepiped*. Titik 1 pada klasifikasi jarak minimum dikelaskan “jagung”, ternyata variabilitas kepekaannya bukan “rumput kering” namun “jagung”, maka dalam klasifikasi *parallelepiped* titik 1 dimasukkan ke kategori “rumput kering”

### 3.2 5.2.3. Klasifikasi berdasarkan kemiripan maksimum “*gaussian*”

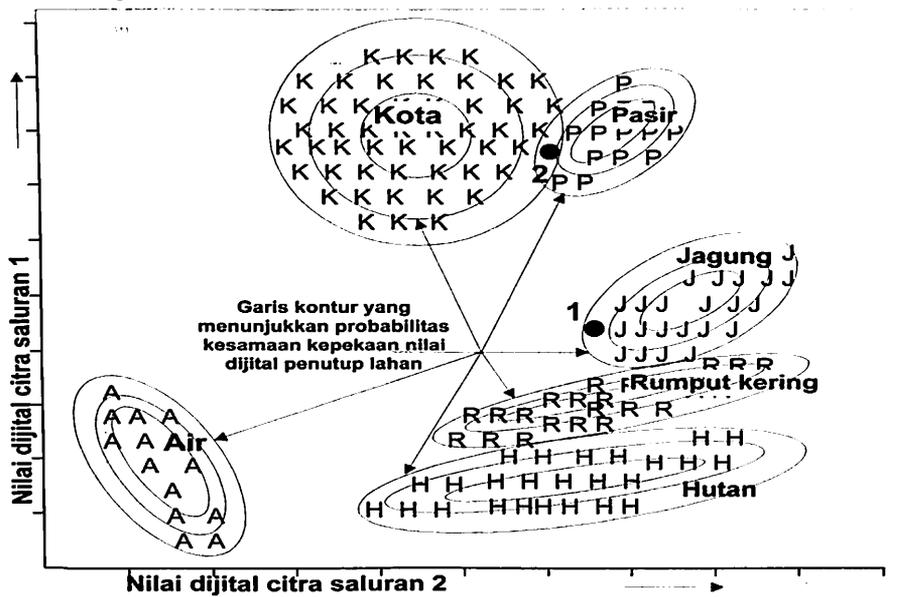
Klasifikasi berdasarkan kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan strategi klasifikasi terbimbing dengan cara mengevaluasi kuantitatif varian maupun korelasi pola tanggapan spektral pada saat mengklasifikasikan pixel yang tidak dikenal. Pengkelasan ini menggunakan bentuk training sampel yang bersifat sebaran normal (distribusi normal), yaitu semua sebaran (distribusi) pola tanggapan spektral penutup lahan dianggap atau diasumsikan sebagai vektor rata-rata dan kovarian matrik, sehingga kebolehjadian (probabilitas) statistiknya berupa kurve normal (*Gaussian*). Gambar 3.42. menunjukkan nilai probabilitas dalam grafik tiga dimensi terhadap diagram pencar. Sumbu tegak berkaitan dengan probabilitas suatu nilai pixel dalam satu kelompok kelas. Permukaan berbentuk gunung-gunung yang dihasilkan dari fungsi probabilitas nilai densitas (*probability density function value*).



Gambar 3.42. Fungsi probabilitas nilai densitas berdasarkan kemiripan maksimum.

Pola dasar klasifikasi kemiripan maksimum terutama pada pembuatan batas "garis tinggi probabilitas nilai densitas pixel sama" yang digambarkan dalam bentuk *ellipsoidal* pada diagram pencarnya yang menunjukkan daerah atau wilayah ketetapan kepekaan spektral pixel seperti pada Gambar 3.43. di mana bentuk kontur garis tinggi probabilitas nilai densitas pixel merupakan kepekaan kelas spektral terhadap korelasi. Contoh kepekaan dapat dilihat pada pixel (titik) 1 secara tepat dapat ditetapkan pada kategori "jagung" karena masuk dalam garis kontur yang menunjukkan probabilitas kesamaan kepekaan untuk nilai digital penutup lahan "jagung". Klasifikasi menggunakan kemiripan maksimum menyangkut beberapa dimensi, maka pengelompokan obyek dilakukan pada obyek yang mempunyai nilai pixel sama dan identik pada citra. Pengelompokan setiap kategori kelas harus memenuhi distribusi normal "Gauss" di mana setiap kelas mempunyai satu karakteristik, yaitu harga rata-rata (*mean*) intensitas pixel yang diketahui.

Secara umum pengelompokan kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) diperlukan perhitungan yang banyak dan agak rumit untuk mengklasifikasikan setiap pixel. Kerumitan ini menyebabkan proses klasifikasi ini lebih lambat dan lebih mahal, yaitu disebabkan lamanya penggunaan komputer/ *CPU time* lebih besar dibandingkan dengan menggunakan strategi lain yang lebih sederhana.



Gambar 3.43. Kontur probabilitas nilai densitas pixel sama pada klasifikasi kemiripan maksimum

### 3.2 5.2.4. Tahap Latihan (*Training Stage*)

Tahap *training sampel* merupakan analisis menyusun “kunci interpretasi” dalam interpretasi citra digital. Kunci interpretasi secara digital adalah mempelajari, mengenal dan mengukur pola tanggapan spektral bagi setiap kategori penutup lahan sebelum dilakukan klasifikasi terselia dengan berbagai strategi klasifikasi. Tahap *training sampel* untuk mengembangkan numerik spektral untuk setiap kenampakan, dengan memeriksa batas daerah (*training areas*). Tahap ini merupakan suatu pekerjaan yang penting untuk keberhasilan klasifikasi, karena nilai informasi yang diciptakan dalam klasifikasi terbimbing tergantung secara langsung pada kualitas dan prosedur training. Prosedur kerja dan proses penanganan tahap *training* ini sangat erat dengan pengetahuan menyeluruh interpreter atau analis tentang citra yang digunakan, dan data daerah secara geografik. Persyaratan yang terpenting adalah pengetahuan tentang sifat khas spektral setiap kenampakan obyek yang dianalisis.

Pengukuran nilai digital pola tanggapan spektral pada *training area* dapat dibuat dengan beberapa cara, yaitu dengan pengukuran langsung di lapangan atau pengukuran di laboratorium penginderaan jauh menggunakan serangkaian citra sebagai referensi. Proses pemilihan *training sampel* yang

representatif (contoh yang seragam) bagi setiap kategori penutup lahan merupakan informasi atau pedoman dalam melakukan klasifikasi. Pemilihan *training area* dilakukan dengan menggunakan rujukan peta topografi, foto udara skala besar, atau pengamatan langsung ke lapangan. Pembuatan batas *training area* dilakukan dengan membuat *poligon* (batas area) yang biasa disebut "jendela" pada citra terhadap penutup lahan yang seragam. Setelah membuat batas *training area*, maka dilakukan pembacaan nilai digital pada citra untuk setiap pixel yang terdapat pada *training area*. Nilai pixel dari rangkaian *training area* tersebut digunakan untuk menetapkan pola tanggapan spektral sebagai kategori penutup lahan.

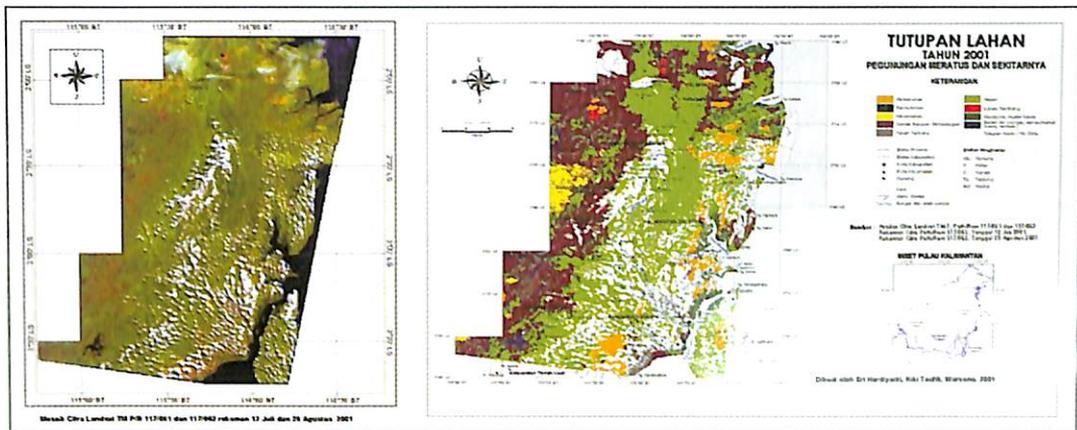
Pembuatan batas *training area* untuk klasifikasi berdasarkan metode kemiripan maksimum (*maximum likelihood*) merupakan pengkelasan yang didasarkan pada perhitungan statistik. Oleh karena itu diperlukan jumlah pengamatan pixel pada sejumlah *training area*. Jumlah lokasi *training area* untuk setiap penutup lahan paling sedikit sejumlah  $n + 1$  ( $n$  = jumlah saluran spektral). Sebagai contoh apabila kita menggunakan dua saluran maka diperlukan tiga lokasi pixel pengamatan pada setiap kelas penutup lahan. Jumlah pixel pada setiap poligon training sampel minimum  $10n$  (bagi citra resolusi tinggi atau skala besar seperti foto udara) hingga  $100n$  pixel (bagi citra satelit). Jadi jumlah pixel yang diambil pada setiap training sampel citra Landsat TM, jika digunakan klasifikasi multispektral (6 saluran) dengan metode kemiripan maksimum diperlukan dalam training sampel (poligon) berisi  $100 \times 6$  pixel atau 600 pixel. *Training sampel* diambil secara menyebar pada citra, sehingga dapat diperoleh besaran statistik untuk melakukan evaluasi varian dan korelasi nilai spektral secara baik (lebih baik menentukan pola *training sampel* bagi satu kelas dengan menganalisis 10 lokasi masing-masing 60 pixel jenis tertentu dari pada menganalisis satu lokasi yang berisi 600 pixel).

Identifikasi *training sampel* dilakukan berdasarkan ciri spektral atau nilai tingkat keabuan dari suatu obyek pada variasi setiap saluran spektral, serta didasarkan pada tekstur, pola, asosiasi obyek yang diambil *sebagai training sampel*. Perkiraan nilai vektor rata-rata dan matrik kovarian pada umumnya, yang diterapkan pada pengkelasan statistik bertambah besar, yaitu banyaknya pixel penalaran lebih yang digunakan pada *training area* akan lebih teliti. Setelah nilai pixel training area diperoleh dari data citra, maka perlu dievaluasi pola tanggapan spektral setiap kategori penutup lahan, khususnya kemampuan dalam pemisahan setiap spektralnya. Analisis harus mengevaluasi apakah data

latihan sudah merupakan “distribusi normal”. Lima cara analisis yang dilakukan untuk mengevaluasi atas kemungkinan pemisahan dan tingkat kenormalannya ialah :

1. Penggambaran grafik dari pola tanggapan spektral, yaitu menayangkan (*display*) pola tanggapan spektral dari *training sampel* dalam bentuk grafik (histogram) setiap saluran untuk berbagai penutup lahan.
2. Ekspresi (pernyataan) kuantitatif pemisahan kategori, yaitu pengukuran secara statistik bagi pemisahan antara pola tanggapan spektral setiap kategori penutup lahan, dihitung dalam bentuk matrik kelas disebut “matrik divergensi”. Matrik ini merupakan suatu jarak kovarian tertimbang antara rata-rata setiap kategori penutup lahan.
3. Klasifikasi khusus data training area, yaitu pengukuran atau evaluasi daya pisah spektral dengan menggunakan matrik error atau matrik kesalahan (*confusion matrix*), di mana penyimpangan klasifikasi berupa kelebihan jumlah pixel dari kelas lain (komisi) dan kekurangan jumlah pixel masuk kekelas lain (omisi).
4. Interaktif klasifikasi pendahuluan (*interactive preliminary classification*) merupakan suatu interaktif antara training area dengan data asal atau citra keseluruhan (*full scene*). Interaktif tersebut dapat dilakukan dengan cara mengevaluasi ketelitian seluruh citra dengan menggunakan perhitungan algoritma yang efisien (jarak minimum rata-rata) dari kategori pixel penutup lahan secara statistik pada *training sampel*.
5. Klasifikasi potongan citra dapat mewakili (*representative subscene classification*) dari seluruh citra (*full scene*). Hasil dari butir 4 (pendahuluan klasifikasi interaktif) dapat digunakan sebagai pembanding pada overlay dengan data mentah citra (*raw image*). pemilihan kelas merupakan pengelompokan secara logik pada citra asli.

Gambar 3.44. Hasil Klasifikasi terbimbing dari citra Landsat TM mosaik wilayah pegunungan Meratus dan sekitarnya (path/ Row 117/061 dan 117/062), rekaman tanggal 12 Juli 2001 dan 29 Agustus 2001, dengan metode kemiripan maksimum dan training sampel (poligon) 600 pixel per jenis penutup lahan.



Gambar 3.44. Klasifikasi terbimbing dari citra Landsat TM mosaik.  
 Purwadhi dkk, 2001)