

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) dalam artian secara umum merupakan suatu teknik-teknik berbasis instrumentasi yang digunakan dalam pengumpulan dan pengukuran dari data/informasi yang teratur secara *spatial* (umumnya kebanyakan, pendistribusian secara geografis) pada beberapa bagian (*spectral; spatial; physical*) dari suatu array dari titik-titik sasaran (piksel-piksel) dalam tampilan terekam yang sesuai dengan fitur, objek, dan material yang dilakukan dengan mengaplikasikan satu atau lebih alat-alat perekam tanpa kontak langsung secara fisik dengan benda-benda dibawah pengawasan (sehingga pada jarak tertentu dari sasaran yang diobservasi, dimana dijaganya pengaturan *spatial*); teknik-teknik menggunakan kumpulan pengetahuan yang sesuai dengan tampilan terekam (sasaran) dengan menggunakan radiasi elektromagnetik, medan gaya, atau energi akustik yang ditangkap dengan menggunakan kamera-kamera perkam, radiometer dan scanner, laser, penerima frekuensi radio, sistem-sistem radar, sonar, perangkat pengukur suhu, pendeteksi suara, seismograph, magnetometer, gravimeter, scintillometer, dan perangkat-perangkat lainnya.

Pengertian lain dari pengindraan jauh yang lebih sederhana adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat, tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau gejala yang akan dikaji.

Dengan kata lain dapat dinyatakan bahwa penginderaan jauh merupakan upaya untuk memperoleh data dari jarak jauh dengan menggunakan peralatan tertentu yang disebut “*sensor*” (alat peraba). Data yang diperoleh itu kemudian dianalisis dan dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.

2.1.1. Konsep Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh didapat masukan data atau hasil observasi yang disebut citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diaamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Sebagai contoh, memotret bunga di taman. Foto bunga yang berhasil kita buat itu merupakan citra bunga tersebut. Menurut Simonett (1983): bahwa citra sebagai gambaran rekaman suatu objek (biasanya berupa suatu gambaran pada foto) yang didapat dengan cara optik, elektro optik, optik mekanik atau elektronik. Di dalam bahasa Inggris terdapat dua istilah yang berarti citra dalam bahasa Indonesia, yaitu “*image*” dan “*imagery*”, akan tetapi istilah *imagery* dirasa lebih tepat penggunaannya.

Agar dapat dimanfaatkan maka citra tersebut harus diinterpretasikan atau diterjemahkan/ditafsirkan terlebih dahulu. Interpretasi citra merupakan kegiatan

mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut.

Singkatnya interpretasi citra merupakan suatu proses pengenalan objek yang berupa gambar (citra) untuk digunakan dalam disiplin ilmu seperti Geologi, Geografi, Ekologi, Geodesi.

Dalam menginterpretasikan citra dibagi menjadi beberapa tahapan, yaitu :

- Deteksi ialah pengenalan objek yang mempunyai karakteristik tertentu oleh sensor.
- Identifikasi ialah mencirikan objek dengan menggunakan data rujukan.
- Analisis ialah mengumpulkan keterangan lebih lanjut secara terinci.

2.1.2. Alat Penginderaan Jauh

Untuk melakukan penginderaan jarak jauh diperlukan alat sensor, alat pengolah data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Oleh karena sensor tidak ditempatkan pada objek, maka perlu adanya wahana atau alat sebagai tempat untuk meletakkan sensor. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya. Antara sensor, wahana, dan citra diharapkan selalu berkaitan, karena hal itu akan menentukan skala citra yang dihasilkan. Semakin tinggi letak sensor maka daerah yang terdeteksi atau yang dapat diterima oleh sensor semakin luas.

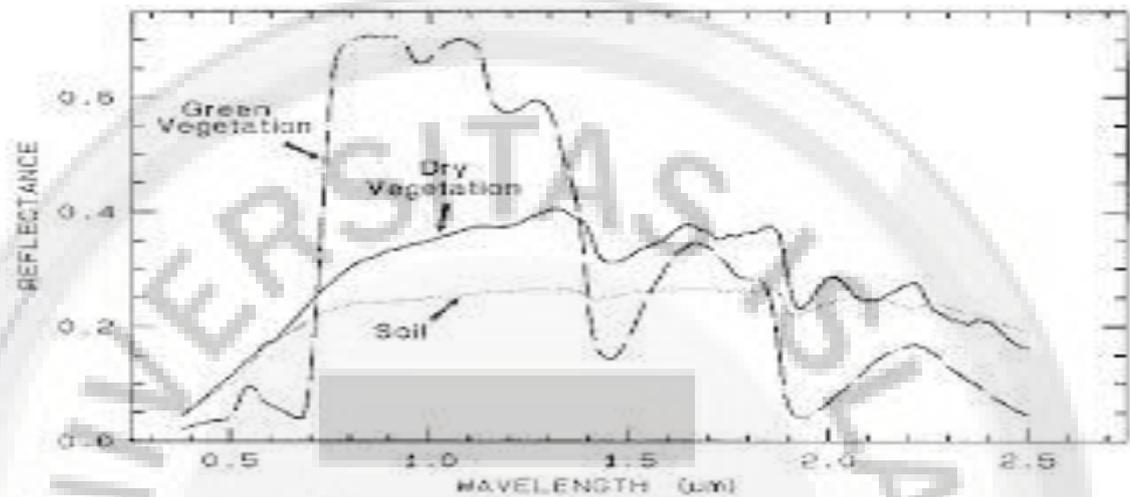
Alat sensor dalam penginderaan jauh dapat menerima informasi dalam berbagai bentuk antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. Alat sensor digunakan untuk melacak, mendeteksi, dan merekam suatu objek dalam daerah jangkauan tertentu. Tiap sensor memiliki kepekaan tersendiri terhadap bagian spektrum elektromagnetik. Kemampuan sensor untuk merekam gambar terkecil disebut resolusi spasial. Semakin kecil objek yang dapat direkam oleh sensor semakin baik sensor dan semakin baik resolusi spasial pada citra .

Berdasarkan proses perekamannya sensor dapat dibedakan atas Sensor Fotografi dan Sensor Elektronik. Sensor elektronik berupa alat yang bekerja secara elektrik dengan pemrosesan menggunakan komputer. Hasil akhirnya berupa data visual atau data digital/numerik. Proses perekamannya untuk menghasilkan citra dilakukan dengan memotret data visual dari layar atau dengan menggunakan film perekam khusus. Hasil akhirnya berupa foto dengan film sebagai alat perekamannya dan tidak disebut foto udara tetapi citra.

Agar informasi-informasi dalam berbagai bentuk tadi dapat diterima oleh sensor, maka harus ada tenaga yang membawanya antara lain matahari. Informasi yang diterima oleh sensor dapat berupa: Distribusi daya (force), Distribusi gelombang bunyi, atau Distribusi tenaga elektromagnetik.

Informasi tersebut berupa data tentang objek yang diindera dan dikenali dari hasil rekaman berdasarkan karakteristiknya dalam bentuk cahaya, gelombang bunyi, dan tenaga elektromagnetik. Contoh: Salju dan batu kapur akan

memantulkan sinar yang banyak (menyerap sinar sedikit) dan air akan memantulkan sinar sedikit (menyerap sinar banyak). Gambar 2.1 memperlihatkan salah satu contoh Spectral Signature.



Gambar 2.1 Spectral Signature, Pengenalan Objek Berdasarkan Karakteristik Berdasarkan Reflektansinya

Seperti telah disebutkan bahwa salah satu tenaga yang dimanfaatkan dalam penginderaan jauh antara lain berasal dari matahari dalam bentuk tenaga elektromagnetik (lihat Tabel 2.1). Matahari merupakan sumber utama tenaga elektromagnetik ini. Di samping matahari sebagai sumber tenaga alamiah, ada juga sumber tenaga lain, yakni sumber tenaga buatan.

2.1.3. Sistem Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dengan menggunakan tenaga matahari dinamakan penginderaan jauh sistem pasif. Penginderaan jauh sistem pasif menggunakan pancaran cahaya, hanya dapat beroperasi pada siang hari saat cuaca cerah. Penginderaan jauh sistem pasif yang menggunakan tenaga pancaran tenaga

thermal, dapat beroperasi pada siang maupun malam hari. Citra mudah pengenalannya pada saat perbedaan suhu antara tiap objek cukup besar. Kelemahan penginderaan jauh sistem ini adalah resolusi spasialnya semakin kasar karena panjang gelombangnya semakin besar.

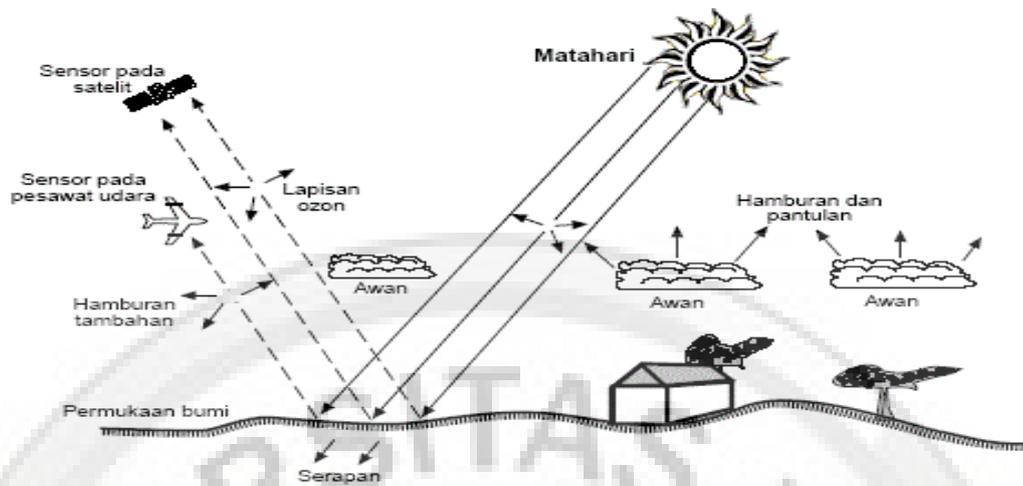
Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya

Spektrum/saluran	Panjang gelombang	Keterangan
Gamma	0,03 nm	Diserap oleh atmosfer, tetapi benda radioaktif dapat diindra dari pesawat terbang rendah.
X	0,03 - 3 nm	Diserap oleh atmosfer, sinar buatan digunakan dalam kedokteran.
Ultraviolet (UV) UV fotografik	3 nm - 0,4 μ m 0,3 - 0,4 μ m	0,3 μ m diserap oleh atmosfer. Hamburan atmosfer berat sekali, diperlukan lensa kuarsa dalam kamera.
Tampak Biru Hijau Merah Inframerah (IM)	0,4 - 0,7 μ m 0,4 - 0,5 μ m 0,5 - 0,6 μ m 0,6 - 0,7 μ m 0,7 - 1.000 μ m	Jendela atmosfer terpisah oleh saluran absorpsi.
IM Pantulan IM Fotografik	0,7 - 3 μ m 0,7 - 0,9 μ m	Film khusus dapat merekam hingga panjanggelombang hampir 1,2 μ m.
IM Termal	3 - 5 μ m	Jendela-jendela atmosfer dalam spektrum ini.
Gelombang mikro	8 - 14 μ m	Gelombang panjang yang mampu menembus awan, citra dapat dibuat dengan cara pasif dan aktif.
Radar Ka K Ku X C S L P Radio	0,3 - 300 cm 0,3 - 300 cm 0,8 - 1,1 cm 1,1 - 1,7 cm 1,7 - 2,4 cm 2,4 - 3,8 cm 3,8 - 7,5 cm 7,5 - 15 cm 15 - 30 cm 30 - 100 cm	Penginderaan jauh sistem aktif. Yang paling sering digunakan. Yang paling sering digunakan. Tidak digunakan dalam penginderaan jauh.

Penginderaan jauh dengan menggunakan sumber tenaga buatan disebut penginderaan jauh sistem aktif. Penginderaan sistem aktif sengaja dibuat dan

dipancarkan dari sensor yang kemudian dipantulkan kembali ke sensor tersebut untuk direkam. Pada umumnya sistem ini menggunakan gelombang mikro, tapi dapat juga menggunakan spektrum tampak, dengan sumber tenaga buatan berupa laser.

Tenaga elektromagnetik pada penginderaan jauh sistem pasif dan sistem aktif untuk sampai di alat sensor dipengaruhi oleh atmosfer. Atmosfer mempengaruhi tenaga elektromagnetik yaitu bersifat selektif terhadap panjang gelombang, karena itu timbul istilah “Jendela atmosfer”, yaitu bagian spektrum elektromagnetik yang dapat mencapai bumi. Adapun jendela atmosfer yang sering digunakan dalam penginderaan jauh ialah spektrum tampak yang memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer hingga 0,7 mikrometer (lihat Tabel 2.1). Jadi dari Tabel 2.1 diperlihatkan bahwa spektrum elektromagnetik merupakan spektrum yang sangat luas, hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan dalam penginderaan jauh, itulah sebabnya atmosfer disebut bersifat selektif terhadap panjang gelombang. Hal ini karena sebagian gelombang elektromagnetik mengalami hambatan, yang disebabkan oleh butir-butir yang ada di atmosfer seperti debu, uap air dan gas. Proses penghambatannya terjadi dalam bentuk serapan, pantulan dan hamburan diperlihatkan pada Gambar 2.2 .



Gambar 2.2. Interaksi Antara Tenaga Elektromagnetik dan Atmosfer

2.1.4. Data Hasil Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh didapat data hasil observasi yang disebut citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Citra sebagai gambaran rekaman suatu objek (biasanya berupa suatu gambaran pada foto) yang didapat dengan cara optik, elektro optik, optik mekanik atau elektronik. Dalam penginderaan jauh, citra berbeda dengan foto. Proses fotografi menggunakan reaksi kimia pada permukaan film yang sensitive untuk mendeteksi dan merekam variasi energi, sedangkan citra berkaitan dengan representasi gambaran tanpa peduli media apa yang digunakan untuk mendeteksi dan merekam energi elektromagnetik.

Sebuah citra terbentuk dalam format digital yang tersusun dari beberapa unsur gambar atau disebut piksel. Tingkat kecerahan piksel ini direpresentasikan

oleh nilai numerik atau digital number (DN) pada masing-masing piksel. Sensor secara elektronik merekam energi elektromagnetik sebagai sekumpulan DN yang akan menyusun gambar. Istilah lain yang penting dalam karakteristik citra adalah band atau channel (kanal/saluran). Informasi dari range panjang gelombang yang berdekatan dikumpulkan menjadi satu dan disimpan dalam kanal. Dalam pengolahan dan pemilihan citra satelit yang akan dipakai untuk kebutuhan tertentu, ada hal-hal yang harus diperhatikan, diantaranya adalah :

1. Resolusi spektral

Resolusi spektral merupakan interval panjang gelombang khusus pada spektrum elektromagnetik yang direkam oleh sensor. Semakin sempit lebar interval spektrum elektromagnetik, resolusi spectral akan menjadi semakin tinggi. Contoh: AVHRR kanal 4 mempunyai lebar interval 10.30-11.30 Lm, sedangkan MODIS kanal 31 mempunyai lebar interval 10.780 - 11.280 Lm, sehingga resolusi spektral MODIS lebih tinggi daripada AVHRR.

2. Resolusi Spasial

Resolusi spasial adalah ukuran terkecil dari objek yang dapat dibedakan oleh sensor atau ukuran daerah yang dapat disajikan oleh setiap piksel. Objek yang mempunyai ukuran lebih kecil dari ukuran piksel dapat dideteksi apabila mempunyai nilai kontras dengan sekitarnya, seperti jalan, pola drainase. Contoh: MODIS mempunyai resolusi spasial yang lebih rendah: 1000 m, dibanding dengan Landsat TM: 30 m. Bila sebuah sensor memiliki resolusi spasial 1000 m citra yang dihasilkannya ditampilkan dengan resolusi penuh,

maka setiap piksel mewakili luasan area 1000 x 1000 m di lapangan. Semakin tinggi resolusinya, maka semakin kecil area yang dapat dicakupnya.

3. Resolusi Radiometrik

Resolusi Radiometrik ditunjukkan oleh jumlah nilai data yang dimungkinkan pada setiap kanal. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah bit perekam. Contoh pada MODIS mencakup 15 bit, sehingga jumlah nilai data pada spektral untuk setiap piksel adalah 0 - 32767. Resolusi ini lebih tinggi dibanding dengan AVHRR, yaitu 10 bit(0 - 1024).

4. Resolusi Temporal

Resolusi temporal adalah ukuran perulangan pengambilan data oleh satelit tersebut pada lokasi yang sama di permukaan bumi.

Agar dapat dimanfaatkan, maka citra tersebut harus diinterpretasikan atau diterjemahkan terlebih dahulu. Interpretasi citra merupakan kegiatan mengkaji citra dengan maksud untuk mengidentifikasi objek dan menilai arti pentingnya objek tersebut .

Sebelum citra digunakan, maka harus dilakukan proses sebelumnya yang disebut preprocessing. Preprocessing ini meliputi koreksi-koreksi sebagai berikut :

1. Koreksi Radiometrik

Memberikan skala pada nilai piksel, sebagai contoh, skala monokromatik dari 0 sampai 255 akan dirubah menjadi nilai radian sesungguhnya

2. Koreksi Atmosferik

Menghilangkan pengaburan atmosferik dengan membuat skala ulang setiap pita frekuensi sehingga nilai minimumnya sesuai dengan harga piksel

0. Membuat data menjadi digital juga memungkinkan untuk memanipulasi data dengan menukar nilai skala-keabuan.

3. Koreksi Geometrik

Memperbaiki kemencengan, rotasi dan perspektif citra sehingga orientasi, proyeksi dan anotasinya sesuai dengan yang ada pada peta. Koreksi geometri terdiri dari koreksi sistematik (karena karakteristik alat) dan non sistematik (karena perubahan posisi penginderaan). Koreksi sistematik biasanya telah dilakukan oleh penyedia data. Koreksi non sistematik biasanya dilakukan dengan suatu proses koreksi geometri. Proses ini memerlukan ikatan yang disebut titik kontrol medan (ground control point/GCP). GCP tersebut dapat diperoleh dari peta, citra yang telah terkoreksi atau tabel koordinat penjurur. GCP kemudian disusun menjadi matriks transformasi untuk rektifikasi citra.

2.2 Sensor Modis

MODIS merupakan singkatan dari *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* adalah sebuah instrumen penting yang berada dalam satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM). Orbit satelit Terra di sekeliling bumi diatur waktunya sedemikian sehingga ia lewat dari utara ke selatan melewati ekuator di pagi hari, sementara satelit Aqua lewat dari selatan ke utara melalui ekuator di sore hari. Dengan demikian Terra MODIS dan Aqua MODIS mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1 hingga 2 hari, mendapatkan data dalam 36 kanal spektrum (*spectral band*) atau grup dari panjang gelombang. Data

ini akan membantu kita dalam meningkatkan pemahaman terhadap global dynamics dan proses yang terjadi di daratan, di lautan dan di atmosfer. MODIS berperan penting dalam perkembangan model sistem bumi untuk dapat memprediksi perubahan global dengan cukup akurat untuk membantu pembuat kebijakan dalam membuat keputusan yang menyangkut perlindungan terhadap lingkungan kita

2.2.1. Komponen-komponen MODIS

Instrumen MODIS telah dirancang dan dikembangkan sejak selesainya *Engineering Model (EM)* pada pertengahan 1995. Dua pesawat luar angkasa telah diluncurkan, yaitu Protoflight Model (PFM) (di dalam Satelit Terra) dan Flight Model 1 (FM1) (di dalam Satelit Aqua). Terra diluncurkan pada 18 Desember 1999, dan Aqua diluncurkan pada 4 May 2002. Perangkat MODIS – dibuat untuk spesifikasi NASA oleh penginderaan jarak jauh Santa Barbara – menampilkan perangkat keras pesawat ruang angkasa terbaik dalam sisi teknik untuk penginderaan jarak jauh.

Instrumen MODIS dirancang dengan beberapa subsistem dan kemampuan, salah satunya adalah Pemetaan atmosfer, darat, dan laut dalam satu instrument dan resolusi spektral kanal 1000m, 500m, dan 250m, di mana Resolusi spasial MODIS untuk kanal 1 dan 2 (0.6 Lm - 0.9 Lm) yaitu 250 m, untuk kanal 3 sampai 7 (0.4 Lm - 2.1 Lm) yaitu 500 m, untuk kanal 8 sampai 36 (0.4 Lm - 14.4 Lm) yaitu 1 km. Berikut ini adalah spesifikasi teknik dari sensor MODIS beserta penggunaan utama tiap kanal .

Orbit : 705 km, 10:30 a.m. *descending node (Terra)* or 1:30 p.m.

ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular

Kecepatan Scan	: 20.3 rpm, <i>cross track</i>
Dimensi Swath	: 2330 km (<i>cross track</i>) by 10 km (<i>along track at nadir</i>)
Teleskop	: 17.78 cm diam. <i>off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop</i>
Ukuran	: 1.0 x 1.6 x 1.0 m
Berat	: 228.7 kg
Daya	: 162.5 W (single orbit average)
Kecepatan Data	: 10.6 Mbps (<i>peak daytime</i>); 6.1 Mbps (<i>orbital average</i>)
Kuantisasi	: 12 bits
Resolusi Spasial	: 250 m (bands 1-2) 500 m (bands 3-7) 1000 m (bands 8-36)
Rancangan Usia Pakai	: 6 years

2.2.2. Data MODIS

Instrumen MODIS beroperasi pada kedua pesawat ruang angkasa Terra dan Aqua. Instrumen ini memiliki kelebaran pengamatan sebesar 2.330 km dan mengamati keseluruhan permukaan bumi setiap satu atau dua hari. Detektornya mengukur 36 pita spektral antara 0,405 dan 14,385 Lm, dan memperoleh data pada tiga resolusi spasial, yaitu 250 m, 500 m, dan 1.000 m. Bersamaan dengan semua data dari instrumen yang lain yang terdapat pada pesawat ruang angkasa Terra dan Aqua, data MODIS dipindahkan ke stasiun bumi di White Sands, New

Mexico, melalui *Tracking and Data Relay Satellite Sistem (TDRSS)*. Data kemudian dikirim ke *EOS Data and Operations Sistem (EDOS) pada Goddard Space Flight Center*. Produk Level 1A, Level 1B, geolocation dan cloud mask, dan produk *Higher-level MODIS land and atmosphere* dihasilkan oleh *MODIS Adaptive Processing Sistem (MODAPS)*, dan kemudian dikirim keluar melalui tiga DAAC untuk distribusi. Produk warna lautan dihasilkan oleh *Ocean Color Data Processing Sistem (OCDPS)* dan didistribusikan kepada para ilmuwan dan komunitas pengguna.

Tabel 2.3. Penggunaan Kanal dan Panjang Gelombang pada MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required SNR ³	Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required NEAT(K) ³
Land/Cloud Boundaries	1	620-670	21.8	128	Surface/Cloud Temperature	20	3.660-3.840	0.45	0.05
	2	841-876	24.7	201		21	3.929-3.989	2.38	2.00
Land/Cloud Properties	3	459-479	35.3	243		22	3.929-3.989	0.67	0.07
	4	545-565	29.0	228		23	4.020-4.080	0.79	0.07
	5	1230-1250	5.4	74	Atmospheric Temperature	24	4.433-4.498	0.17	0.25
	6	1628-1652	7.3	275		25	4.482-4.549	0.59	0.25
	7	2105-2155	1.0	110	Cirrus Clouds	26	1.360-1.390	6.00	150 ⁴
Ocean color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry	8	405-420	44.9	880	Water Vapor	27	6.535-6.895	1.16	0.25
	9	438-448	41.9	838		28	7.175-7.475	2.18	0.25
	10	483-493	32.1	802		29	8.400-8.700	9.58	0.05
	11	526-536	27.9	754	Ozone	30	9.580-9.880	3.69	0.25
	12	546-556	21.0	750	Surface/Cloud Temperature	31	10.780-11.280	9.55	0.05
	13	662-672	9.5	910		32	11.770-12.270	8.94	0.05
	14	673-683	8.7	1087	Cloud Top	33	13.185-13.485	4.52	0.25
	15	743-753	10.2	586	Altitude	34	13.485-13.785	3.76	0.25
Atmospheric Water Vapor	16	862-877	6.2	516		35	13.785-14.085	3.11	0.25
	17	890-920	10.0	167		36	14.085-14.385	2.08	0.35
	18	931-941	3.6	57	¹ Bands 1 to 19, nm; Bands 20-36, μm ² ($\text{W/m}^2\text{-}\mu\text{m-sr}$) ³ SNR=Signal-to-noise ratio NEAT=Noise-equivalent temperature difference ⁴ SNR				
	19	915-965	15.0	250	} Performance goal is 30%-40% better than required				

Data MODIS memiliki beberapa level. Berikut ini adalah tahapan berbagai proses yang harus ditempuh data mentah menjadi data Level 2:

1. Data Level 0

Data mentah yang didapatkan langsung dari satelit masih dalam format data transmisi.

2. Data Level 1a

Data telah diperiksa dan direkonstruksi. Data sudah mempunyai informasi waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta kondisi georeference.

3. Data Level 1b

Data sudah disisipkan beberapa sub-file tersendiri berupadata lokasi geografis, data kalibrasi sensor untuk konversi perhitungan digital.

4. Data Level 2

Data level 1 telah diproses untuk menghasilkan produk data geofisik seperti brightness temperatur, radiance, cloud mask, *NDVI*, *SST*, *LST*, dan fire.

Tidak seperti data pada level 1a, data level 1b adalah sudah merupakan data satelit yang sudah berformat komputer-friendly. Maka, data yang sudah berformat level 1b ini sudah siap untuk diimplementasikan ke algoritma produk geofisika apa saja. Dari sini bisa diolah sehingga menghasilkan produk informasi yang sesuai dengan yang diinginkan. Data level 1b untuk satelit MODIS mempunyai format file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi “.hdf”.

2.2.3. ATBD (*Algorithm Theoretical Basis Documents*)

ATBD dikembangkan untuk setiap produk instrumen EOS (Earth Observing Sistem). ATBD menjelaskan baik secara teori secara fisik maupun prosedur secara matematik dan dengan asumsi yang mungkin kemudian diterapkan untuk perhitungan yang akan digunakan untuk mengubah nilai radiasi yang diterima oleh instrumen menjadi kuantitas geofisikal.

Kuantitas geofisikal kemudian dapat membuat para komunitas ilmuwan untuk mempelajari berbagai macam karakteristik dari sistem bumi sistem. ATBD yang terdapat pada situs resmi MODIS antara lain, ATBD Level 1, ATBD Atmosfir, ATBD Permukaan Bumi, ATBD Lautan, dan ATBD Validasi. Sementara untuk menghitung Suhu Permukaan Laut menggunakan ATBDMOD-25, mengenai Infrared Sea Surface Temperature.

2.3 Oseanografi

Oseanografi adalah ilmu yang mempelajari lautan, air serta gerakannya, pasang, arus, kedalaman, temperature, kadar garam, dan nilai ekonomisnya. Selain itu, mempelajari tentang geologi dasar laut, batas-batas laut, tumbuhan dan binatang laut, serta hubungan antara laut dan atmosfer. Oseanografi mempunyai parameter diantaranya SPL, klorofil, arus, cahaya, salinitas air.

2.4 Suhu Permukaan Laut

Suhu permukaan laut merupakan suhu air yang berada dekat permukaan. Dalam prakteknya, artian paling tepat untuk permukaan berbeda-beda sesuai dengan metode pengukuran yang digunakan. Sebuah radiometer infra merah

satelit secara tidak langsung mengukur suhu dari lapisan yang sangat tipis sekitar 10 mikrometer tebalnya (yang disebut sebagai kulit) dari lautan yang menuju pada frasa suhu kulit (karena radiasi infra merah dipancarkan dari lapisan ini). Instrumen gelombang mikro mengukur suhu subskin pada sekitar 1 mm. Sebuah thermometer yang ditempelkan pada jangkar atau pelampung di lautan akan mengukur suhu pada kedalaman tertentu, (sebagai contoh, pada 1 meter dibawah permukaan laut) – temperatur ini pada saat ini disebut suhu pada lapisan hangat. Pengukuran yang dilakukan secara rutin dari kapal laut sering menggunakan air yang masuk melalui mesin dan mungkin dari berbagai kedalaman diatas 20 m dari lautan. Kenyataannya, suhu ini sering disebut suhu permukaan laut, atau suhu fondasi.

2.4.1. Pengukuran Suhu Permukaan Laut

Ada berbagai macam teknik dalam pengukuran kondisi ini yang berpotensi dapat menghasilkan hasil yang berbeda-beda dikarenakan benda yang berbeda yang sedang diukur.

Teknik awal dalam pengukuran suhu permukaan laut adalah dengan menenggelamkan thermometer pada sekantong air yang secara manual diambil dari permukaan laut. Teknik otomatis pertama dalam menentukan suhu permukaan laut dilakukan dengan mengukur suhu dari air pada port air masuk pada kapal-kapal besar, akan tetapi pengukuran ini tidak selalu konsisten. Kemungkinan, pengukuran yang paling tepat dan berulang-ulang adalah dari pelampung yang tetap dimana kedalaman dari pengukuran suhu air mendekati 1 meter. Banyak pelampung yang berbeda-beda yang terdapat di seluruh dunia yang

berbeda dari segi rancangan dan lokasi dari perbedaan sensor suhu yang dapat diandalkan. Lebih jauh lagi, sekali menyebar, akan sangat sulit untuk mendapatkan informasi yang dapat memonitor secara benar kalibrasi dari sensor suhunya. Pengukuran ini sewaktu-waktu dikirim ke satelit untuk pendistribusian data secara otomatis dan cepat.

Sejak tahun 1980-an satelit banyak digunakan untuk mengukur suhu permukaan laut dan telah menyediakan suatu lompatan besar dalam kemampuan untuk melihat variasi spasial dan temporal dalam menentukan suhu permukaan laut. Pengukuran satelit dalam menentukan suhu permukaan laut jauh lebih konsisten dan, dalam beberapa kasus, lebih akurat daripada pengukuran suhu insitu yang dijelaskan diatas. Pengukuran satelit dibuat dengan mengindera radiasi lautan dalam dua atau lebih panjang gelombang dalam bagian infra merah dari spektrum elektromagnetik atau bagian lain dari spektrum yang kemudian dapat dihubungkan secara empiris pada suhu permukaan laut. Panjang gelombang ini dipilih dikarenakan memiliki kemampuan untuk mengirim dengan baik melewati atmosfer.

Satelit yang mengukur suhu permukaan laut menyediakan pandangan sinopsis dari lautan dan frekuensi tinggi dari pandangan pengulangan, yang membuat pemeriksaan dinamika kelautan tidak mungkin dilakukan dengan kapal atau pelampung. Sebagai contoh, sebuah kapal yang berjalan pada kecepatan 10 knot (20 km/h) akan memerlukan 10 tahun untuk melingkupi area yang sama yang dilingkupi satelit dalam 2 menit.

Bagaimanapun, ada beberapa kesulitan dengan pengukuran suhu permukaan laut absolut berbasis satelit. Pertama, dalam metodologi penginderaan jauh infra merah, radiasi yang memancar dari “kulit” teratas dari lautan, kurang lebih diatas 0,01 mm atau kurang, belum tentu mewakili suhu terbesar dari sisi atas lautan terutama untuk mempengaruhi pemanasan permukaan karena sinar matahari pada waktu siang hari, pantulan radiasi, dan juga kerugian panas yang dapat dirasakan dan penguapan permukaan. Semua faktor ini mempersulit untuk membandingkan pengukuran dari metode pelampung atau kapal laut, menyulitkan usaha kebenaran daratan. Yang kedua, satelit tidak dapat memantau menembus awan, menciptakan “bias cuaca terang” pada tren jangka panjang dari suhu permukaan laut. Namun, kesulitan ini lebih kecil dibandingkan keuntungan dalam pemahaman yang didapat dari estimasi satelit suhu permukaan laut. Bagaimanapun juga, beberapa teknik gelombang mikro dapat mengukur suhu permukaan laut dan dapat “melihat” melewati awan.

Disamping itu, jauh dari dekapan permukaan laut, pengukuran suhu secara umum didampingi dengan referensi untuk pengukuran kedalaman yang spesifik (sebagai contoh, Suhu Permukaan Laut 1m merupakan pengukuran suhu permukaan laut yang dibuat pada kedalaman 1 m). Hal ini dikarenakan perbedaan yang signifikan ditemukan pada pengukuran yang dibuat pada kedalaman yang berbeda-beda, terutama saat siang hari ketika kecepatan angin rendah dan kondisi sinar matahari yang tinggi dapat membuat formasi dari lapisan hangat pada permukaan lautan dan gradien suhu vertikal yang kuat. Ada 3 lapisan pada lautan, yang pertama ada lapisan permukaan, yang kedua adalah thermocline, dan yang

terakhir adalah lautan dalam. 75 persen dari lautan terdiri atas lapisan lautan dalam.

2.4.2. Faktor-faktor yang mempengaruhi Suhu Permukaan Laut

Tinggi rendahnya suhu yang ada di suatu perairan terutama pada lapisan permukaan dipengaruhi oleh radiasi matahari dan kondisi lingkungan di sekitar perairan. Perubahan intensitas cahaya matahari serta faktor-faktor lain seperti arus, keadaan awan, kenaikan massa air (*upwelling*), penguapan, curah hujan, suhu udara, kelembapan dan kecepatan angin menyebabkan perubahan suhu air laut secara harian, musiman dan tahunan .

Yang dimaksud dengan *upwelling* adalah kenaikan massa air laut dari suatu lapisan dalam ke lapisan permukaan. Air laut di lapisan permukaan umumnya mempunyai suhu tinggi, salinitas dan kandungan zat hara yang rendah. Sebaliknya, pada lapisan yang lebih dalam air laut mempunyai suhu yang rendah, salinitas dan kandungan zat hara yang lebih tinggi. Gerakan naik ini membawa serta air yang suhunya lebih dingin, salinitas tinggi, dan zat-zat hara yang kaya ke permukaan (Nontji, 1993). Maka, dalam proses *upwelling* terjadi penurunan suhu permukaan laut.

Selain *upwelling*, dan faktor-faktor yang disebutkan sebelumnya, ada satu faktor penting yang juga ikut mempengaruhi suhu permukaan laut, yaitu font. Font merupakan daerah pertemuan dua massa air yang mempunyai karakteristik berbeda, misal pertemuan antara massa air dari laut yang agak panas dengan

massa air lautan lain yang lebih dingin. Daerah front ditandai dengan gradien suhu permukaan laut yang sangat antara kedua sisi front (Setiawan, 1991) .

2.4.3. Suhu Permukaan Laut dengan menggunakan MODIS

Secara umum, lapisan teratas dari lautan merefleksikan cuaca terkini dan perubahan iklim jangka-pendek, dan lapisan dalamnya merefleksikan catatan iklim sebelumnya secara progresif. Dikarenakan lautan memiliki perubahan yang lebih lambat dibandingkan atmosfer, maka kumpulan data jangka-panjang sangatlah penting. Para ilmuwan menggunakan data MODIS untuk memahami kompleksitas dari bagaimana lautan bereaksi dan membawa suatu perubahan global.

Dalam tambahan pada pengukuran warna lautan yang memberi tahu para ilmuwan mengenai produktifitas lautan dan perubahan karbon, MODIS melakukan pengukuran global harian dari suhu permukaan laut (SPL). SPL sangat penting untuk mempelajari perubahan global untuk banyak alasan. Pertukaran panas, kelembaban, dan gas antara lautan dan atmosfer menentukan kemampuan habitat bumi, dan SPL sangat menentukan rata-rata dari perubahan tersebut. Rata-rata dimana karbon dioksida larut dalam air merupakan ketergantungan suhu, sebagaimana rata-rata dari penguapan air. Dikarenakan uap air merupakan gas rumah kaca yang kuat, rata-rata dari penguapan merupakan faktor yang penting dalam perubahan iklim. Suhu permukaan laut juga merupakan faktor untuk formasi awan, termasuk hujan badai dan angin topan.

Untuk menentukan suhu permukaan laut yang akan dijelaskan pada bab 3, dalam metodologi penelitian, akan digunakan rumus dari ATBD-MOD-25, mengenai Infrared Sea Surface Temperature. Dikarenakan dalam pengukuran suhu permukaan laut ini kita menggunakan kanal 20, 31 dan 32 dari satelit MODIS. Kanal 20, memiliki lebar pita 3,66 – 3,84 Nm, yang merupakan panjang gelombang dari Infra merah thermal. Sedangkan kanal 31 dan 32, memiliki lebar pita 10,78 – 11,28 Nm dan 11,77 – 12,27 Nm, yang merupakan panjang gelombang dari gelombang mikro yang mampu menembus awan.