

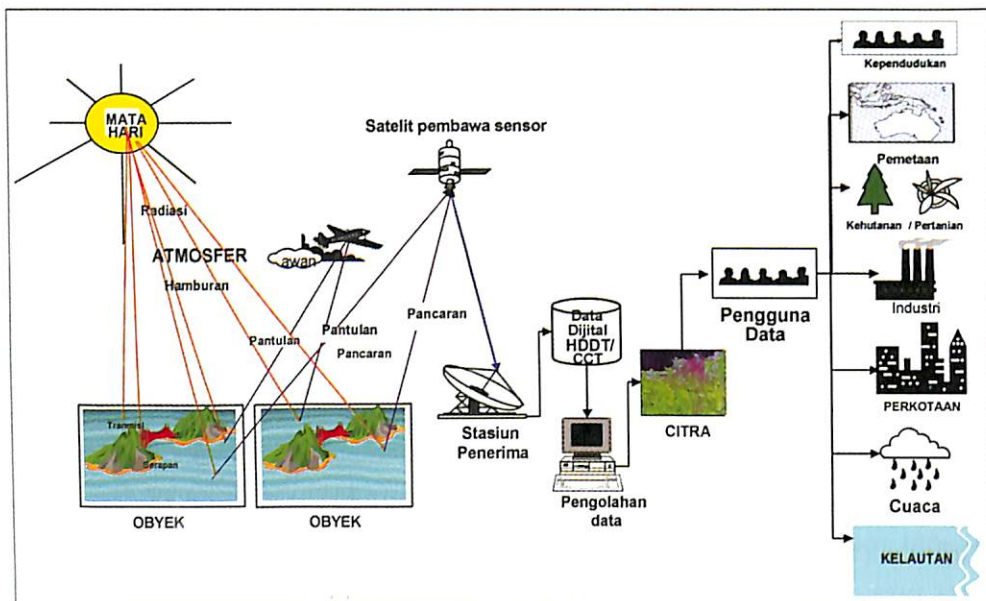
TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH DAN CITRA SATELIT

2.1. TEKNOLOGI PENGINDERAAN JAUH

Teknologi penginderaan jauh satelit merupakan penginderaan jauh non-fotografik, yang merupakan pengembangan dari penginderaan jauh fotografik atau fotogrametri. Sebelum tahun 1960 penginderaan jauh fotografik yang dikenal dengan istilah foto udara (FU), dan digunakan istilah penginderaan jauh karena sudah merambah ke penginderaan jauh di luar sistem fotografik (Sutanto, 1987). Berdasarkan hal tersebut di dalam buku ini tidak hanya dibahas mengenai teknologi penginderaan jauh satelit (non fotografik), namun juga dibahas penginderaan jauh fotografik atau foto udara (FU).

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen, meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan obyek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Sistem penginderaan jauh dan penggunaannya (aplikasinya) oleh Purwadhi, 2001 seperti Gambar 2.1. Sistem penginderaan jauh dimulai dari perekaman obyek permukaan bumi. Tenaga dalam penginderaan jauh merupakan tenaga penghubung yang membawa data tentang obyek ke sensor dapat berupa bunyi, daya magnetik, gaya berat, dan tenaga elektromagnetik, namun tenaga yang digunakan dalam penginderaan jauh untuk mengindera bumi adalah tenaga elektromagnetik. Tenaga elektromagnetik bagi sistem pasif berasal dari matahari, perjalanan tenaga radiasi matahari melalui atmosfer, dan berinteraksi dengan benda di permukaan bumi. Tenaga radiasi matahari tidak semua sampai di permukaan bumi karena sebagian diserap, dihamburkan di atmosfer. Tenaga yang sampai ke permukaan bumi sebagian dipantulan dan atau dipancarkan oleh permukaan bumi, dan direkam oleh sensor penginderaan

jauh. Sensor untuk melakukan perekaman data memerlukan tenaga sebagai mediana. Sensor tersebut dapat dipasang dalam wahana pesawat terbang maupun satelit. Sensor satelit merekam permukaan bumi, dikirimkan ke stasiun penerima data di bumi. Stasiun bumi menerima data permukaan bumi dari satelit dan direkam dalam pita magnetik dalam bentuk digital. Rekaman data diproses di laboratorium pengolahan data hingga berbentuk citra penginderaan jauh, dan didistribusikan ke berbagai pengguna.



Gambar 2.1. Sistem Penginderaan Jauh dan Aplikasinya
(Purwadhi, 2001 dengan perubahan)

Citra penginderaan jauh merupakan gambaran yang mirip dengan ujud aslinya atau paling tidak berupa gambaran planimetriknya, bersifat multiguna atau multi-disiplin, artinya dapat digunakan dalam berbagai bidang pengguna seperti kependudukan, pemetaan, pertanian, kehutanan, industri, perkotaan, kelautan, pemantauan lingkungan dan cuaca, serta penggunaan lain yang berhubungan dengan kondisi fisik permukaan bumi. Berbagai satelit pengindera bumi baik menggunakan sistem pasif maupun sistem aktif (radar di mana tenaga dibangkitkan oleh sensornya), yang merekam bumi sesuai misinya, yaitu khusus mengindera dan mengamati permukaan bumi. Aplikasi data penginderaan jauh sesuai dengan sifatnya yang multiguna, maka penggunaannya disesuaikan dengan kepentingan dan kebutuhan dari penggunaanya.

Hasil perekaman atau pemotretan sensor penginderaan jauh disebut

data penginderaan jauh yang dapat berujud foto udara, citra satelit, citra radar, dan dapat berupa data analog dan numerik lainnya. Problem yang banyak dikeluhkan oleh para pengguna data penginderaan jauh adalah bagaimana cara memanfaatkan data atau citra penginderaan jauh tersebut. Pemanfaat data dan atau citra penginderaan jauh sesuai dengan karakteristik setiap jenis data atau citra yang digunakan. Jenis-jenis citra penginderaan jauh yang dibicarakan dalam Sutanto (1986) mengungkapkan bahwa penggunaan citra penginderaan jauh satelit semakin disukai oleh para pengguna terutama pengelola wilayah, karena citra penginderaan jauh satelit mempunyai beberapa kelebihan, yaitu

1. Citra menggambarkan obyek, daerah, dan gejala permukaan bumi dengan ujud dan letak obyek mirip dengan ujud dan letak obyek di bumi, relatif lengkap, meliputi daerah yang luas, dan permanen
2. Jenis citra tertentu dapat diwujudkan dalam tiga dimensi, sehingga memperjelas kondisi relief, dan memungkinkan pengukuran tinggi.
3. Karakteristik obyek yang tidak tampak mata dapat diwujudkan dalam bentuk citra, seperti perbedaan suhu, kebocoran pipa gas bawah tanah, kebakaran tambang di bawah tanah, mudah dikenali dengan menggunakan citra inframerah termal.
4. Citra dapat dibuat cepat meskipun daerahnya secara teritorial sulit dijelajahi
5. Citra dapat dibuat dengan periode pendek, misalnya NOAA setiap hari, Landsat setiap 16 hari, SPOT setiap 24 hari. Citra merupakan alat yang baik untuk memantau perubahan wilayah yang relatif cepat, seperti pembukaan daerah hutan, pemekaran kota, perluasan lahan garapan, perubahan kualitas lingkungan.

2.1.1. Penginderaan Jauh Fotografik

Penginderaan jauh fotografik atau fotogrametrik yaitu sistem penginderaan jauh yang perekaman obyek menggunakan kamera sebagai sensornya, menggunakan film sebagai detektornya, dan menggunakan tenaga elektromagnetik yang berupa spektrum tampak dan perluasannya (saluran inframerah dekat dan saluran ultra violet dekat). Perekaman obyek atau pemotretannya dapat dilakukan dari udara maupun dari antariksa. Hasil rekamannya setelah diproses menjadi foto udara atau foto satelit. Citra satelit Return Beam Vidicon (RBV) dari Landsat 1 rekamannya tidak disebut foto, karena

detektornya bukan berupa film, melainkan lapisan peka sinar yang berupa layar yang dilapisi dengan fosfor, walaupun pada percetaan akhir menggunakan film, tetapi film bukan sebagai detektor (Sutanto, 1987).

Teknik penginderaan jauh telah diungkapkan di atas bahwa mengindera atau memotret permukaan bumi dengan menggunakan alat yang disebut sensor. Sensor dipasang di sebuah wahana (*platform*) yang berada di angkasa, seperti balon udara, pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya. Skema teknik pemotretan udara dengan sensor yang dipasang di pesawat terbang seperti Gambar 2.2.

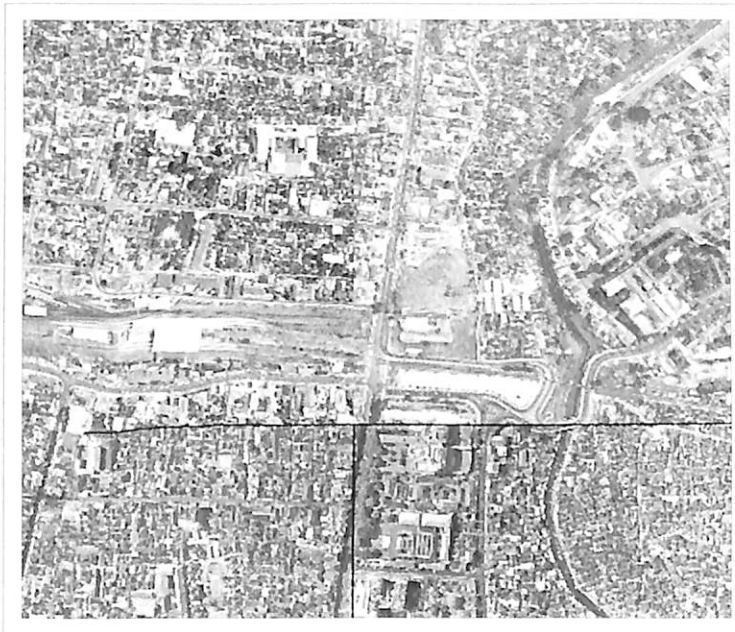


Gambar 2.2. Teknik Pemotretan Udara

Sensor yang digunakan bisa berupa kamera, scanner, magnetometer, dan radiometer. Foto udara diperoleh dengan menggunakan sensor berjud kamera yang dipasang pada pesawat terbang. Kemajuan teknologi di bidang sensor telah membuat kamera mampu untuk menangkap pantulan dan pancaran sinar ultra violet, infra merah, dan infra merah thermal. Oleh karena itu jenis foto udara dapat dibedakan sesuai dengan kepekaan filmnya terhadap tenaga elektromagnetik yang digunakan, warna, dan skalanya, yaitu foto ultraviolet (kepekaan film pada panjang gelombang ultraviolet dekat $0,3 \mu\text{m} - 0,4 \mu\text{m}$), foto orthokromatik (kepekaan film pada satu emulsi panjang gelombang

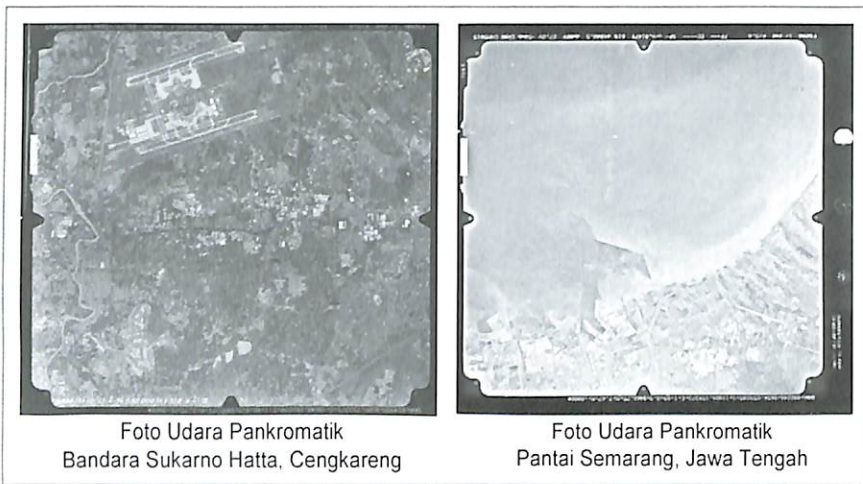
biru $0,4 \mu\text{m} - 0,56 \mu\text{m}$), foto pankromatik hitam putih (kepekaan film pada satu emulsi panjang gelombang $0,36 \mu\text{m} - 0,72 \mu\text{m}$), foto pankromatik berwarna (kepekaan film pada tiga lapis emulsi warna biru, hijau, dan merah), foto inframerah hitam putih (kepekaan film pada satu emulsi panjang gelombang $0,68 \mu\text{m}$), foto inframerah berwarna (kepekaan film pada tiga lapis emulsi warna substratif mulai dari saluran hijau, merah hingga panjang gelombang $0,9 \mu\text{m}$), dan foto multispektral merupakan hasil fotografik dengan kamera multi lensa atau kamera tunggal berlensa jamak, yang setiap lensa peka terhadap panjang gelombang tertentu, misalnya biru, hijau, merah, dan inframerah dekat.

Foto udara dibuat dalam berbagai skala antara lain skala 1: 3.000, skala 1: 5.000, skala 1: 10.000, skala 1 : 25.000, skala 1: 50.000, dan skala 1: 100.000. Perbedaan skala foto udara dipengaruhi oleh tinggi terbang pesawat, dan panjang fokus kamera yang digunakan. Semakin tinggi terbang pesawat akan dihasilkan foto berskala kecil, dan semakin panjang fokus kamera yang digunakan akan menghasilkan foto yang berskala besar. Pemotretan udara di daerah perkotaan biasanya menggunakan Foto udara skala detil (sekitar 1 : 5.000), namun untuk daerah perdesaan skalanya lebih kecil lagi (sekitar 1 : 25.000) bahkan Foto udara untuk daerah luar Jawa umumnya berskala 1: 50.000, karena pesawat harus terbang lebih tinggi hingga di atas awan.

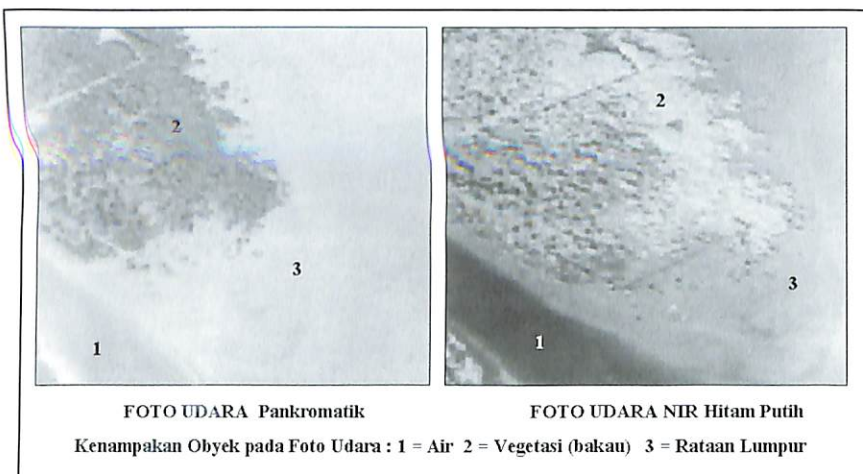


Gambar 2.3. Foto Udara Hitam Putih Kota Yogyakarta
(Koleksi Laboratorium Geografi UNNES)

Beberapa contoh jenis foto udara Gambar 2.3. Foto udara hitam putih kota Yogyakarta. Perhatikan jalur jalan dan obyek rumah yang kecil membentuk pola tidak teratur. Gambar 2.4. Dua foto udara pankromatik di daerah pantai terbangun Bandara Sukarno Hatta (Cengkareng), pantai dan laut pelabuhan Semarang (Jawa Tengah). Perhatikan kenampakan obyek pada foto udara pankromatik tersebut. Mengapa sama-sama daerah pantai (Cengkareng dan Semarang), namun menunjukkan rona yang berbeda? Gambar 2.5. Perbedaan kenampakan obyek pada foto udara pankromatik dan foto udara inframerah pantulan/ inframerah dekat (NIR) hitam putih di Muara Sungai Cibeel, Bekasi, Jawa Barat.

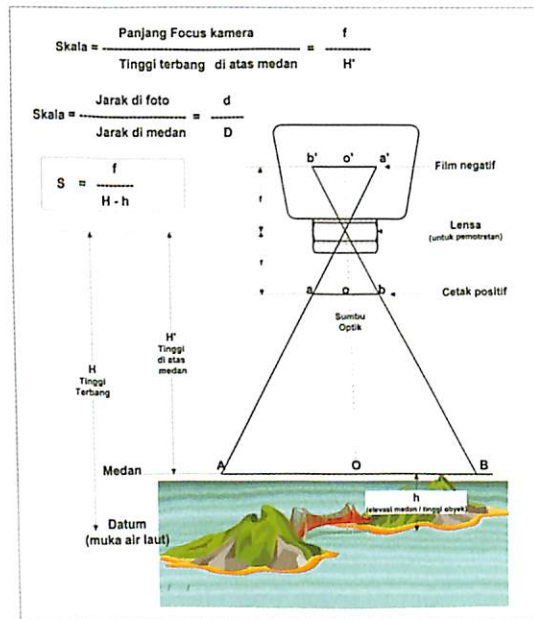


Gambar 2.4. Foto Udara Pankromatik (Koleksi Laboratorium Geografi UNNES)



Gambar 2.5. Foto udara pankromatik dan Inframerah hitam putih di Muara Cibeel, Bekasi, Jawa Barat (Dok. LAPAN)

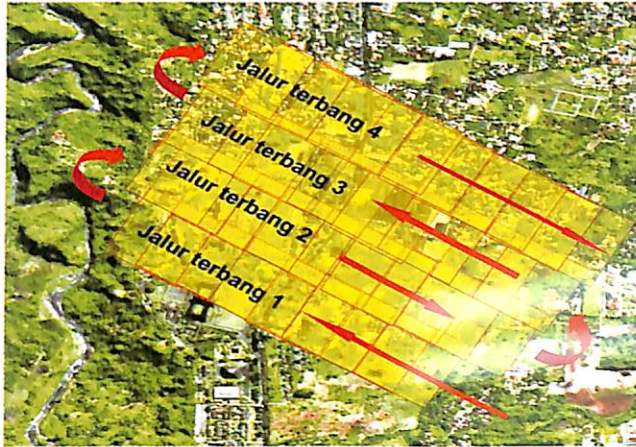
peta). Hal ini disebabkan foto udara menggunakan proyeksi sentral sebagai akibat adanya fokus kamera, sedangkan peta menggunakan proyeksi orthogonal (arah sinar sejajar). Oleh karena itu pada foto udara sebetulnya terjadi kesalahan skala yang *bersifat radial*, artinya semakin jauh dari titik pusat foto udara semakin besar kesalahan skalanya. Disamping itu bila permukaan bumi yang di potret tidak rata maka antara tempat satu dengan tempat yang lain (bila ketinggiannya berbeda) akan berbeda pula skalanya.



Gambar 2.7. Skala pada sistem foto udara (Purwadhi, 1990)

3. Jalur Terbang dan Nomor Foto Udara

Sebelum dilakukan pemotretan udara, terlebih dahulu ditentukan jalur-jalur terbang yang akan dilewati oleh pesawat sedemikian rupa sehingga seluruh daerah dapat terpotret dengan sistematis. Setiap jalur akan dilakukan pemotretan seri yang berurutan dimana potret yang satu dengan sebelahnya selalu dibuat tumpang. Demikian juga setiap jalur satu dengan sampingnya juga bertumpang. Penumpang ini dimaksudkan agar tidak ada daerah yang tidak terpotret (*gap*), dan untuk memperoleh gambaran tiga dimensional. Nomor foto dibuat mulai dari nomor 1 hingga n pada jalur satu, dan akan dimulai lagi dari nomor 1 hingga n pada jalur yang lain, untuk lebih jelasnya dapat dilihat Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Jalur Terbang Pemotretan Udara (Purwadhi, 2008)

4. Tampilan (Overlap) Foto Udara

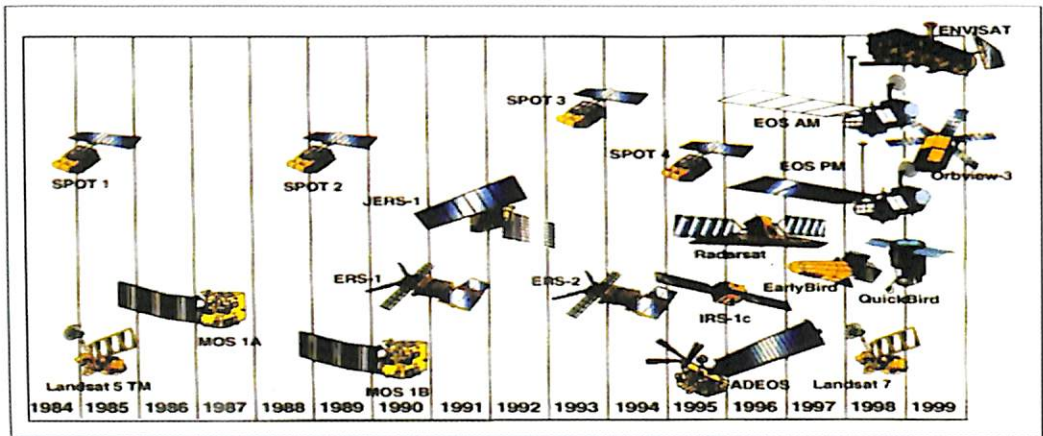
Tampilan (overlap) foto udara digunakan untuk membuat kenampakan tiga dimensi (3D) dan untuk pengukuran ketinggian (relatif) dan kemiringan lereng. Besarnya tampilan (*overlap*) tidak tercantup pada anotasi pada foto udara, namun sebenarnya interpreter perlu mengetahui besarnya tampilan agar tahu berapa luas wilayah yang dapat terlihat 3D. Besarnya overlap foto udara dapat dihitung berdasarkan informasi yang tercantup pada tepi foto udara. Ketinggian dan kelerengan dihitung dengan menggunakan Paralaks. Seorang Geograf harus dapat menentukan karakteristik data yang akan digunakan, misalnya penentuan skala foto udara, tampilan (*overlap*) foto udara, luas daerah yang akan dipotret. Di dalam persiapan kegiatan pemotretan (foto udara), biasanya seorang geograf diberi tugas untuk menentukan atau menghitung interval waktu pemotretan, menentukan jumlah jalur terbang sesuai luas wilayah pemotretan, skala foto udara yang diperlukan, sehingga sasaran pemotretan sesuai kebutuhan. Penentuan interval waktu pemotretan dengan Rumus berikut.

$$I = (1-O) \times B/F \times H/V$$

- di mana
- I = Interval waktu pemotretan
 - O = Overlap foto yang diinginkan
 - B = Lebar film yang digunakan
 - F = Fokus kamera yang digunakan
 - H = Tinggi terbang wahana
 - V = Kecepatan wahana saat melakukan pemotretan

2.1.2. Teknologi Penginderaan Jauh Satelit

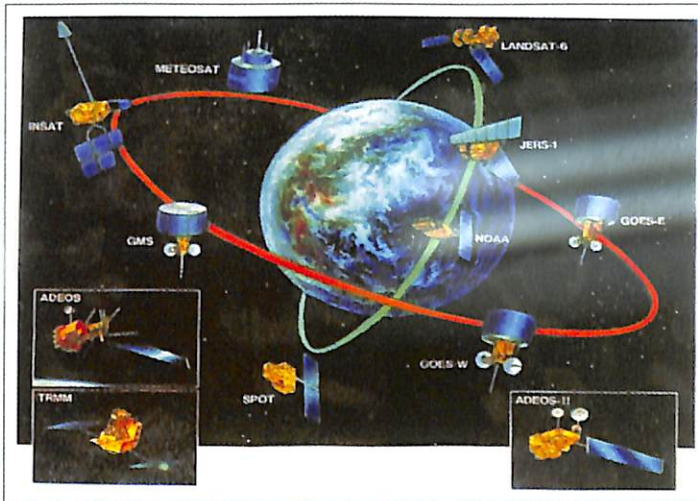
Berbagai macam sensor penginderaan bumi dipasang di berbagai satelit, dengan menggunakan berbagai panjang gelombang elektromagnetik sebagai media perekaman data penginderaan jauh, sehingga menghasilkan beraneka macam citra penginderaan jauh satelit (Gambar 2.9). Saat ini banyak sekali satelit penginderaan jauh mengorbit dengan berbagai kegunaan. Setiap citra satelit mempunyai manfaat dan karakteristik masing-masing, sehingga pilihan penggunaannya untuk tujuan tertentu semakin mudah.



Gambar 2.9. Beberapa jenis satelit penginderaan jauh dan tahun peluncurannya

Ada dua jenis orbit yang biasa digunakan oleh satelit penginderaan jauh yaitu orbit Polar dan orbit Geostationer (Gambar 2.10). Satelit dengan orbit Polar, di mana satelit mengorbit pada bidang hampir utara selatan pada ketinggian antara 600 – 1000 km dan karena perputaran bumi maka hampir seluruh permukaan bumi dapat tercakup oleh pengamatan satelit tersebut. Perlintasan satelit inderaja orbit Polar dengan garis equator (*equator crossing*) terjadi pada waktu matahari yang sama, contoh perlintasan equator satelit Landsat 4 dan 5 terjadi pada pukul 09:45 pagi waktu matahari, karena itu biasa disebut juga *Sun Synchronous Orbit*. Periode satelit mengindera satu tempat yang sama di bumi tergantung dari ketinggian orbitnya. Contoh satelit inderaja dengan orbit Polar adalah Landsat (*Land satellite*) dan SPOT (*Satellite Pour l’Observation de la Terre*). Sedangkan pada orbit Geostationer kedudukan relatif satelit terhadap bumi adalah tetap di mana hal itu terjadi bila satelit mengorbit sebidang dengan

bidang equator pada ketinggian sekitar 36 000 km. Orbit ini biasa digunakan oleh satelit-satelit meteorologi dan lingkungan seperti MTSAT.



Gambar 2.10. Jenis Orbit Satelit (orbit Polar dan orbit Geostationer)

Jenis orbit menentukan periode satelit tersebut berada di atas suatu tempat yang sama di bumi. Satelit dengan orbit Polar akan kembali secara berkala ke suatu tempat di bumi tergantung dari ketinggiannya, misalnya satelit Landsat mempunyai periode ulang 16 hari, sedangkan SPOT mempunyai periode (standar) 26 hari. Satelit dengan orbit Geostationer posisinya relatif tetap terhadap suatu tempat di bumi sehingga secara teoretis setiap saat satelit selalu berada di atas suatu tempat tertentu di bumi.

Dalam pengamatannya sensor di satelit penginderaan jauh membutuhkan energi untuk dapat mengenali obyek di permukaan bumi. Umumnya ada dua jenis energi yang digunakan dalam perekaman obyek di permukaan bumi, yaitu yang pertama adalah matahari. Sinar matahari akan dipantulkan oleh obyek atau akan diserap oleh obyek kemudian diemisikan ke sensor, dalam hal ini sensor satelit bersifat pasif menerima energi yang dipantulkan atau diemisikan oleh permukaan bumi. Walaupun sistem ini hemat energi, namun tidak dapat beroperasi secara penuh pada malam hari kecuali menerima energi yang diemisikan, dan sangat terganggu oleh awan. Sensor yang beroperasi dengan energi matahari biasa bekerja pada panjang gelombang cahaya optik, dari panjang gelombang cahaya tampak (*visible*) sampai infra merah thermal dan biasa disebut sistem optik, seperti sensor ETM (*Enhanced Thematic Mapper*) Landsat.

Sumber energi lain adalah bila energi dipancarkan sendiri oleh satelitnya kemudian hamburan balik permukaan bumi atas energi tersebut yang diterima oleh sensor. Teknik ini biasa disebut teknik radar dan menguntungkan bila dilihat dari kebebasannya beroperasi baik pada malam maupun siang hari dan tidak terpengaruh oleh tutupan awan. Namun sistem ini mempunyai keterbatasan yaitu membutuhkan energi besar untuk beroperasi sehingga operasinya pada tiap orbit tidak kontinyu. Sensor seperti ini biasa disebut sensor aktif dan contoh adalah pada Radarsat (milik Canada), ERS (milik ESA), JERS dan PALSAR (milik Jepang).

Setiap satelit penginderaan jauh yang diluncurkan akan menghasilkan data permukaan bumi, yang pada akhirnya dimaksud untuk dapat dimanfaatkan bagi sebesar-besar kepentingan umat manusia. Karakteristik setiap data penginderaan jauh khususnya data penginderaan jauh satelit perlu diketahui, agar pemanfaatan data dapat dilakukan dengan efisien dan efektif. Karakteristik data data penginderaan jauh satelit meliputi:

1. Karakteristik atau resolusi spasial yaitu ukuran obyek terkecil yang masih dapat terdeteksi atau jarak minimum dua obyek agar kedua obyek tersebut dapat terdeteksi terpisah oleh sensor. Contoh resolusi spasial adalah data Landsat ETM mempunyai resolusi spasial 30 m pada sensor multispektralnya dan 15 m pada sensor pankromatiknya, Data satelit meteorologi dan lingkungan NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) mempunyai resolusi spasial sekitar 1 km pada arah nadir, sedang data Ikonos adalah 4 m pada kanal multi spektral dan 1 m pada kanal pankromatik.
2. Lebar sapuan (*Swath Width*) yaitu lebar permukaan bumi yang diindera secara sekaligus pada satu saat penginderaan. Ukuran ini biasanya memberikan ukuran scene standar data satelit yang bersangkutan. Contoh lebar sapuan data Landsat adalah 185 km sehingga scene standarnya adalah 185 x 185 km. Lebar sapuan data SPOT adalah 60 km, sedangkan lebar sapuan data NOAA adalah 2300 km.
3. Karakteristik atau resolusi spektral yaitu jumlah kanal spektral dan makin sempitnya tiap-tiap kanal spektral tersebut. Contoh data Landsat ETM mempunyai tujuh kanal spektral dan satu kanal pankromatik, data SPOT 4 dan 5 mempunyai empat kanal (*band*) spektral dan satu pankromatik.
4. Resolusi temporal yaitu periode waktu (standar) satelit kembali berada

diatas tempat yang sama di bumi. Contoh resolusi temporal data Landsat 7 adalah 16 hari, data SPOT periode ulang 26 hari (standar), data NOAA empat kali dalam sehari semalam.

5. Resolusi Radiometrik dari datanya, pada umumnya adalah 8 bit, atau berjenjang dari tingkat 0 sampai tingkat 255. Namun data kanal thermal satelit NOAA adalah 10 bit y.i. dari 0 sampai 1024 dan data radar biasanya 16 bit.

Berdasarkan karakteristik data penginderaan jauh satelit di atas dalam memilih data mana yang akan digunakan adalah tergantung dari rencana pemanfaatannya yang diharapkan akan efisien dan efektif. Misalnya untuk pemanfaatan pemantauan (perubahan) hutan maka resolusi spasial dan lebar sapuan data Landsat atau SPOT kiranya memadai sedangkan kecepatan perubahan hutan kiranya dapat diikuti oleh resolusi temporal kedua data diatas yaitu 16 hari untuk Landsat maupun 26 hari untuk SPOT, misalnya untuk pemantauan perubahan hutan, daerah pertanian dan perkebunan. Kebutuhan deteksi perkotaan kelihatannya resolusi spasial tinggi yang diperlukan seperti data IKONOS atau Quickbird, edangkan untuk mengamati pergerakan awan, kebakaran lahan atau suhu permukaan laut maka resolusi temporal seperti yang dimiliki oleh data satelit Meteorologi dan Lingkungan NOAA atau Modis (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), adalah yang paling memadai. Pemanfaatan data secara multi level yaitu pengamatan dengan menggunakan data yang berbeda sensornya dan resolusi datanya, misalnya untuk mengamati hutan digunakan data Landsat atau SPOT untuk keseluruhan daerah yang menjadi perhatian, namun untuk daerah tertentu (fokus perhatian) dapat digunakan data dengan resolusi spasial lebih tinggi seperti Ikonos untuk melihat obyek secara lebih teliti.

2.2. CITRA SATELIT PENGINDERAAN JAUH

Khusus di dalam buku ini hanya akan dibicarakan beberapa data/ citra penginderaan jauh satelit resolusi menengah dan resolusi tinggi, yaitu NOAA, MODIS, Landsat, SPOT, IKONOS, Quickbird, ALOS

2.2.1. Data NOAA

Satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) mempunyai resolusi spasial sekitar 1 km pada arah nadir. NOAA digunakan untuk analisis meteorologi dan lingkungan. Penggunaan citra satelit untuk pantauan lingkungan dan cuaca, khususnya citra NOAA telah banyak berkembang, yaitu NOAA-1 hingga NOAA-5 dari satelit meteorologi berkembang menjadi satelit cuaca dan lingkungan pada NOAA-A hingga NOAA-N. Satelit NOAA mulai generasi 6 diberi nama dengan huruf romawi, di mana NOAA-A adalah generasi yang ke 6 (NOAA-A = NOAA-6; NOAA-B = NOAA-7 dan seterusnya). Satelit NOAA merupakan satelit meteorologi generasi keempat, yaitu setelah *Vanguard* (Satelit meteorologi generasi pertama), *Explorer* (Satelit meteorologi generasi kedua), dan generasi ketiga adalah TIROS (*Television Infrared Observation Satellite*). Satelit NOAA milik Amerika Serikat dikembangkan menjadi satelit untuk program kemanusiaan, maka sejak NOAA-7 seri satelitnya dikembangkan dalam rangka kerjasama antara pihak Amerika Serikat (NOAA-NASA), Inggris (*Met Office*), Perancis (*CNES = Centre National d'Etude Spatiales* dan *CEMES = Centre d'Etudes de la Meteorologi Spatiale*). Pengelola NOAA's *National Environment Satellite*, untuk data and Information Service. Desain dan konstruksi NOAA, NASA, Lockheed Martin Space System Company. Satelit NOAA 16-AVHRR3 diluncurkan tanggal 21 September 2000. Karakteristik Data NOAA16- AVHRR3 pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Karakteristik Data NOAA16-AVHRR3

KRITERIA	Karakteristik		
Ketinggian orbit / Sudut inklinasi orbit	870 km / 98,7 derajat		
Lebar Cakupan	2300 km		
Resolusi temporal	4 kali sehari		
Sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/3)	Band 1 0,58 – 0,68 μm		
Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A)	Band 2 0,725 – 1,0 μm		
Advanced Microwave Sounding Unit-B (AMSU-B)	Band 3A	Resolusi Spasial 1,1 km	
	Band 3B		
	Band 4		
	Band 5		
	Resolusi Spasial		48 km
	Resolusi Spasial		16 km

Search and Rescue (SAR) Repeater and Processor Data Collection System (DCS/2) dengan sensor Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer (SBUV/2) dan High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS/3)	Resolusi 20,3 km dan 18,9 km), pada lapisan atmosfer
Space Environment Monitor (SEM/2) mempunyai tiga instrumen	Kegunaan untuk mendeteksi dan mengukur proton surya, flux kerapatan elektron pada ketinggian satelit
Kegunaan citra Satelit NOAA-AVHRR	Menggambarkan dan mengukur permukaan, atmosfer bumi, cakupan awan, distribusi aerosols, suhu permukaan laut, suhu dan profil air vertical pada troposfer dan stratosfer,

2.2.2. Data MODIS Satelit Aqua dan Terra

MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah salah satu instrumen (milik Amerika Serikat) yang diletakkan pada Satelit Terra (Jepang), yang diluncurkan 18 Desember 1999. sedangkan Satelit Aqua tanggal 4 Mei 2002. Algoritma data MODIS sudah disiapkan oleh NASA sebelumnya untuk seluruh dunia (*Global standard*). Gambar 2.11. Perbedaan antara citra NOAA 16/AVHRR3 (28 Mei 2004) dan Citra Modis (7 Oktober 2004) Pulau Sumatera. Citra MODIS saluran (*band*) 1 s/d 2 digabung dengan data ketinggian (kontur) dapat menghasilkan citra tiga dimensi. Aplikasi data MODIS bervariasi sesuai panjang gelombang dalam perekaman datanya. Karakteristik MODIS Terra Aqua seperti Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Karakteristik Modis Terra Aqua

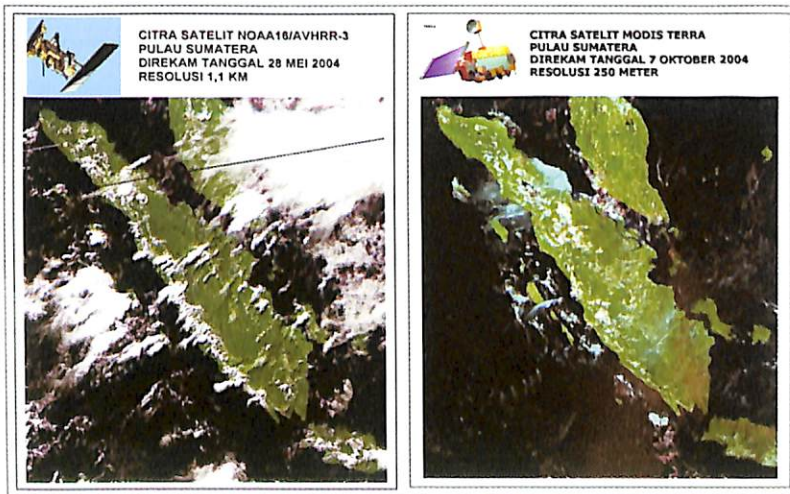
KRITERIA	Karakteristik
Ketinggian orbit	705 km
Sudut inklinasi	98 derajat
Lebar sapuan	2330 km
Resolusi temporal	4 kali sehari
Jumlah spectral 36 band dengan Resolusi Spasial	Band 1 dan 2 resolusi 250 m
	Band 3-7 resolusi 500 m
	Band 8-36 resolusi 1000 m (1 km)

Kegunaan	Band 1,2 untuk analisis batas tanah atau awan
	Band 3 – 7 untuk analisis kandungan tanah atau awan
	Band 8 – 16 untuk analisis warna laut, plankton
	Band 17 – 19 untuk analisis uap air atmosfer
	Band 20 – 23 untuk analisis suhu permukaan atau awan
	Band 24 – 25 untuk analisis suhu atmosfer
	Band 26 untuk analisis awan Cirrus
	Band 27 – 29 untuk analisis uap air
	Band 30 untuk analisis ozon
	Band 31,32 untuk analisis suhu permukaan atau awan
Band 33 – 36 untuk analisis ketinggian puncak awan	

Karakteristik MODIS agak berbeda dengan sensor AVHRR yang dipasang pada satelit NOAA. Modis mempunyai 36 saluran spektral resolusi spasial tiga variasi, yaitu

1. Saluran (band) 1 dan saluran 2 resolusi 250 meter
2. Saluran (band) 3 hingga saluran 7 resolusi 500 meter
3. Saluran (band) 8 hingga saluran 36 resolusi 1000 meter (1 km)

Rekaman MODIS menggunakan transmisi saluran X (*X band*). Antena penerima data MODIS Indonesia diletakkan di Parepare (Stasiun Bumi Satelit Sumber Alam yang diooperasikan oleh LAPAN). Pemanfaatan data MODIS dalam pembuatan model dan kemungkinan pemanfaatannya masih dikembangkan di LAPAN. Pengembangan data MODIS akan digunakan secara operasional seperti halnya data NOAA-AVHRR.



Gambar 2.11. Citra NOAA dan MODIS Pulau Sumatera (*Dok. LAPAN*)

2.2.3. Data Landsat

Landsat (*Land Satellite*) merupakan contoh satelit sumberdaya milik Amerika Serikat yang diluncurkan sejak tahun 1972. Landsat yang sudah mengorbit saat ini adalah Landsat generasi ke tujuh (Landsat 7). Landsat 7 dengan sensor ETM+ (*Edvanded Thematic Mapper plus*), yang diluncurkan bulan April 1999 ternyata hanya beroperasi secara normal hingga bulan Mei 2003. Satelit tersebut telah mengalami kerusakan pada *Scan Line Korrektor* (SLC), sehingga untuk sementara tranmisi data dari satelit dihentikan. Stasiun Bumi Internasional (*IGS = International Ground Station*) mulai bulan Mei 2003, menghentikan perekaman data Landsat dan USGS (*United States Geological Survey*) berusaha memperbaiki kerusakan dengan operasi SLC cadangan. Namun usaha tersebut tidak berhasil, dan diputuskan bahwa kerusakan SLC adalah kerusakan permanen. Oleh karena itu mulai bulan November 2003 telah dilakukan pengiriman tranmisi lagi dengan Model **SLC-Off**, sehingga gambarnya tidak sempurna. Tabel 2.3. Karakteristik satelit Data Landsat 1 hingga 7. Beberapa contoh citra Landsat MSS, TM/ ETM seperti Gambar 2.12. Citra Landsat 4 MSS Teluk Banten. Gambar 2.13. Citra Landsat-5 TM Gunung Ijen Jawa Timur, dan Gambar 2.14. Citra Landsat 7 ETM+ *SLC-Off* Danau Laut Tawar, NAD.

Tabel 2.3. Karakteristik Satelit Landsat 1 hingga 5 dan Landsat 7

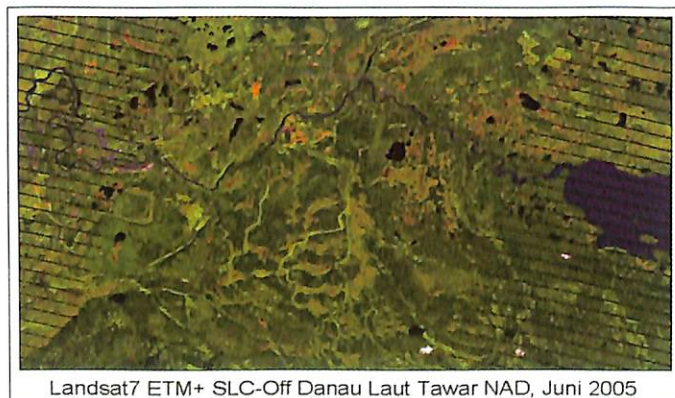
Karakteristik	Landsat 1,2,3		Landsat 4, 5		Landsat 7
Orbit	Sinkron matahari.		Sinkron matahari.		Sinkron matahari.
Ketinggian	(880 – 940) km		705 km		
Sudut Inklinalasi	99,1 °		98,2 °		
Sensor/ saluran spektral (band/ μm)	RBV	Band 1: 0,475 – 0,575 Band 2: 0,58 – 0,68 Band 3: 0,69 – 0,89	MSS	Band 4: 0,50 – 0,60 Band 5: 0,60 – 0,70 Band 6: 0,70 – 0,80 Band 7: 0,80 – 1,10	TM dan ETM+ Band 1: 0,45 – 0,52 Band 2: 0,52 – 0,61 Band 3: 0,63 – 0,69 Band 4: 0,78 – 0,90 Band 5: 1,55 – 1,75 Band 6: 10,4 – 12,5 Band 7: 2,08 – 2,35 Band 8: 0,52 – 0,90 (Pankromatik)
	MSS	Band 4 Band 5 Band 6 Band 7	TM	Band 1: 0,45 – 0,52 Band 2: 0,52 – 0,60 Band 3: 0,63 – 0,69 Band 4: 0,76 – 0,90 Band 5: 1,55 – 1,75 Band 6: 10,4 – 12,5 Band 7: 2,08 – 2,35	
Resolusi spasial	80 m		30 m dan 120 (band 6)		30 m dan 15 m (band 8)
Cakupan	185 km x 185 km		185 km x 185 km		185 km x 185 km
Pengulangan rekaman	18 hari		16 hari		



Gambar 2.12. Citra Landsat 4 MSS Teluk Banten (Dok. LAPAN)



Gambar 2.13. Citra Landsat-5 TM Gunung Ijen Jawa Timur (Dok. LAPAN)



Gambar 2.14. Landsat 7 ETM+ SLC-Off Danau Laut Tawar di NAD (Dok. LAPAN)

2.2.4. Data SPOT

SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*) seri kedua (SPOT 4). SPOT merupakan sistem satelit observasi bumi milik Perancis. Sistem SPOT yang dilengkapi dengan sistem penerima untuk pengendali satelit, sistem pemrograman, dan sistem produksi citra. Tabel 2.4. Karakteristik dan kemampuan setiap seri SPOT.

Sampai saat ini SPOT terdiri dari tiga seri sistem wahana, yaitu Seri pertama SPOT 1, SPOT 2, dan SPOT 3, Seri kedua SPOT 4, dan Seri ketiga SPOT 5.

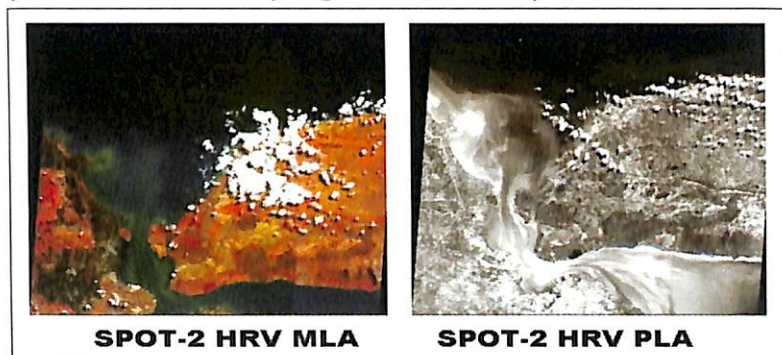
1. Seri pertama adalah SPOT 1, SPOT 2, dan SPOT 3, yang ketiganya didesain dengan karakteristik identik, yaitu resolusi tinggi, stereo, dan pengulangan orbit yang fleksibel menggunakan empat instrumen pada saluran pankromatik, hijau, merah dan inframerah dekat. SPOT 1 diluncurkan Februari 1986, SPOT 2 diluncurkan Januari 1990, SPOT 3 diluncurkan September 1993 yang beroperasi hingga November 1996. Gambar 2.15. Citra SPOT 2 Multispektral (MLA) dan Pankromatik (PLA) Selat Madura, Jawa Timur

Tabel 2.4. Karakteristik dan kemampuan dari setiap seri SPOT
(*SPOT Images, France, 2002*)

Saluran Spektral	RESOLUSI SERI SPOT				
	SPOT 123	SPOT 4	SPOT 5		Instrumen vegetasi *)
	HRV	HRVIR	HRG	HRS	SPOT 4, 5
PA : 0,49-0,69 μm (Pankromatik)	10 m	10 m	5 m 2,5 m	10 m	
B0 : 0,43-0,47 μm (Saluran Biru)					1000 m
B1 : 0,49-0,61 μm (Saluran Hijau)	20 m	20 m	10 m		
B2 : 0,61-0,68 μm (Saluran Merah)	20 m	20 m	10 m		1000 m
B3 : 0,78-0,89 μm (Saluran NIR)	20 m	20 m	10 m		1000 m
B4 : 1,58-1,75 μm (Saluran SWIR)		20 m	10 m		1000 m
Sudut Pandang (Field of View)	60 m	60 m	60 m	120 m	2.259 km
Resolusi Temporal (Standar) (hari)	26				

Keterangan Singkatan	HRV : High Resolution Visible HRVIR : High Resolution Visible to Near Infrared HRG : High Resolution Geometric HRS : High Resolution Stereoscopic VINIR : Visible and Near Infrared (MS) NIR : Near Infrared PA : Pankromatik MS : Multispektral (B1+B2+B3) MX : Monokromatik (B4) SWIR : Short Wave Infrared *) Status Eksperimental
----------------------	---

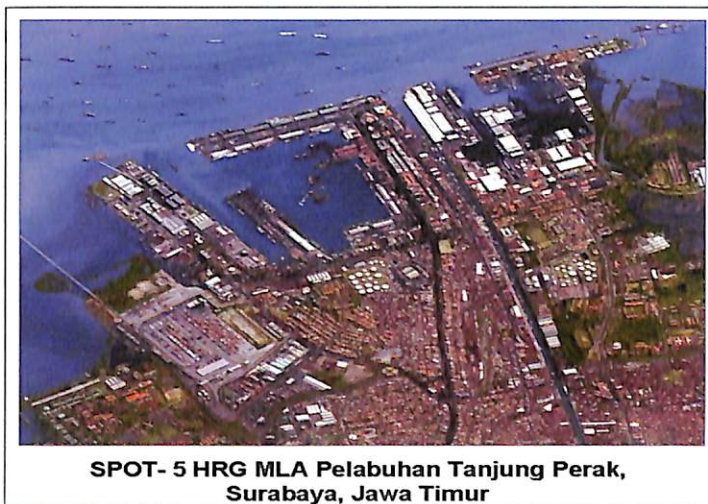
2. Seri kedua SPOT 4 diluncurkan maret 1998 dan didesain dengan perbaikan kinerja dengan menambahkan satu saluran/ kanal (*band*) inframerah dekat dan instrumen vegetasi, sehingga terdapat enam instrumen, yaitu pankromatik, hijau, merah, dua inframerah dekat, instrumen vegetasi/ saluran biru. Gambar 2.16. Citra SPOT 4 daerah Sopeng, Sulawesi Selatan rekaman 14 Juni 2005.
3. Seri ketiga SPOT 5 diluncurkan bulan Mei 2002. Sistem perekaman citra stereo SPOT 5. dengan sudut pandang 20° dan tampalan (*overlap*) 50 %. SPOT 5 telah mengalami perombakan besar pada tingkat ketelitian secara planimetri dan altimetri. SPOT 5 masih menggunakan enam instrumen seperti SPOT 4 tetapi resolusinya lebih halus (rinci). Gambar 2.17. Citra SPOT 5 HRG MLA (*Multispectral High Resolution Geometric*) Wilayah Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya, Jawa Timur.



Gambar 2.15. SPOT 2 Multispektral dan Pankromatik Selat Madura (*Dok LAPAN*)



Gambar 2.16. Citra SPOT 4 Sopeng, Sulawesi Selatan (Dok. LAPAN)



Gambar 2.17. Citra SPOT 5 HRG MLA Pelabuhan Tanjung Perak (Dok. LAPAN)

2.2.5. Satelit IKONOS

Satelit IKONOS milik *Space Imaging (USA)*, pengelola *GeoEye*, Desain dan konstruksi *Lockheed Martin Space System*, berhasil diluncurkan di SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat tanggal 24 September 1999. Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat. Tabel 2.5. Karakteristik Satelit IKONOS. Gambar 2.18. Citra IKONOS daerah perumahan teratur dan tidak teratur di Kabupaten Bekasi, Jawa Barat.



Gambar 2.18. Citra IKONOS di Bekasi, Jawa Barat (Dok. LAPAN)

Tabel 2.5. Karakteristik IKONOS
(Sumber : Space Imaging, USA, 2002)

KRITERIA	Karakteristik	
Ketinggian orbit	681 km	
Kecepatan Orbit	7,5 km per detik	
Orbit	Sinkron matahari (sun-synchronous)	
Sudut inklinasi orbit	98.1 derajat	
Lebar sapuan satelit	11,3 km (nadir)	
Resolusi temporal	Program	
Usia Operasi	± 7 tahun	
Dinamika julat (dynamic range)	11 bit per pixel	
Sensor pankromatik dan multispektral dengan kemiringan (oblique) 26 derajat	Pankromatik (0,45-0,90) µm	Resolusi Spasial 0,82 dan 1 meter
	Biru (0,445-0,516) µm	
	Hijau (0,506-0,595) µm	Resolusi Spasial 3,2 – 4 meter
	Merah (0,632-0,698) µm	
	Infra merah dekat (0,757-0,853) µm	
Penggunaan Citra IKONOS	Pemetaan kota, sumber daya alam dan bencana alam, Analisis pertanian dan kehutanan, Eksplorasi pertambangan, Mendeteksi perubahan hutan, lahan	

2.2.6. Satelit Quickbird

Satelit Quickbird pemilik dan pengelola Digital Globe, Desain dan konstruksi Digital Globe, Ball A & T Corps, Kodak dan Fokker dan berhasil diluncurkan di SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat pada tanggal 18 Oktober

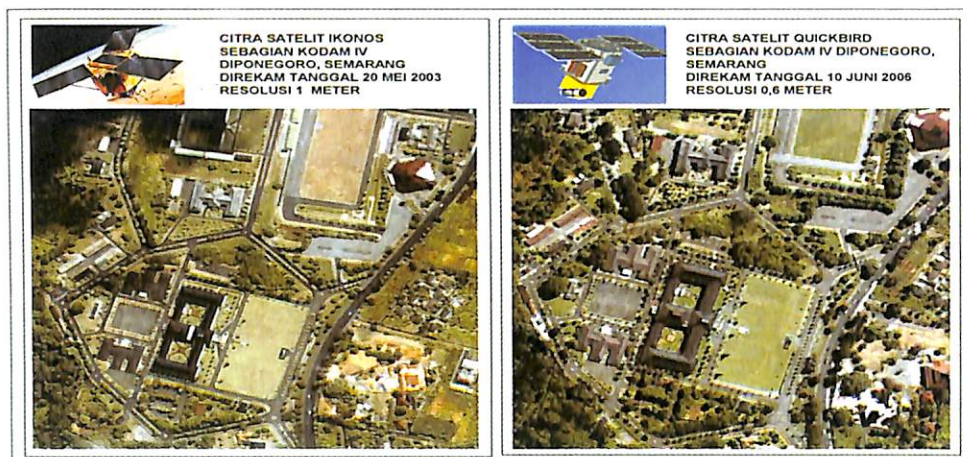
2001. Lokasi peluncuran SLC-2W, Vandenberg AFB, California, Amerika Serikat. Karakteristik Satelit Quickbird pada Tabel 2.6. Citra satelit Quickbird menjadi populer setelah bencana tsunami yang menimpa Aceh, Sri Langka, Malaysia, dan Thailand pada tanggal 26 Desember 2004. Citra didistribusikan secara gratis pada negara yang terkena musibah. Beberapa citra Quickbird (dokumen LAPAN) daerah Aceh (NAD) sebelum dan sesudah tsunami. Gambar 2.19. Citra Quickbird kota Banda Aceh dan Pesisir Utara rekaman tanggal 23 Juni 2004 (sebelum tsunami) dan rekaman tanggal 28 Desember 2004 (sesudah tsunami). Gambar 2.20. Perbedaan citra IKONOS kompleks Kodam IV Diponegoro, Semarang, Jawa Tengah. Rekaman tanggal 20 Mei 2003 dan Citra Quickbird, rekaman tanggal 10 Juni 2006. Bandingkan kerincian citra Quickbird (resolusi spasial 0,6 meter) dengan citra IKONOS (resolusi spasial 1 meter).

Tabel 2.6. Karakteristik Quickbird

KRITERIA	Karakteristik	
Ketinggian orbit	450 km	
Sudut inklinasi orbit	97,2 derajat	
Lebar sapuan satelit	16,5 x 16,5 km	
Resolusi temporal	Program	
Jenis sensor Push broom linear array	Pankromatik (450-900) nm	Resolusi Spasial 0,6 meter
	Biru (450 – 520) nm	Resolusi Spasial 2,4 meter
	Hijau (520 – 600) nm	
	Merah (630 – 690) nm	
	Infra merah dekat (760-900) nm	
Penggunaan Citra Quik Bird	Analisis perubahan penggunaan lahan, Eksplorasi minyak dan gas, Studi lingkungan, Pemetaan skala besar	



Gambar 2.19. Citra Quickbird Kota Banda Aceh dan Pesisir Utara Aceh sebelum dan sesudah tsunami (Doc. LAPAN)



Gambar 2.20. Citra IKONOS dan Citra Quickbird (Dok. LAPAN)

2.2.7. ALOS

ALOS (*Advance Land Observing Satellite*) merupakan satelit yang diluncurkan oleh kerjasama antara METI (*Ministry of Economy, Trade and Industry*) dan JAXA (*Japan Aerospace Exploration Agency*). Desain dan konstruksi oleh

JAXA-EORC dan *Japan Resources Observation System Organization* (JAROS) dan berhasil diluncurkan di Tanegashima Space Center, Jepang tanggal 24 Januari 2006. ALOS dilengkapi tiga instrumen penginderaan jauh yaitu PRISM (*Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping*), AVNIR2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*), dan PALSAR (*Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar*). Karakteristik ALOS seperti Tabel 2.7.

1. Sensor optik pankromatik PRISM (*Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping*) yang memiliki tiga sistem optik (*nadir, foreward, backward*) dengan resolusi 2,5 meter, sehingga dapat dibuat 3-D (tiga dimensi), lebar rekaman 70 km, arah depan (*foreward*) dan belakang (*backward*) lebar 35 km,
2. Sensor AVNIR-2 (*Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2*) sensor pantulan dari sinar tampak dan inframerah dekat. Sensor ini dilengkapi dengan kemampuan tidak hanya arah tegak lurus, namun juga observasi menyudut dengan *Pointing Angle* sebesar 44°. Empat saluran (*band*) spektral AVNIR2, yaitu Biru (0,42-0,50) μm , Hijau (0,52-0,60) μm , merah (0,61 – 0,69) μm , dan inframerah (0,76-0,89) μm ,
3. Sensor radar PALSAR (*Phase Array type L-band Synthetic Aperture Radar*) sensor ini merupakan pengembangan dari sensor JERS-1, dengan lebar cakupan rekaman citra 250-350 km. Oleh karena itu pengguna dapat memilih wilayah yang diinginkan, yaitu *Area of Interest* (AOI), tinggal memilih koordinatnya.

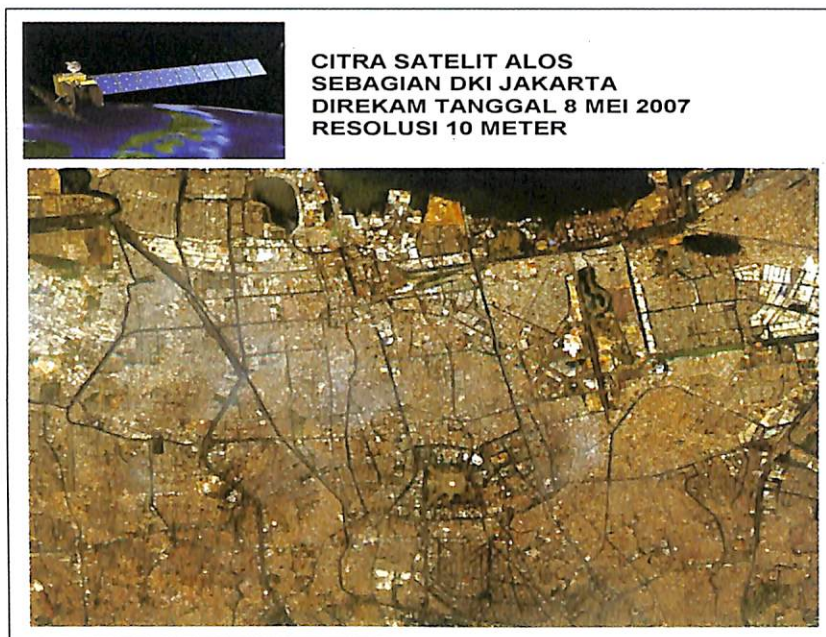
Tabel 2.7. Karakteristik ALOS

KRITERIA		Karakteristik	
Ketinggian orbit		692 km	
Sudut inklinasi orbit		98,2 derajat	
Lebar sapuan satelit		70 km	
Resolusi temporal (standar)		46 hari	
Sensor	PRISM	Pankromatik (0,52 – 0,77) μm	Resolusi Spasial 2,5 meter Ukuran Triplet mode 35 x 35 km, PRISM Nadir 35 x 70 km
	AVNIR2	Band 1 (0,42 – 0,50) μm	Resolusi Spasial 10 meter AVNIR nadir 70 x 70 km
		Band 2 (0,52 – 0,60) μm	
		Band 3 (0,61 – 0,69) μm	
Band 4 (0,76 – 0,89) μm			
PALSAR	Band L	Resolusi Spasial 6,5 meter	
Penggunaan Citra ALOS		Observasi penutup lahan, Pemetaan skala sedang, Pengamatan daerah bencana	

Tujuan dan Misi ALOS secara garis besar untuk

1. Survei sumberdaya lahan dengan pengambilan data dari beberapa arah sudut pengamatan, sehingga dapat membantu untuk mendapatkan informasi geologi
2. Kartografi/ pemetaan dengan akurasi tinggi (< 500m) dari pengulangan proses mengoptimalkan interferometer citra radar dan DEM (*Digital Elevation Model*)
3. Obsevasi lokal menggunakan citra PALSAR resolusi tinggi (resolusi 6,5 meter) sehingga dapat mendeteksi target secara rinci.
4. Pemantauan hutan dengan menggunakan Model Multi Polarimetorik (*The Multi Polarimetric Mode*) sehingga dapat menolong observasi dan pemetaan penutup lahan, khususnya pemantauan hutan.
5. 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.

Contoh citra ALOS AVNIR seperti Gambar 2.21 Citra ALOS AVNIR DKI Jakarta tanggal 8 Mei 2007. Gambar 2.22. Citra ALOS AVNIR Gunung Kidul Yogyakarta.



Gambar 2.21 Citra ALOS AVNIR DKI Jakarta (*Dok. LAPAN*)



Gambar 2.22. Citra ALOS AVNIR Gunung Kidul Yogyakarta. (Dok LAPAN)

2.3. PENGINDERAAN JAUH DI INDONESIA

Indonesia yang merupakan negara kepulauan yang sangat luas yang menebar di sekitar khatulistiwa dan di antara dua benua, yaitu benua Asia dan Australia, dan di antara dua samudra, yaitu samudra Hindia dan Pasifik. Indonesia di dalam pengertian geografik-geodinamik, geopolitik, lingkungan dan ekonomi global merupakan satu-satunya benua bahari (*maritime continent*), yang memegang peran penting dalam pembentukan iklim dan lingkungan global.

Hutan tropik Indonesia, di samping berperan penting untuk pembangunan dan kesejahteraan masyarakat, juga berperan penting dalam pembentukan perubahan iklim dan lingkungan global. Karakteristik geodinamiknya sebagai benua bahari karena lautannya relatif dangkal, yang melingkupi pulau-pulau berhutan tropik, membentuk perilaku khas. Karakteristik khas geodinamiknya, menyebabkan terjadinya distribusi temperatur lapisan permukaan laut dari Samudra Pasifik. "Kolam hangat" dari Samudra Pasifik secara periodik mempengaruhi iklim global. Perilaku khas geodinamik Indonesia terkait dengan gejala ENSO (*El Nino Southern Oscillations*), yang dapat mengakibatkan kekeringan berkepanjangan (*El Nino*) dan dapat menyebabkan hujan berlebihan (*La Nina*) di Indonesia (Djojodihardjo, 2000).

Indonesia dihadapkan pada tantangan untuk memelihara kelestarian lingkungan. Tantangan sosial-politik-ekonomi, jumlah penduduk mencapai lebih dari 210 juta, maka pendayagunaan sumberdaya alamnya harus dilakukan

secara berkelanjutan (*sustainable*) sehingga dapat memenuhi kebutuhan dan peningkatan kesejahteraan masyarakat. Disamping itu pengelolaan sumberdaya alam yang lestari dapat digunakan untuk meningkatkan ketahanan ekonomi, ketahanan politik, ketahanan dan kelenturan budaya. Oleh karena itu diperlukan teknologi yang dapat dimanfaatkan untuk menghadapi tantangan tersebut. Teknologi penginderaan jauh (Inderaja) dengan wahana satelit merupakan suatu alternatif yang berdayaguna dan berhasilguna untuk pemetaan, inventarisasi, pemantauan sumber daya alam dan lingkungan (Purwadhi, 1994).

2.3.1. Stasiun Bumi Satelit Sumber Alam di Indonesia

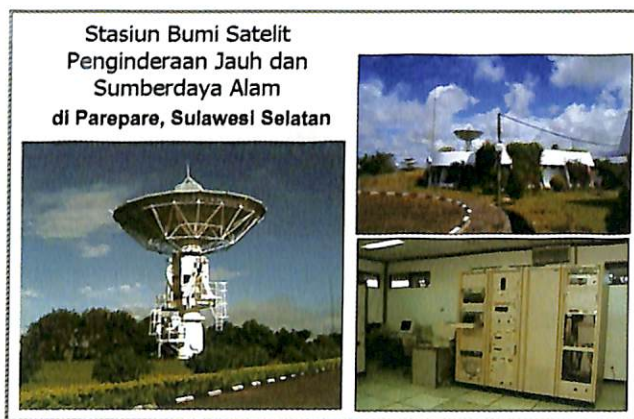
Indonesia yang diwakili oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) sejak 1972 ikut merekam NOAA (APT) di LAPAN Pekayon (Kalisari), yang dilanjutkan mengikuti program Landsat-1 yang masih bernama ERTS (*Earth Resources Tecnologie Satellite*) yang oleh NASA merupakan satelit penginderaan jauh eksperimen pada tahun 1972. Program Landsat-1 (ERTS), Indonesia digunakan sebagai tahap eksperimen untuk penelitian perolehan wilayah menggunakan citra penginderaan jauh. Citra Landsat (ERTS) diperoleh langsung dari NASA dalam bentuk diapositive. ERTS (Landsat-1) berupa citra dari sensor Landsat RBV (*Return Beam Vidicon*) dan Landsat MSS (*Multispektral Scanner*). Tahap eksperimen tersebut hingga menjadi Landsat 1 hingga Landsat 3.

Teknologi penginderaan jauh satelit telah berkembang melalui kehadiran berbagai sistem satelit penginderaan jauh untuk mengindera sumber daya alam dan lingkungan, mulai dari satelit sumber daya alam eksperimental hingga operasional. Kehadiran sejumlah satelit penginderaan jauh mulai dari satelit sumber daya alam eksperimental hingga operasional dengan berbagai misi, teknologi sensor (termasuk sensor radar) telah menghasilkan berbagai jenis data dan informasi mutakhir, yang bersifat data spektral, data spasial, multi temporal, yang dapat diproduksi secara cepat dan akurat. Perkembangan paket sensor penginderaan jauh yang dipasang pada satelit baik dengan sistem aktif (radar) maupun sistem pasif (optik) semakin tinggi resolusinya. Hal tersebut merupakan peluang baik, yang telah mendorong Indonesia, yang mempunyai wilayah daratan dan lautan yang sangat luas, untuk membangun stasiun bumi satelit penginderaan jauh, yang pertama Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) dibangun "Stasiun Bumi Eksperimen" tahun 1984 di Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, untuk merekam data Landsat 4 dan 5. Rekaman hanya

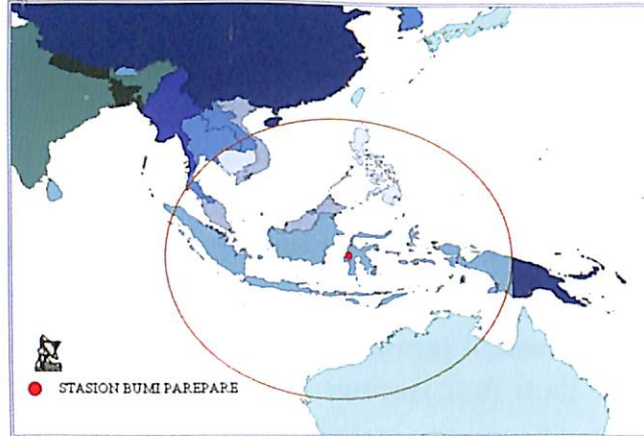
mencakup setengah Indonesia, maka tahun 1993 dibangun "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumberdaya Alam" di Parepare, Sulawesi Selatan. Stasiun bumi LAPAN di Parepare tersebut tahun 1995 dalam kerjasama dengan NASDA (Jepang) di kembangkan ("*Upgrade*") untuk menerima data JERS-1, dan tahun 2007 stasiun bumi Parepare ditambah kemampuannya untuk menerima SPOT 4.

Di bidang penginderaan jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) diberitugas oleh pemerintah Indonesia untuk mengoperasikan beberapa stasiun bumi satelit penginderaan jauh, yang berupa stasiun bumi satelit penginderaan jauh dan sumber daya alam, dan stasiun bumi satelit cuaca dan lingkungan. Di samping itu LAPAN juga ditugaskan untuk melakukan pengolahan data yang direkam, melakukan penelitian untuk pengembangan teknologi, pemanfaatan data penginderaan jauh satelit untuk membuat permodelan, distribusi data dan informasinya, kepada para pengguna data penginderaan jauh. Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh yang dioperasikan oleh LAPAN adalah :

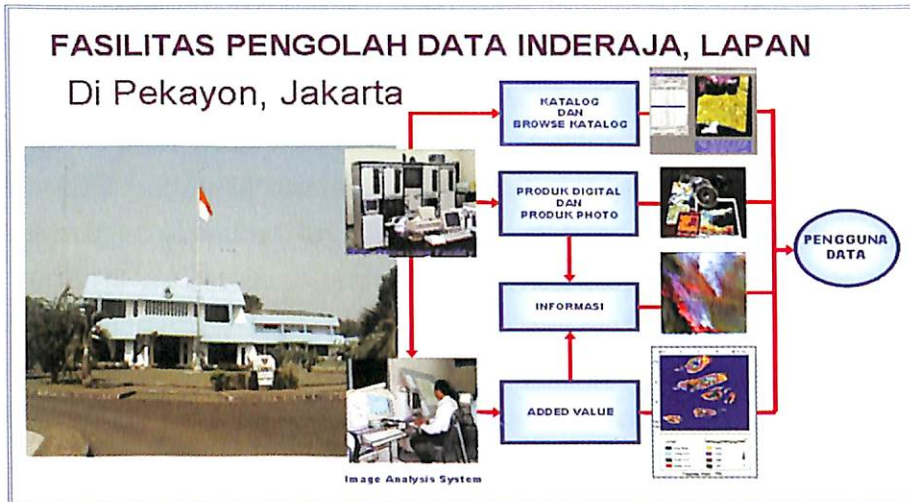
1. Stasiun bumi satelit penginderaan jauh dan sumber daya alam berada di Parepare, Sulawesi Selatan. (Gambar 2.23) dengan cakupan rekaman data hampir seluruh wilayah negara kesatuan Republik Indonesia Gambar 2.24.
2. Stasiun bumi satelit lingkungan dan cuaca berada di Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur, dan di Pulau Biak, Irian Jaya.
3. Fasilitas pengolahan dan distribusi data, serta informasi penginderaan jauh satelit di Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur (Gambar 2.25).



Gambar 2.23. Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumberdaya Alam, LAPAN, di Parepare, Sulawesi Selatan



Gambar 2.24. Cakupan perekaman data indera Stasiun Bumi LAPAN Di Parepare, Sulawesi Selatan



Gambar 2.25. Fasilitas pengolah data indera LAPAN, Pekayon, Jakarta

Tujuan utama Indonesia membangun stasiun bumi tersebut, agar penggunaan datanya dapat dilakukan untuk pembangunan, sehingga pengambilan keputusan/ kebijakan, pelaksanaan pembangunan dapat lebih cepat dan berdayaguna. Keberadaan “Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumberdaya Alam” LAPAN tersebut, mengakibatkan data penginderaan jauh satelit untuk wilayah Indonesia, dalam bentuk multispektral dan multi-temporal secara digital, menjadi berlimpah. Data berlimpah kurang bermanfaat apabila pemakaiannya tidak efisien. Oleh karena itu penggalan dayaguna mengenai kemampuan setiap data penginderaan jauh satelit untuk berbagai penggunaan di dalam pembangunan perlu dilakukan (Purwadhi, 1994).

2.3.2. Jenis, Produk, dan Format Data Penginderaan Jauh Satelit di LAPAN

Pengguna dapat menyesuaikan jenis data yang diinginkan, produk dan format data yang sesuai dengan perangkat keras dan perangkat lunak yang dimilikinya. Jenis data penginderaan jauh satelit yang dari produk LAPAN adalah

1. Rekaman "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh dan Sumber Daya Alam" yang berada di Parepare adalah
 - Data dan citra Landsat (*Land Satellite*) tahun 1993-2005
 - Data dan citra SPOT (*Satellite Pour / Probatoire l'Observation de la Terre*), data SPOT 4 sejak tahun 2006
 - Data dan citra ERS (*ESA Remote Sensing Satellite*) merupakan citra radar sistem SAR (*Satellite Aperture Radar*). Satelit ERS dikelola oleh konsorsium Eropa yang menangani penelitian antariksa atau ESA (*European Space Agency*) tahun 2000-2002
 - Data dan citra JERS-1 (*Japan Earth Resources Satellite*), citra sistem pantulan dan radar. Data ini dari program eksperimental satelit dari pemerintah Jepang, dan belum komersial. Pemerintah Jepang tidak melanjutkan program JERS-1 data di LAPAN tahun 1998 – 2001
2. Rekaman dari "Stasiun Bumi Satelit Penginderaan Jauh Lingkungan dan Cuaca" di Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta dan di Pulau Biak, Irian Jaya adalah
 - Data dan citra NOAA-AVHRR (*National Oceanic And Atmospheric Administration – Advanced Very High Resolution Radiometer*), dan
 - Data/ citra GMS (*Geostationary Meteorological Satellite*)
 - Data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) Aqua

Dilihat dari keterkaitannya dengan institusi LAPAN maka data inderaja satelit dapat dibagi dalam beberapa kelas sebagai berikut

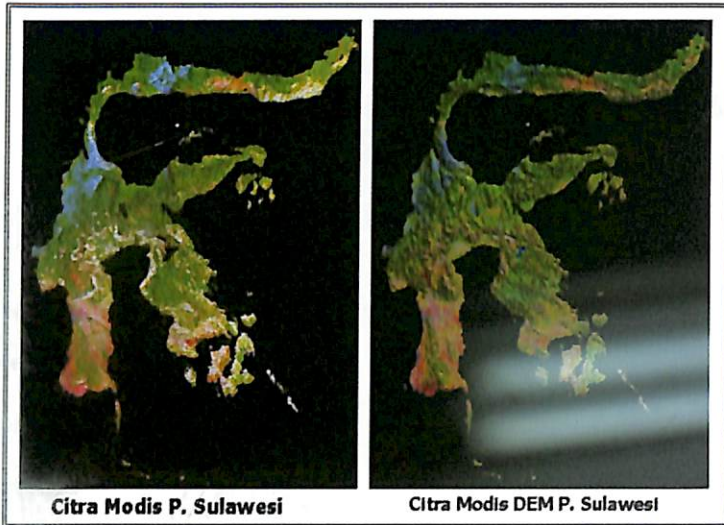
1. Data inderaja satelit yang saat ini diterima langsung oleh Stasiun Bumi LAPAN yaitu antara lain data Landsat, SPOT 4, NOAA, dan MODIS

2. Data inderaja satelit yang pernah diolah di LAPAN antara lain SPOT 5, Landsat, IKONOS, Quickbird, ALOS (*Advance Land Observing Satellite*) dan EROS, wilayah terbatas sesuai topik penelitian yang ada di LAPAN
3. Data inderaja satelit lain didunia seperti Cartosat, Radarsat, Envisat, Worldview, yang dimiliki LAPAN secara terbatas (tahun dan wilayahnya) yang diperoleh dalam kerjasama dengan instansi lain.

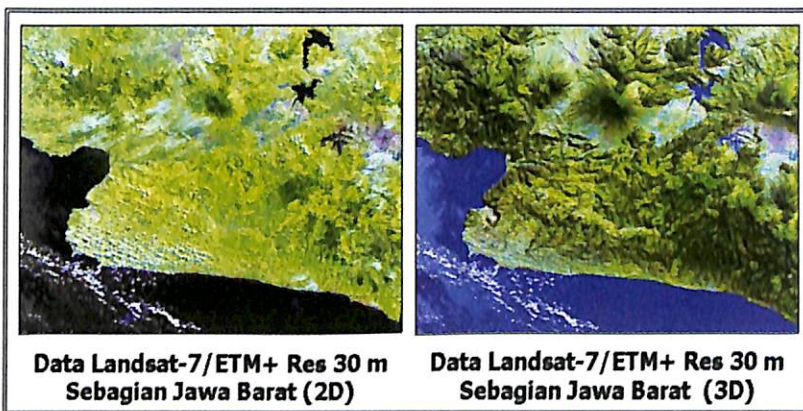
2.3.3. Beberapa Contoh Jenis Produk Penginderaan Jauh Satelit di LAPAN

Beberapa contoh jenis produk berupa produk hasil pengolahan data penginderaan jauh dan produk hasil interpretasi dan penggunaan data penginderaan jauh dari kerjasama dengan pengguna data penginderaan jauh.

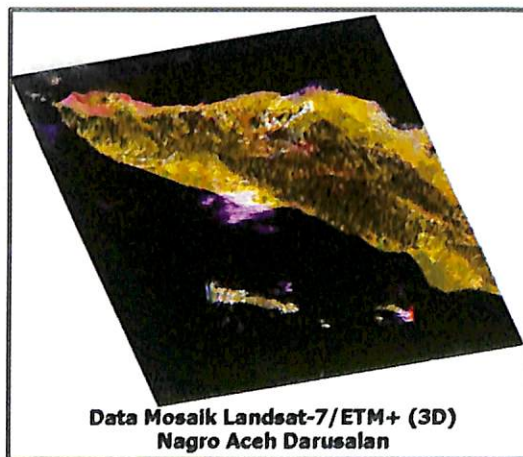
1. Gambar 2.26. Citra Modis dua dimensi (2D) dan tiga dimensi (3D) Pulau Sulawesi.
2. Gambar 2.27. Citra Landsat ETM+ (2D dan 3D) resolusi 30 meter, lokasi sebagian Jawa Barat.
3. Gambar 2.28. Citra Mosaik Landsat 7 (3D) Nagro Aceh Darusalam.
4. Gambar 2.29. Produk citra Landsat 7 terkoreksi dengan *layout* peta skala 1 : 50.000 daerah Lampung bagian timur.
5. Gambar 2.30. Peta penutup lahan dari citra SPOT Kabupaten Wajo, Sulawesi Selatan (kerjasama LAPAN dengan Bappeda Wajo).
6. Gambar 2.31. Contoh peta hasil kajian dari citra Landsat, dan SPOT untuk beberapa tema kajian di Kecamatan Krayan-Lumbis, Kabupaten Nunukan, Kalimantan Timur (Kerjasama penelitian LAPAN dengan Bappeda Nunukan)



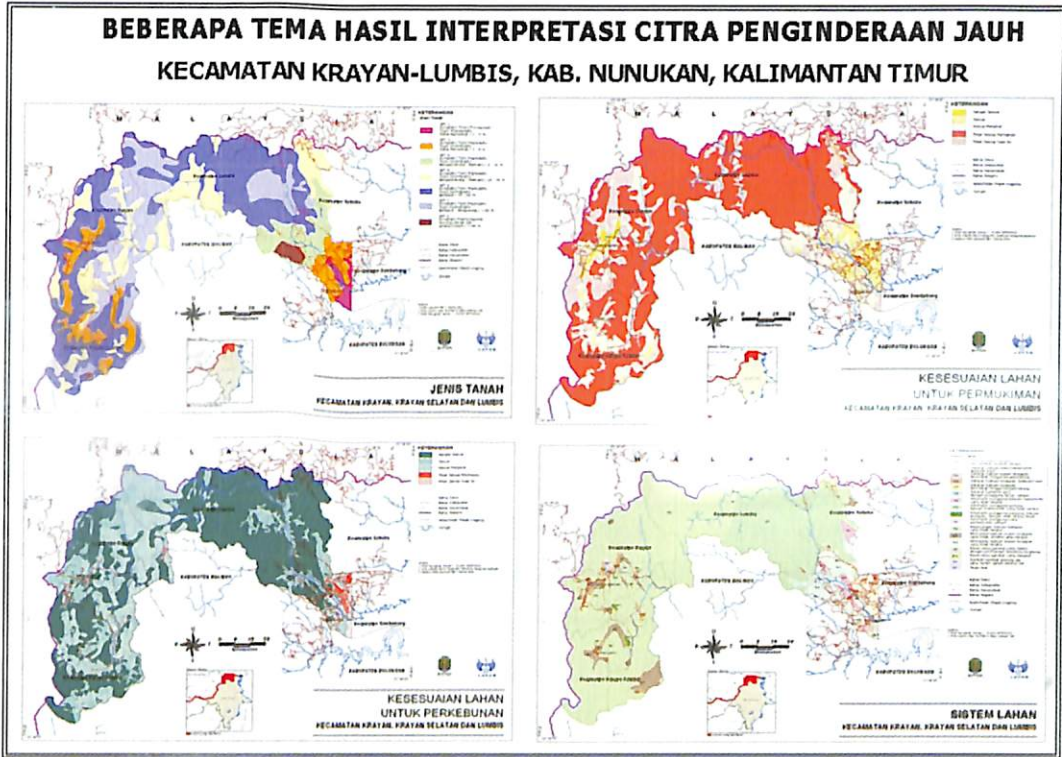
Gambar 2.26. Citra Modis 2D dan 3D Pulau Sulawesi. (Dok. LAPAN)



Gambar 2.27. Citra Landsat ETM+ (2D dan 3D) Sebagian Jawa Barat. (Dok LAPAN)



Gambar 2.28. Citra Mosaik Landsat 7 (3D) NAD. (Dok LAPAN)



Gambar 2.31. Beberapa peta hasil kajian dari citra Landsat dan SPOT untuk beberapa tema di Kec. Krayan-Lumbis, Kab. Nunukan, Kalimantan Timur.

(Dok. LAPAN dan Bappeda Nunukan)

