

KARAKTERISTIK CITRA SATELIT

OLEH:

ACHMAD SIDDIK THOHA

NIP 132 259 563



**DEPARTEMEN KEHUTANAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
2008**

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah SWT, dengan pertolongan-Nya tulisan ini bisa diselesaikan. Tulisan dengan judul **Karakteristik Citra Satelit** merupakan karya tulis yang dibuat untuk menambah khasanah pustaka bagi yang memerlukannya. Tulisan ini merupakan hasil kompilasi dan penelusuran pustaka tentang karakteristik citra satelit.

Pada Kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak Dr. Ir. Nengah Surati Jaya yang telah mengarahkan penulis menyelesaikan tulisan ini.. Tidak lupa, terimakasih juga kepada rekan-rekan yang tidak bisa disebutkan namanya yang dengan ikhlas membagi ilmu dan pengalamannya.

Penulis sangat mengharapkan adanya koreksi untuk penyempurnaan tulisan ini. Semoga tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Medan, Januari 2008

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR.....	iv
PENDAHULUAN.....	1
KARAKTERISTIK BERBAGAI CITRA SATELIT.....	3
LANDSAT.....	3
IKONOS.....	6
QUICKBIRD.....	9
TERRA.....	12
IRS.....	16
NOAA.....	19
METEOSAT-5.....	20
SPOT-4.....	21
EO-1.....	22
KESIMPULAN.....	24
DAFTAR PUSTAKA.....	25

DAFTAR TABEL

No.	Teks	Halaman
1.	Karakteristik ETM+ Landsat	4
2.	Band-band pada Landsat TM dan Kegunaannya	4
3.	Karakteristik IKONOS OSA	8
4.	Karakteristik Quickbird.....	11
5.	Karakteristik TERRA	13
6.	Karakteristik IRS-1D PAN.....	18
7.	Karakteristik AVHRR-NOAA-15.....	19
8.	Karakteristik Meteosat-5 VISSR	21
9.	Karakteristik SPOT-4 HRVIR.....	22
10.	Karakteristik EO-1	23

DAFTAR GAMBAR

No.	Teks	Halaman
1.	Reflektansi Obyek pada Berbagai Panjang Gelombang	2
2.	Citra Landsat 7 ETM+ 15 m di London, England, 15m Data Courtesy USGS	6
3.	Citra Ikonos Frankfurt Airport, Germany - 1-meter True Color	9
4.	Citra Quickbird Resolusi di atas Tampa, Florida USA.....	12
5.	Citra MODIS dari Asap Minyak di Irak Selatan (Morning Overpass).....	16
6.	Citra IRS PAN Resolusi 5.8m lokasi di atas Benghazi Airport, Libya.	18
7.	Citra NOAA (near infrared) pada Sebuah Teluk di Selatan USA.....	20
8.	Citra SPOT 20 m di Atacama Desert – Chile.....	22

PENDAHULUAN

Karakter utama dari suatu *image* (citra) dalam penginderaan jauh adalah adanya rentang panjang gelombang (*wavelength band*) yang dimilikinya. Beberapa radiasi yang bisa dideteksi dengan sistem penginderaan jarak jauh seperti : radiasi cahaya matahari atau panjang gelombang dari *visible* dan *near* sampai *middle infrared*, panas atau dari distribusi spasial energi panas yang dipantulkan permukaan bumi (*thermal*), serta refleksi gelombang mikro. Setiap material pada permukaan bumi juga mempunyai reflektansi yang berbeda terhadap cahaya matahari. Sehingga material-material tersebut akan mempunyai resolusi yang berbeda pada setiap *band* panjang gelombang.

Piksel adalah sebuah titik yang merupakan elemen palong kecil pada citra satelit. Angka numerik (1 byte) dari piksel disebut *Digital Number* (DN). *Digital Number* bisa ditampilkan dalam warna kelabu, berkisar antara putih dan hitam (*greyscale*), tergantung level energi yang terdeteksi. Piksel yang disusun dalam order yang benar akan membentuk sebuah citra.

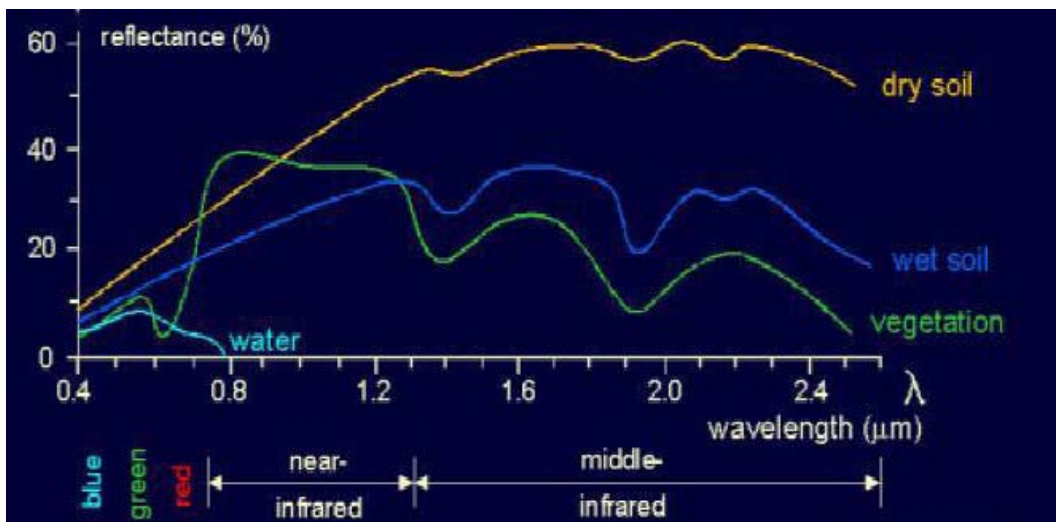
Berdasarkan resolusi yang digunakan, citra hasil penginderaan jarak jauh bisa dibedakan atas (Jaya, 2002):

- Resolusi spasial
Merupakan ukuran terkecil dari suatu bentuk (*feature*) permukaan bumi yang bisa dibedakan dengan bentuk permukaan disekitarnya, atau sesuatu yang ukurannya bisa ditentukan. Kemampuan ini memungkinkan kita untuk mengidentifikasi (*recognize*) dan menganalisis suatu objek di bumi selain mendeteksi (*detectable*) keberadaannya.
- Resolusi spektral
Merupakan dimensi dan jumlah daerah panjang gelombang yang sensitif terhadap sensor
- Resolusi radiometrik
Merupakan ukuran sensitifitas sensor untuk membedakan aliran radiasi (*radiation flux*) yang dipantulkan atau diemisikan suatu objek oleh permukaan bumi.
- Resolusi Temporal
Merupakan frekuensi suatu sistem sensor merekam suatu areal yang sama (*revisit*). Seperti Landsat TM yang mempunyai ulangan setiap 16 hari, SPOT 26 hari dan lain sebagainya.

Kebanyakan citra satelit yang belum diproses disimpan dalam bentuk **grayscale**, yang merupakan skala warna dari hitam ke putih dengan derajat keabuan yang bervariasi. Untuk penginderaan jauh, skala yang dipakai adalah *256 shade grayscale*, dimana nilai 0 menggambarkan hitam, nilai 255 putih.

Untuk citra muktispektral, masing-masing piksel mempunyai beberapa DN, sesuai dengan jumlah band yang dimiliki. Sebagai contoh, untuk Landsat 7, masing-masing piksel mempunyai 7 DN dari 7 band yang dimiliki. Citra bisa ditampilkan untuk masing-masing band dalam bentuk hitam putih maupun kombinasi 3 band sekaligus, yang disebut **color composites**.

Citra, sebagai dataset, bisa dimanipulasi menggunakan **algorithm** (persamaan matematis). Manipulasi bisa merupakan pengkoreksian error, pemetaan kembali data terhadap suatu referensi geografi tertentu, ataupun mengekstrak informasi yang tidak langsung terlihat dari data. Data dari dua citra atau lebih pada lokasi yang sama dikombinasikan secara matematis untuk membuat composite dari beberapa dataset. Produk data ini, disebut *derived products*, bisa dihasilkan dengan beberapa penghitungan matematis atas data numerik mentah (DN) (Puntodewo, dkk, 2003)



Gambar 1. Reflektansi obyek pada Berbagai Panjang Gelombang

KARAKTERISTIK BERBAGAI CITRA SATELIT

LANDSAT

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

Landsat 5, diluncurkan pada 1 Maret 1984, sekarang ini masih beroperasi pada orbit polar, membawa sensor TM (*Thematic Mapper*), yang mempunyai resolusi spasial 30 x 30 m pada band 1, 2, 3, 4, 5 dan 7. Sensor Thematic Mapper mengamati obyek-obyek di permukaan bumi dalam 7 band spektral, yaitu band 1, 2 dan 3 adalah sinar tampak (*visible*), band 4, 5 dan 7 adalah infra merah dekat, infra merah menengah, dan band 6 adalah infra merah termal yang mempunyai resolusi spasial 120 x 120 m. Luas liputan satuan citra adalah 175 x 185 km pada permukaan bumi. Landsat 5 mempunyai kemampuan untuk meliputi daerah yang sama pada permukaan bumi pada setiap 16 hari, pada ketinggian orbit 705 km (Sitanggang, 1999 dalam Ratnasari, 2000). Kemampuan spektral dari Landsat-TM, ditunjukkan pada Tabel 2.

Program Landsat merupakan tertua dalam program observasi bumi. Landsat dimulai tahun 1972 dengan satelit Landsat-1 yang membawa sensor MSS multispektral. Setelah tahun 1982, Thematic Mapper TM ditempatkan pada sensor MSS. MSS dan TM merupakan *whiskbroom scanners*. Pada April 1999 Landsat-7 diluncurkan dengan membawa ETM+scanner. Saat ini, hanya Landsat-5 dan 7 sedang beroperasi.

Tabel 1. Karakteristik ETM+ Landsat

Sistem	Landsat-7
Orbit	705 km, 98.2°, sun-synchronous, 10:00 AM crossing, rotasi 16 hari (repeat cycle)
Sensor	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper)
Swath Width	185 km (FOV=15°)
Off-track viewing	Tidak tersedia
Revisit Time	16 hari
Band-band Spektral (µm)	0.45 -0.52 (1), 0.52-0.60 (2), 0.63-0.69 (3), 0.76-0.90 (4), 1.55-1.75 (5), 10.4-12.50 (6), 2.08-2.34 (7), 0.50-0.90 (PAN)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	15 m (PAN), 30 m (band 1-5, 7), 60 m band 6
Arsip data	earthexplorer.usgv.gov

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

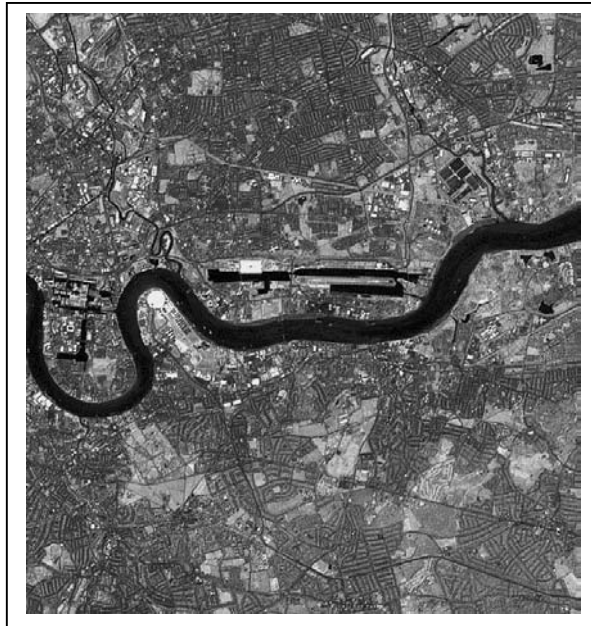
- RBV
Merupakan instrumen semacam televisi yang mengambil citra “snapshot” dari permukaan bumi sepanjang track lapangan satelit pada setiap selang waktu tertentu.
- MSS
Merupakan suatu alat *scanning* mekanik yang merekam data dengan cara men-*scanning* permukaan bumi dalam jalur atau baris tertentu
- TM
Juga merupakan alat *scanning* mekanis yang mempunyai resolusi spectral, spatial dan radiometric.

Tabel 2. Band-band pada Landsat-TM dan kegunaannya (Lillesand dan Kiefer, 1997)

Band	Panjang Gelombang (µm)	Spektral	Kegunaan
1	0.45 – 0.52	Biru	Tembus terhadap tubuh air, dapat untuk pemetaan air, pantai, pemetaan tanah, pemetaan tumbuhan, pemetaan kehutanan dan mengidentifikasi budidaya manusia
2	0.52 – 0.60	Hijau	Untuk pengukuran nilai pantul hijau pucuk tumbuhan dan penafsiran aktifitasnya, juga

			untuk pengamatan kenampakan budidaya manusia.
3	0.63 – 0.69	Merah	Dibuat untuk melihat daerah yang menyerap klorofil, yang dapat digunakan untuk membantu dalam pemisahan spesies tanaman juga untuk pengamatan budidaya manusia
4	0.76 – 0.90	Infra merah dekat	Untuk membedakan jenis tumbuhan aktifitas dan kandungan biomas untuk membatasi tubuh air dan pemisahan kelembaban tanah
5	1.55 - 1.75	Infra merah sedang	Menunjukkan kandungan kelembaban tumbuhan dan kelembaban tanah, juga untuk membedakan salju dan awan
6	10.4 - 12.5	Infra Merah Termal	Untuk menganalisis tegakan tumbuhan, pemisahan kelembaban tanah dan pemetaan panas
7	2.08 – 2.35	Infra merah sedang	Berguna untuk pengenalan terhadap mineral dan jenis batuan, juga sensitif terhadap kelembaban tumbuhan

Terdapat banyak aplikasi dari data Landsat TM: pemetaan penutupan lahan, pemetaan penggunaan lahan, pemetaan tanah, pemetaan geologi, pemetaan suhu permukaan laut dan lain-lain. Untuk pemetaan penutupan dan penggunaan lahan data Landsat TM lebih dipilih daripada data SPOT multispektral karena terdapat band infra merah menengah. Landsat TM adalah satu-satunya satelit non-meteorologi yang mempunyai band inframerah termal. Data termal diperlukan untuk studi proses-proses energi pada permukaan bumi seperti variabilitas suhu tanaman dalam areal yang diirigasi. Seperti Tabel 2 menunjukkan aplikasi atau kegunaan utamapinsip pada berbagai band Landsat TM.



Gambar 2. Citra Landsat 7 ETM+ 15 m di London, England, 15m Data
Courtesy USGS (infoterra-global.com, 2004)

IKONOS

KETIKA perang Irak berlangsung, fasilitas Irak yang menjadi target militer Amerika Serikat sering muncul di media massa melalui rekaman satelit **Ikonos**. Ikonos memang punya resolusi spasial sangat tinggi, 1 meter untuk pankromatik dan 4 meter untuk multispektral, sehingga hasilnya amat jelas.

Tahun 1992 Kongres AS meloloskan Undang-Undang Penginderaan Jauh Daratan (*US Land Remote Sensing Act*). Undang-undang ini menyebutkan industri inderaja satelit komersial sangat penting bagi kesejahteraan rakyat AS serta mengizinkan perusahaan-perusahaan swasta mengembangkan, memiliki, mengoperasikan serta menjual data yang dihasilkan (Danoedoro, 2004)

Dua tahun sesudahnya, lisensi diberikan pada *Space Imaging*, *EarthWatch*, dan *OrbImage*, yang kemudian merancang sistem dengan resolusi spasial 4 meter untuk moda multispektral dan 1 meter untuk moda pankromatik. Satu lisensi lagi diberikan pada *West Indian Space*-perusahaan patungan AS-Israel-untuk merancang sistem pencitraan dengan resolusi sedikit lebih rendah, 1,8 meter.

Dari keempat perusahaan, *Space Imaging* yang paling cepat meluncurkan satelit Ikonos serta memasarkan datanya. Namun, Ikonos-1 gagal diluncurkan dan digantikan Ikonos-2, 1999.

Kelahiran satelit inderaja resolusi tinggi (lebih halus dari 10 meter) untuk keperluan sipil sebenarnya dipicu oleh kebijakan pascaperang dingin, bukan teknologi. Bisa dikatakan teknologi militer awal tahun 1970-an sudah memungkinkan pencitraan dengan resolusi spasial kurang dari 10 meter. Kegagalan serupa dialami *EarlyBird* yang diluncurkan *EarthWatch*. Sedang *OrbImage* dan *West Space Imaging* masing-masing meluncurkan satelit *Orbview* dan EROS.

Sejak diluncurkan pada September 1999, Citra Satelit Bumi Space Imaging's IKONOS menyediakan data citra yang akurat, dimana menjadi standar untuk produk-produk data satelit komersial yang beresolusi tinggi. IKONOS memproduksi citra 1-meter hitam dan putih (pankromatik) dan citra 4-meter multispektral (red, blue, green dan near-infrared) yang dapat dikombinasikan dengan berbagai cara untuk mengakomodasikan secara luas aplikasi citra beresolusi tinggi (Space Imaging, 2004)

Diluncurkan pada September 1999, IKONOS dimiliki dan dioperasikan oleh Space Imaging. Disamping mempunyai kemampuan merekam citra multispektral pada resolusi 4 meter, IKONOS dapat juga merekam obyek-obyek sekecil satu meter pada hitam dan putih. Dengan kombinasi sifat-sifat multispektral pada citra 4-meter dengan detail-detail data pada 1-meter, Citra IKONOS diproses untuk menghasilkan 1-meter produk-produk berwarna

IKONOS adalah satelit komersial beresolusi tinggi pertama yang ditempatkan di ruang angkasa. IKONOS dimiliki oleh Sapce Imaging, sebuah perusahaan Observasi Bumi Amerika Serikat. Satelit komersial beresolusi tinggi lainnya yang diketahui: *Orbview-3* (*OrbImage*), *Quickbird* (*EarthWatch*) dan EROS-A1 (*West Indian Space*). IKONOS diluncurkan pada September 1999 dan pengumpulan data secara reguler dilakukan sejak Maret 2000.

Sensor OSA pada satelit didasarkan pada prinsip pushbroom dan dapat secara simultan mengambil citra pankromatik dan multispektral. IKONOS mengrimkan resolusi sapatial tertinggi sejauh yang dicapai oleh sebuah satelit sipil. Bagian dari resolusi spasial yang tinggi juga mempunyai resolusi radiometrik tinggi menggunakan 11-bit (Space Imaging, 2004)

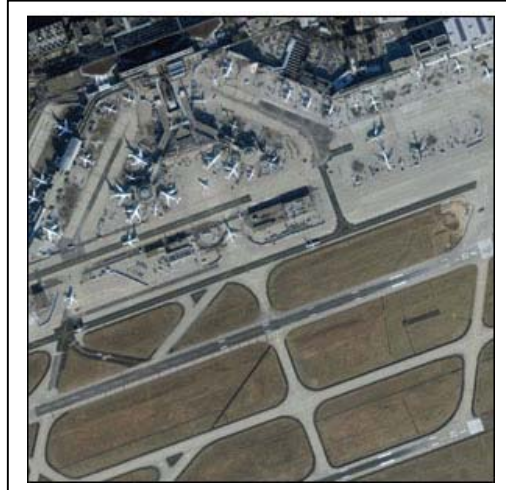
Tabel 3. Karakteristik IKONOS OSA

Sistem	SPOT-4
Orbit	680 km, 98.2°, sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 14 hari (repeat cycle)
Sensor	Optical Sensor Assembly (OSA)
Swath Width	11 km (12 µm CCD elements)
Off-track viewing	Tersedia ± 27° across-track
Revisit Time	1-3 hari
Band-band Spektral (µm)	0.45-0.52 (1), 0.52-0.60 (2), 0.63-0.69 (3), 0.76-0.90(4), 0.45-0.90 (PAN)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	1 m (PAN), 4 m (band 1 – 4)
Arsip data	www.spaceimaging.com

Banyak aplikasi untuk data IKONOS yang dapat diketahui. Pemilik berharap bahawa penggunaan lapangan dapat dibayar untuk harga data komersial. Diharapkan bahwa, pada masa mendatang, 50% data foto udara akan digantikan oleh citra beresolusi tinggi dari angkasa (camera pesawat digital akan banyak menggantikan foto udara yang masih ada). Misi pertama IKONOS akan mendapatkan citra seluruh kota-kota utama Amerika Serikat. Sampai saat ini, pemetaan dan monitoring eral perkotaan dari angkasa (tidak hanya di Amerika) hanya mungkin pada skala terbatas.

Data IKONOS dapat digunakan untuk pemetaan topografi dari skala kecil hingga menengah, tidak hanya menghasilkan peta baru, tetapi juga memperbaharui peta topografi yang sudah ada. Penggunaan potensial lain IKONOS adalah 'precision agriculture'; hal ini digambarkan pada pengaturan band multispektra, dimana mencakup band infra merah dekat (near-infrared). Pembaharuan dari situasi lapangan dapat membantu petani untuk mengoptimalkan penggunaan pupuk dan herbisida.

Penggunaan pada produk 'gambar' dapat dilihat pada sektor bisnis, media dan pariwisata (Janssen dan Humeeman, 2001)



Gambar 3. Citra Ikonos Frankfurt Airport, Germany - 1-meter True Color (Spaceimaging.com, 2004)

QUICKBIRD

Sebenarnya, perusahaan swasta AS lainnya DigitalGlobe, tahun 2002 meluncurkan satelit komersial dengan kemampuan mengungguli Ikonos. Quickbird, nama satelit ini, beresolusi spasial hingga 60 sentimeter dan 2,4 meter untuk moda pankromatik dan multispektral.

Setelah kegagalan EarlyBird, satelit Quickbird diluncurkan tahun 2000 oleh DigitalGlobe. Namun, kembali gagal. Akhirnya Quickbird-2 berhasil diluncurkan 2002 dan dengan resolusi spasial lebih tinggi, yaitu 2,4 meter (multispektral) dan 60 sentimeter (pankromatik). Citra Quickbird beresolusi spasial paling tinggi dibanding citra satelit komersial lain.

Selain resolusi spasial sangat tinggi, keempat sistem pencitraan satelit memiliki kemiripan cara merekam, ukuran luas liputan, wilayah saluran spektral yang digunakan, serta lisensi pemanfaatan yang ketat. Keempat sistem menggunakan linear array CCD-biasa disebut pushbroom scanner. Scanner ini berupa CCD yang disusun linier dan bergerak maju seiring gerakan orbit satelit.

Jangkauan liputan satelit resolusi tinggi seperti Quickbird sempit (kurang dari 20 km) karena beresolusi tinggi dan posisi orbitnya rendah, 400-600 km di atas Bumi. Berdasarkan pengalaman penulis, dengan luas liputan 16,5 x 16,5 km², data Quickbird untuk 4 saluran ditambah 1 saluran pankromatik telah

menghabiskan tempat 1,8 gigabyte. Data sebesar ini disimpan dalam 1 file tanpa kompresi pada resolusi radiometrik 16 bit per pixel.

Semua sistem menghasilkan dua macam data: multispektral pada empat saluran spektral (biru, hijau, merah, dan inframerah dekat atau B, H, M, dan IMD), serta pankromatik (PAN) yang beroperasi di wilayah gelombang tampak mata dan perluasannya. Semua saluran pankromatik, karena lebar spektrumnya mampu menghasilkan resolusi spasial jauh lebih tinggi daripada saluran-saluran multispektral.

Unsur penting lain adalah ketatnya pemberian lisensi pemanfaatan. DigitalGlobe misalnya, hanya memberikan satu jenis lisensi pemanfaatan Quickbird pada pembeli. Jadi, bila pemerintah kota di Indonesia membeli data ini untuk keperluan perbaikan lingkungan permukiman urban misalnya, data yang sama tidak boleh digunakan untuk keperluan lain seperti pajak bumi dan bangunan (PBB).

Resolusi spasial tinggi ditujukan untuk mendukung aplikasi kekotaan, seperti pengenalan pola permukiman, perkembangan dan perluasan daerah terbangun. Saluran-saluran spektral B, H, M, IMD, dan PAN cenderung dipilih, karena telah terbukti efektif dalam menyajikan variasi fenomena yang terkait dengan kota.

Kondisi vegetasi tampak jelas pada komposisi warna semu (false color), yang tersusun atas saluran-saluran B, H, IMD ataupun H, M, IMD yang masing-masing ditandai dengan urutan warna biru, hijau, dan merah. Pada citra komposit warna ini, vegetasi dengan berbagai tingkat kerapatan tampak bergradasi kemerahan.

Teknik pengolahan citra digital dengan indeks vegetasi seringkali memilih formula NDVI (normalised difference vegetation index= $\frac{IMD-M}{IMD+M}$). Indeks atau nilai piksel yang dihasilkan kemudian sering dijadikan ukuran kuantitatif tingkat kehijauan vegetasi. Apabila diterapkan di wilayah kota, maka tingkat kehijauan lingkungan urban dapat digunakan sebagai salah satu parameter kualitas lingkungan.

Untuk lahan pertanian, NDVI terkait dengan umur, kesehatan, dan kerapatan tanaman semusim, sehingga seringkali dipakai untuk menaksir tingkat produksi secara regional.

Kehadiran Quickbird dan Ikonos telah melahirkan 'eforia baru' pada praktisi inderaja yang jenuh dengan penggunaan metode baku analisis citra

berbasis Landsat dan SPOT. Klasifikasi multispektral standar berdasarkan resolusi spasial sekitar 20-30 meter seringkali dianggap kurang halus untuk kajian wilayah pertanian dan urban di Jawa. Model-model dengan knowledge-based techniques (KBT) yang berbasis Landsat dan SPOT umumnya tidak tersedia dalam menu baku di perangkat lunak komersial, dan lebih sulit dioperasikan.

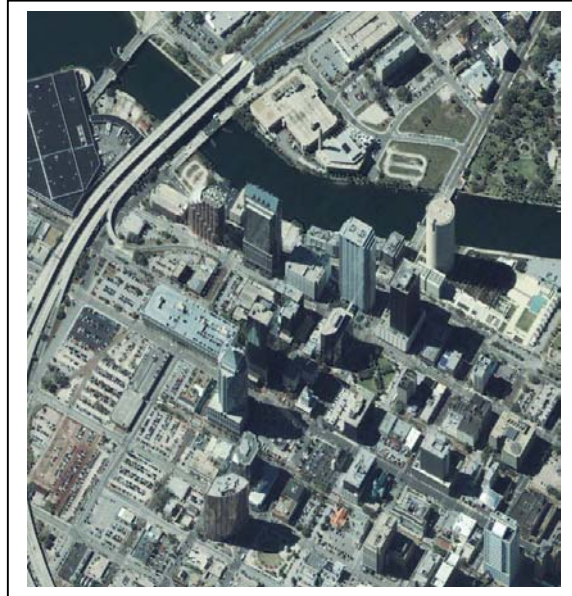
Quickbird menjawab kebutuhan itu. Resolusi 60 cm bila dipadukan dengan saluran multispektralnya akan menghasilkan pan-sharped image, yang mampu menonjolkan variasi obyek hingga marka jalan dan tembok penjara. Citra ini mudah sekali diinterpretasi secara visual.

Meski demikian, para pakar inderaja saat ini masih bergulat dengan pengembangan metode ekstraksi informasi otomatis berbasis citra resolusi tinggi seperti Quickbird. Resolusi spasial yang sangat tinggi pada Quickbird telah melahirkan masalah baru dalam inderaja digital, di mana respons spektral obyek tidak berhubungan langsung dengan karakter obyek secara utuh, melainkan bagian-bagiannya.

Bayangkan citra multispektral SPOT-5 beresolusi 10 meter, maka dengan relatif mudah jaringan jalan dapat kita klasifikasi secara otomatis ke dalam kategori-kategori 'jalan aspal', 'jalan beton', dan 'jalan tanah', karena jalan-jalan selebar sekitar 5 hingga 12 meter akan dikenali sebagai piksel-piksel dengan nilai tertentu. Namun, pada resolusi 60 cm, jalan selebar 15 meter akan terisi dengan pedagang kakilima, marka jalan, pengendara motor, dan bahkan koran yang tergeletak di tengah jalan. (Danoedoro, 2004)

Tabel 4. Karakteristik Quickbird

Sistem	Quickbird
Orbit	600 km, 98.2°, sun-synchronous, 10:00 AM crossing
Sensor	linear array CCD
Swath Width	20 km (CCD-array)
Off-track viewing	Tidak tersedia
Revisit Time	
Band-band Spektral (µm)	0.45 -0.52 (1), 0.52-0.60 (2), 0.63-0.69 (3), 0.76-0.90 (4), 1.55-1.75 (5), 10.4-12.50 (6), 2.08-2.34 (7), 0.50-0.90 (PAN)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	60 cm (PAN), 2.4 m (band 1-5, 7)
Arsip data	



Gambar 4. Citra Quickbird Resolusi di atas Tampa, Florida USA
© digitalglobe.com

TERRA

EOS (Earth Observing Service) adalah “centerpiece” (DAYA TARIK) dari misi Ilmu pengetahuan bumi NASA. Satelit EOS AM, yang akhir-akhir ini dinamakan Terra, adalah pemimpin armada dan diluncurkan pada Desember 1999.. Terra membawa lima instrumen *remote sensing* yang mencakup MODIS dan ASTER. ASTER, *Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflectance Radiometer*, adalah sebuah spektrometer citra beresolusi tinggi. Instrumen ASTER didesain dengan 3 band pada range spektral visible dan near-infrared (VNIR) dengan resolusi 15 m, 6 band pada spektral short-wave infrared (SWIR) dengan resolusi 30 m dan 5 band pada thermal infrared dengan resolusi 90 m. Band VNIR dan SWIR mempunyai lebar band spektral pada orde 10. ASTER terdiri dari 3 sistem teleskop terpisah, dimana masing-masing dapat dibidikkan pada target terpilih. Dengan penempatan (pointing) pada target yang sama dua kali, ASTER dapat mendapatkan citra stereo beresolusi tinggi. Cakupan scan/penyiaman (Swath width) dari citra adalah 60 km dan revisit time sekitar 5 hari.

MODIS, *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1-2 hari dengan whisk-broom scanning imaging radiometer. MODIS dengan lebar view/tampilan (lebih 2300 km) menyediakan citra radiasi matahari yang direfleksikan pada siang hari dan emisi termal

siang/malam diseluruh penjuru bumi. Resolusi spasial MODIS berkisar dari 250-1000 m (Janssen dan Hurneeman, 2001)

Tabel 5. Karakteristik TERRRA

Sistem	TERRA
Orbit	705 km, 98.2°, sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 16 hari (repeat cycle)
Sensor	ASTER
Swath Width	60 km
Off-track viewing	Tersedia ± 8.5° SWIR dan ± 24° VWIR
Revisit Time	5 hari
Band-band Spektral (µm)	VNIR 0, 056 (1), 0.66 (2), 0.81(3) SWIR 0.1.65(1), 2.17 (2), 2.21 (3), 2.26 (4), 2.33 (5), 2.40(6). TIR 8.3 (1), 8.65 (2), 9.10 (3), 10.6(4), 11.3(5)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	15 (VNIR), 30 m (SWIR), 90 m(TIR)
Arsip data	Terra.nasa.gov

TERRA MODIS

MODIS adalah salah satu instrument utama yang dibawa Earth Observing System (EOS) Terra satellite, yang merupakan bagian dari program antariksa Amerika Serikat, National Aeronautics and Space Administration (NASA). Program ini merupakan program jangka panjang untuk mengamati, meneliti dan menganalisa lahan, lautan, atmosfer bumi dan interaksi diantara faktor-faktor ini.

Satelit Terra berhasil diluncurkan pada Desember 1999 dan akan disempurnakan dengan satelit Aqua pada tahun 2002 ini.

MODIS mengorbit bumi secara polar (arah utara-selatan) pada ketinggian 705 km dan melewati garis khatulistiwa pada jam 10:30 waktu lokal. Lebar cakupan lahan pada permukaan bumi setiap putarannya sekitar 2330 km. Pantulan gelombang elektromagnetik yang diterima sensor MODIS sebanyak 36 bands (36 interval panjang gelombang), mulai dari 0,405 sampai 14,385 µm (1 µm = 1/1.000.000 meter). Data terkirim dari satelit dengan kecepatan 11 Mega bytes setiap detik dengan resolusi radiometrik 12 bits. Artinya obyek dapat dideteksi dan dibedakan sampai 212 (= 4.096) derajat keabuan (grey levels). Satu elemen citranya (pixels, picture element) berukuran 250 m (band 1-2), 500 m (band 3-7) dan 1.000 m (band 8-36). Di dalam dunia penginderaan jauh (remote sensing), ini dikenal dengan resolusi spasial. MODIS dapat mengamati tempat yang sama di permukaan bumi setiap hari, untuk kawasan di atas lintang

30, dan setiap 2 hari, untuk kawasan di bawah lintang 30, termasuk Indonesia.

Dengan karakteristik di atas MODIS memiliki beberapa kelebihan dibanding NOAA-AVHRR. Diantara kelebihannya adalah lebih banyaknya spektral panjang gelombang (resolusi radiometrik) dan lebih telitnya cakupan lahan (resolusi spasial) serta lebih kerapnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal). Mengambil belak belakang sistem satelit Landsat Thematic Mapper yang bekerja pada resolusi spasial 30 meter, mulai gencar dipromosikan untuk riset global. Landsat mengamati 7 spektral, mulai interval biru (0,45 – 0,52 μ m) sampai thermal infra-merah (10,4 – 12,5 μ m). Menurut hemat penulis MODIS masih akan memiliki kelebihan efektifitas ekonomi untuk riset-riset global dan kontinental sampai beberapa tahun mendatang. Sementara itu sistem SPOT-VEGETATION beroperasi dengan resolusi spasial 1 km, saat ini berkompetisi dengan MODIS dalam studi lingkungan global.

Produk MODIS dikategorikan menjadi tiga bagian: produk pengamatan vegetasi, radiasi permukaan bumi, dan tutupan lahan. Diantara capaian riset adalah pendeteksian kebakaran hutan, pendeteksian perubahan tutupan lahan dan pengukuran suhu permukaan bumi.

Suhu permukaan bumi dipadukan dengan data albedo (fraksi cahaya yang dipantulkan permukaan bumi) dimanfaatkan untuk pemodelan iklim. Dengan resolusi spasial yang semakin tinggi, dimungkinkan riset tentang prakiraan, dampak serta adaptasi regional yang diperlukan dalam menghadapi perubahan lingkungan.

Pemanfaatan resolusi maksimum pada 250, 500 dan 1.000 meter sangat cocok untuk melakukan studi regional. Jika dipadukan dengan data Landsat TM, studi ini akan menghasilkan data dasar untuk monitoring dan pemodelan perubahan tutupan dan penggunaan lahan (land cover and land use) serta data dasar untuk pengamatan unsur carbon, yang menjadi salah satu parameter penting dalam studi lingkungan global.

Kualitas produk di atas diukur dengan ketepatan pengamatan sensor dibandingkan dengan kondisi sebenarnya. Ini dikenal dengan istilah validasi data. Validasi data global masih merupakan agenda besar studi lingkungan global. Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), tempat penulis melakukan riset saat ini, mengusulkan dibangunnya global land cover ground truth database. *Ground truth* adalah sampel data lapangan yang dikumpulkan pada saat melakukan klasifikasi tutupan lahan dengan citra satelit secara

otomatis. Basis data ini diusulkan dikumpulkan dari seluruh studi tutupan lahan global yang ada di dunia. Dengan basis data ini proses validasi data global akan mudah dilakukan.

Salah satu aktifitas validasi data MODIS saat ini dilakukan dalam konteks Global Observation Forest Cover/Global Observation of Landcover Dynamics (GOFC/GOLD). Di Indonesia, forum ini erat kaitannya dengan Land Cover and Land Use Change Project (LCLUC)-project, Indonesian case studies.

Sebagaimana telah disinggung tutupan lahan dan interaksi manusia dengannya yang menyebabkan perubahan lahan dan keseluruhan ekosistem bumi, memainkan peran penting dalam iklim global dan biogeochemistry (mengaitkan bio-fisika dan sistem sirkulasi kimiawi permukaan bumi). Secara lebih detil, hal-hal yang diamati pada permukaan bumi antara lain variasi topografi (tinggi rendahnya permukaan bumi), albedo, tutupan vegetasi, dan karakteristik fisik saling pengaruh antara permukaan bumi-atmosfir, termasuk sirkulasi panas dan energi. Keseluruhan ini memiliki pengaruh besar terhadap cuaca dan iklim.

Sebelum dikembangkannya teknik penginderaan jauh, data tutupan lahan global diturunkan dari peta-peta dan atlas dunia. Akan tetapi pendekatan ini bersifat statis, padahal tutupan lahan permukaan bumi bukanlah sesuatu yang statis, akan tetapi bersifat dinamis. Oleh karenanya pemanfaatan data satelit dengan karakteristik multi-temporal, multi-spektral dan multi-resolusi memungkinkan semakin baiknya pemodelan kondisi tutupan lahan.

Sampai saat ini telah terkumpul data tutupan lahan melalui satelit NOAA-AVHRR pada resolusi sekitar 1 km. Pembuatannya dilakukan dengan menggunakan data satelit secara time-series, misalnya menggunakan data komposit index vegetasi AVHRR antara April 1992-March 1993.

International Geosphere-Biosphere Programme (IGBP) mengajukan 17 klasifikasi tutupan lahan permukaan bumi diantaranya sebagai berikut: evergreen broadleaf forests, deciduous broadleaf forest (yaitu untuk hutan berdaun lebar yang selalu hijau dan yang mengalami musim gugur), evergreen dan deciduous needleleaf forest, misalnya pohon cemara atau pinus, shrublands (pohon kayu kurang dari 2 meter), savannas (tetumbuhan atau semak belukar), grassland (padang rumput), croplands (tumbuhan pangan, yaitu mengalami masa tanam, panen, kemudian ada masa lahan menjadi kosong), urban and built-up lands

(gedung atau infrastruktur buatan manusia), snow and ice, serta water bodies (termasuk danau) (Mustafa, 2004).



[Gambar 5. Citra MODIS dari Asap Minyak di Irak Selatan \(Morning Overpass\) \(visibleearth.nasa.gov\)](http://visibleearth.nasa.gov)

The Indian Remote Sensing (IRS)

Sistem satelit The Indian Remote Sensing (IRS) dibangun pada tahun 1980 untuk menyediakan informasi manajemen sumberdaya alam yang berharga. Setelah sukses meluncurkan Satelit IRS 1A dan 1B, IRS 1C diluncurkan pada 1995 dan IRS 1D pada 1997 oleh Pemerintah India. Citra Pankromatik resolusi 5-meter yang dikumpulkan oleh IRS-1C dan 1D merupakan citra yang sesuai/ideal untuk perencanaan perkotaan, manajemen bencana, pemetaan dan berbagai aplikasi yang membutuhkan kombinasi unik pada citra resolusi tinggi, revisit frekuensi (resolusi temporal) yang tinggi dan cakupan area yang luas. Satelit ini memiliki kemampuan stereo imaging, kemampuan gain dan cross-track imaging yang dapat diatur (Space Imaging, 2004)

Sistem IRS telah muncul sebagai salah satu program yang paling bergengsi pada industri citra komersial. Fokus program IRS adalah untuk mengembangkan teknologi ruang angkasa dan aplikasinya dalam mendukung pembangunan nasional. Dengan penekanan pada peningkatan sumberdaya, IRS sangat penting untuk memonitor keberadaan sumberdaya untuk pemanfaatan yang optimal. Manajemen sumberdaya telah menjadi kebutuhan yang sangat

penting dengan pembangunan industri yang meningkat dan pertumbuhan populasi.

Untuk menjaga kepentingan-kepentingan di atas, Departemen Angkasa Luar Pemerintah India (the Government of India Department of Space/DOS) telah memulai program IRS pada 1998 dengan peluncuran IRS 1A diikuti oleh seri-seri satelit; 1B, 1C, 1D, P2, P3 dan yang terkini adalah RESOURCESTAT-1 (P6). Data dari satelit tersebut telah membantu pada bidang seperti Misi Terpadu untuk Pembangunan Berkelanjutan (Integrated Mission for Sustainable Development /IMSD), Estimasi Luas dan Produksi Tanaman Nasional (National Level Crop Acreage and Production Estimation /CAPE), inventarisasi lahan kritis, longsor, zoning and pemetaan hutan.

Sejak tahun 1994, Space Imaging telah bermitra dengan Antrix Corporation Limited, sebuah divisi pada the Indian Space Research Organization (ISRO), untuk memasarkan dan mendistribusikan secara eksklusif produk-produk satelit IRS dan stasiun bumi (ground stations) di luar India. Space Imaging dan Antrix telah melakukan persetujuan untuk meningkatkan kerjasama sampai 2010 dan bekerja mengkomersialkan produk-produk citra IRS dan ground stations baik di dalam maupun di luar India.

Space imaging telah mengembangkan secara ekstensif, jaringan pemerintah seluruh dunia dan ground stations regional komersial yang mempunyai kemampuan untuk akses, download, proses dan distribusi data IKONOS dan produk-produknya. Melalui kerjasama dengan Amtrix dan Pemerintah India, Space Imaging juga telah mendirikan lebih dari 14 IRS International ground stations di seluruh dunia dan saat ini menawarkan opsi untuk download RESOURCESTAT-1 melalui upgrade atau multi-source ground stations.

India berupaya keras dalam penginderaan jauh dan mempunyai banyak misi operasional dan misi pengembangan. Program Observasi bumi terpenting adalah Indian Remote Sensing (IRS) Programme. Diluncurkan pada 1995 dan 1997, dua satelit identik, IRS-1C dan IRS-1D membawa 3 sensor Wide Field Sensor (WiFS) didesain untuk pemetaan vegetasi regional, Linear Self-Scanning Sensor 3 (LISS-3) dimana menghasilkan data multispektral pada 4 band dengan resolusi spasial 24 m dan pankromatik.

Tabel 6. Karakteristik IRS-1D PAN

Sistem	IRS-1D
Orbit	817 km, 98.6°, sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 24 hari (repeat cycle)
Sensor	PAN (Panchromatic Sensor)
Swath Width	70 km
Off-track viewing	Tersedia $\pm 26^\circ$ across-track
Revisit Time	5 hari
Band-band Spektral (μm)	0.50-075
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	6 m
Arsip data	www.spaceimaging.com

Pada subseksi ini, telah tersedia karakteristik PAN sensor. Dalam beberapa tahun, sampai peluncuran IKONOS pada September 1999, IRS-1C dan 1D adalah satelit sipil dengan resolusi spasial tertinggi. Aplikasi IRS sama dengan aplikasi dalam SPOT dan Landsat (Janssen dan Hurneeman, 2001)



Gambar 6. Citra IRS PAN Resolusi 5.8m lokasi di atas Benghazi Airport, Libya.
© Antrix/Space Imaging

NOAA

NOAA singkatan dari National Oceanic and Atmospheric Administration, yang merupakan badan pemerintah Amerika Serikat. Sensor pada misi NOAA yang relevan untuk pengamatan bumi adalah *Advanced Very High Resolution Radiometer* (AVHRR). Saat ini, dua Satelit NOAA (14 dan 15) tengah beroperasi.

Tabel 7. Karakteristik AVHRR NOAA-15

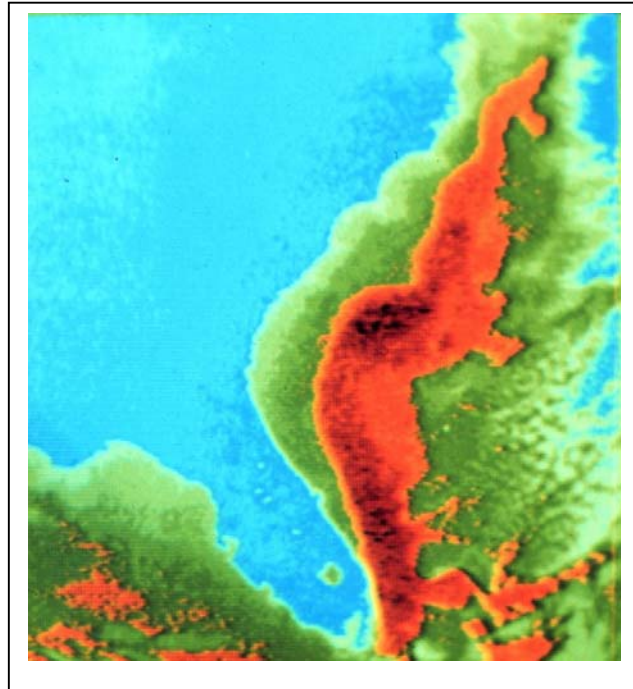
Sistem	NOAA-15
Orbit	850 km, 98.8°, sun-synchronous
Sensor	AVHRR-3 (Advanced Very High Resolution Radiometer)
Swath Width	2800 km (FOV=110°)
Off-track viewing	Tidak tersedia
Revisit Time	2-14 kali tiap hari, tergantung pada lintang
Band-band Spektral (µm)	0.58-0.68 (1), 0.73-1.10 (2), 3.55-3.93 (3), 10.3-11.3 (4), 11.4-12.4 (5)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	1 km (pada nadir) 6 km (pada limb), IFOV=1.4 mrad
Arsip data	www.saa.noaa.gov

Sensor AVHRR mempunyai FOV sangat lebar (110°) dan dan jarak yang jauh dari bumi, prinsip whiskbroom menyebabkan perbedaan yang besar pada ground sel terukur dalam satu kali penyiaran (scanline). Data citra standar produk-produk AVHRR menghasilkan data citra dengan ukuran yang sama ukuran di lapangan (ground pixels).

Data AVHRR terutama digunakan peramalan cuaca harian dimana memberikan data yang lebih detail daripada Meteosat. Selain itu, juga dapat diterapkan secara luas pada banyak lahan dan perairan.

Data AVHRR data digunakan untuk membuat Peta Suhu Permukaan Laut (Sea Surface Temperature maps/SST Maps), dimana dapat digunakan pada monitoring iklim, studi El Nino, deteksi arus laut untuk memandu kapal-kapal pada dasar laut dengan ikan berlimpah, dan lain-lain. Peta Tutupan Awan (Cloud Cover Maps) yang berasal dari data AVHRR, digunakan untuk edtimasi curah hujan, dimana dapat menjadi input dalam model pertumbuhan tanaman. Selain itu, hasil pengolahan lain dari data AVHRR adalah *Normalized Difference Vegetation Index Maps* (NDVI). Peta ini memberikan indikasi tentang kuantitas biomassa (tons/ha). Data NDVI, digunakan oleh FAO untuk Sistem Peringatan

Dini Keamanan Pangan (Food Security Early Warning System (FEWS). Data AVHRR sangat tepat untuk memetakan dan memonitor penggunaan lahan regional dan memperkirakan keseimbangan energi (energy balance) pada areal pertanian (Janssen dan Hurneeman, 2001).



Gambar 7. Citra NOAA (near infrared) pada Sebuah Teluk di Selatan USA (photolib.noaa.gov)

METEOSAT-5

Meteosat adalah sebuah satelit geostasioner yang digunakan dalam program meteorologi dunia. Program ini terdiri dari tujuh satelit. Satelit Meteosat pertama telah menempati orbit pada 1977. Satelit Meteosat dimiliki oleh the European Organisation Eumetsat. Saat ini, Meteosat-5 dioperasikan dengan Meteosat-6 sebagai back-up.

Tabel 8. Karakteristik Meteosat-5 VISSR

Sistem	Meteosat-5
Orbit	Geo-Stationary, Bujur (Longitude) 0°
Sensor	VISSR (Visible and Infrared Spin Scan Radiometer)
Swath Width	Full Earth Disc (FOV=18°)
Off-track viewing	Tidak Tersedia
Revisit Time	30 menit
Band-band Spektral (µm)	0.5-0.9 (VIS), 5.7-7.1 (WV), 10.5-12.5 (TIR)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	2.5 km (VIS dan WV), 5 km (TIR)
Arsip data pada	www.eumetsat.de

Band-band spektral pada sensor VISSR dipilih untuk mengamati fenomena yang relevan bagi ahli meteorologi: band pankromatik (VIS), band infrared menengah, dimana dapat memberikan informasi tentang uap air (WV) yang terdapat di atmosfer, dan band termal (TIR). Pada kondisi awan, data termal berkaitan dengan suhu puncak awan, dimana digunakan untuk memperkirakan dan meramalkan curah hujan. Pada kondisi tidak berawan, data termal berkaitan dengan suhu permukaan daratan dan lautan.

SPOT-4

SPOT singkatan dari Systeme Pour l'Observation de la Terre. SPOT-1 diluncurkan pada tahun 1986. SPOT dimiliki oleh konsorsium yang terdiri dari Pemerintah Prancis, Swedia dan Belgia. SPOT pertama kali beroperasi dengan pushbroom sensor CCD dengan kemampuan off-track viewing di ruang angkasa. Saat itu, resolusi spasial 10 m untuk pankromatik tidak dapat ditiru. Pada Maret 1998 sebuah kemajuan signifikan SPOT-4 diluncurkan: sensor HRVIR mempunyai 4 disamping 3 band dan instrument VEGETATION ditambahkan. VEGETATION didesain untuk hampir tiap hari dan akurat untuk monitoring bumi secara global.

Tabel 9. Karakteristik SPOT-4 HRVIR

Sistem	SPOT-4
Orbit	835 km, 98.7°, sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 26 hari (repeat cycle)
Sensor	Dua sensor HRVIR (High Resolution Visible and Infrared)
Swath Width	60 km (3000 pixels CCD-array)
Off-track viewing	Tersedia ± 27° across-track
Revisit Time	4-6 hari (tergantung pada lintang)
Band-band Spektral (µm)	0.50-0.59 (1), 0.61-0.68 (2), 0.79-0.89 (3), 1.58-1.75 (4), 0.61-0.68 (PAN)
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	10 m (PAN), 20 m (band 1 – 4)
Arsip data	sirius.spotimage.fr



Gambar 8 . Citra SPOT 20 m di Atacama Desert – Chile (spotimage.fr)

The Earth Observing-1 (EO-1)

Misi EO-1 (The Earth Observing-1) adalah bagian dari Program Milenium Baru NASA dan difokuskan pada sensor baru dan teknologi pesawat ruang angkasa yang dapat secara langsung mengurangi biaya Landsat dan yang berkaitan dengan Sistem Monitoring Bumi. Satelit EO-1 ditempatkan pada orbit yang meliputi permukaan yang sama dengan Landsat 7, sekitar 1 menit kemudian. Kemampuan EO-1 memperoleh citra dari area permukaan pada waktu yang sama membelakangi, sehingga perbandingan langsung dari hasil dapat diperoleh dari Landsat ETM+ dan 3 instrumen utama dari EO-1. Tiga instrumen utama pada pesawat ruang angkasa EO-1 adalah Hyperion dan Linear Etalon Imaging Spectrometer Array (LEISA), Atmospheric Corrector (LAC) dan Advanced Land Imager (ALI)

Hyperion adalah sebuah spectrometer citra yang meliputi 30 m contoh permukaan pada jarak diatas 75 km swath, menyediakan 10 nm (sampling interval) band bersebelahan pada sektrum solar reflected dari 400-2500 nm. LAC adalah spekrometer citra yang meliputi kisaran spektral dari 900-1600 nm dimana sesuai untuk memonitor garis penyerapan air di atmosfer (atmospheric water absorpsion lines) untuk koreksi pengaruh atmosfer pada citra multispektral seperti ETM+ pada Landsat.

EO-1 (*The Earth Observing-1*) *Advanced Land Imager* (ALI) adalah teknologi verifikasi instrument. Pengoperain dengan menyapu permukaan bumi pada orbit 705 km, ALI dapat menyediakan Landsat tipe pankromatik dan band multispektral. Band-band tersebut telah didesain untuk meniru enam band Landsat dengan 3 tambahan band yang meng-cover 0.433-0.453, 0.845-0.890 dan 1.20-1.30 μm . ALI juga berisi optik dengan sudut lebar didesain untuk menyediakan teris-menerus $15^\circ \times 1.625^\circ$ lahan yang terlihat untuk fully populated focal plane dengan resolusi 30 m untuk piksel multispektral dan resolusi 10 m untuk piksel pankromatik .

Tabel 10. Karakteristik EO-1

Sistem	EO-1
Orbit	705 km, 98.7° , sun-synchronous, 10:30 AM crossing, rotasi 16 hari (repeat cycle)
Sensor	ALI (advanced Land Imager)
Swath Width	37 km
Off-track viewing	Tidak Tersedia
Revisit Time	16 hari
Band-band Spektral (μm)	Seperti Landsat 0.433-0.453, 0.845-0.890 dan 1.20-1.30 μm
Ukuran Piksel Lapangan (Resolusi spasial)	10 m (PAN), 30 m (band lain)
Arsip data	eo-1.gsfc.nasa.gov

KESIMPULAN

Beberapa citra satelit yang telah disajikan, masing-masing citra mempunyai keunggulan dan kelemahan. Kelebihan pada satu citra akan menentukan pilihan bagi pengguna sesuai kebutuhan dan sumberdaya yang dimilikinya. Sebagian besar citra satelit masih dimiliki oleh negara-negara maju seperti Eropa dan Amerika Serikat. Hanya India yang telah melakukan terobosan besar dengan meluncurkan dan memproduksi citra IRS.

Pemahaman berbagai karakteristik citra satelit dapat bermanfaat kalangan yang mendalami penginderaan jauh khususnya untuk keperluan pengelolaan sumberdaya alam. Diharapkan untuk waktu mendatang negara berkembang dan bahkan Indonesia bisa mengeksplorasi sumberdaya alamnya melalui satelit yang diluncurkannya sendiri.

DAFTAR PUSTAKA

- Danoedoro, Projo. 2004. *Satelit Mata-mata untuk Lingkungan*. Kompas online : <http://www.kompas.com/kompas-cetak/0305/13/inspirasi/307922.htm> [20-11-2004]
- Jaya. I.N.S. 2002. Penginderaan Jauh Satelit untuk Kehutanan. Laboratorium Inventarisasi Hutan, Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB
- Janssen, L.F.L and Huurneman C.G. 2001. Principles of Remote Sensing. ITC Educational Texbooks Series. ITC, Enshede, Netherlands.
- Lillesand dan Kiefer, 1997. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra. Dulbahri (Penerjemah). Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mustafa, A.J. 2004. **MODIS**, *Mengamati Lingkungan Global dari Angkasa*, Kompas online : <http://www.beritaipetek.com/messages/artikel/719062004em.shtml> [20-11-2004]
- Ratnasari, E. 2000. Pemantauan Kebakaran Hutan dengan Menggunakan Data Citra NOAA-AVHRR dan Citra Landsat-TM. Skripsi Mahasiswa Jurusan Manajemen Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Tidak Dipublikasikan.
- NOAA. 2004. <http://www.photolib.noaa.gov/space/spac0087.htm> [22 Oktober 2004]
- Infoterra-global.com. 2004. <http://www.infoterra-global.com/images/l7londonpan.htm> [22 Oktober 2004]
- Spotimage.fr. 2004. http://www.spotimage.fr/html/_167_238_.php?group=0110 [22 Oktober 2004]
- Visibleearth.nasa.gov.2004.<http://visibleearth.nasa.gov/Sensors/Terra/MODIS.html> [22 Oktober 2004]
- Infoterra-global.com. 2004.http://www.infoterraglobal.com/images/qb_tampa.htm [22 Oktober 2004]
- Space Imaging. 2004. <http://www.spaceimaging.com/products/ikonos/index.htm> [22 Oktober 2004]
- Infoterra-global.com. 2004.http://www.infoterraglobal.com/images/irspan_bengh.htm [22 Oktober 2004]