



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK
MENENTUKAN SUHU PERMUKAAN LAUT**

SKRIPSI

**RIFQI ANNAS
04 05 23 0418**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK
MENENTUKAN SUHU PERMUKAAN LAUT**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**RIFQI ANNAS
04 05 23 0418**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS INDONESIA
JUNI 2009**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : Rifqi Annas
NPM : 0405230418
Tanda Tangan :
Tanggal : 17 Juni 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi dengan judul :

PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK MENENTUKAN SUHU PERMUKAAN LAUT

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan disetujui untuk diajukan dalam presentasi skripsi.

Depok, 17 Juni 2009

Dosen Pembimbing,

(Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.)

NIP. 131 944 413

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :

Nama : Rifqi Annas

NPM : 0405230418

Program Studi : Elektro S1 Ekstensi

Judul Skripsi : PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK
MENENTUKAN SUHU PERMUKAAN LAUT

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana S1 pada Program Studi Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Arman Djohan, M. Eng ()

Penguji : Dr. Ir. Retno Wigajatri P., MT ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 23 Juni 2009

KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- (1) Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng, selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan skripsi ini;
- (2) Ayah, bunda, dan adik-adik tercinta, Almushafi, Muhammad Faqih, dan Fany Maulida, yang selalu mendo'akan saya dalam penyelesaian skripsi ini;
- (3) Seseorang yang sangat spesial dan sangat berarti buat saya, Ameriana Indripramesty, yang tanpa lelah memberikan dukungan dan motivasi dari pagi, siang, sore sampai malam dengan ceriwisnya;
- (4) LAPAN, yang telah menerima kami dengan baik, serta membagi pengetahuannya dan memberikan sumber data;
- (5) Kakak-kakak yang sangat perhatian, ibu Diana Suciati, dan Ellya Poespitari;
- (6) Rekan satu tim, Kusumaning Ayu Dyah Sukowati, Muhammad Mahrozi, dan Yusuf Firdaus, yang rela berbagi ilmu dan berjuang bersama;
- (7) Segenap dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro yang telah membekali ilmu pengetahuan yang berguna kepada penulis.

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 17 Juni 2009

Penulis

Universitas Indonesia

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Rifqi Annas
NPM : 0405230418
Program Studi : S1 Ekstensi
Departemen : Elektro
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK MENENTUKAN SUHU
PERMUKAAN LAUT

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 17 Juni 2009
Yang menyatakan

(Rifqi Annas)

ABSTRAK

Nama : Rifqi Annas
Program Studi : Elektro S1 Ekstensi
Judul : PEMANFAATAN DATA SATELIT MODIS UNTUK
MENENTUKAN SUHU PERMUKAAN LAUT

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah negara kepulauan, di antaranya pelanggaran batas wilayah, penentuan lokasi sumber daya alam, serta kemampuan dini dalam mendeteksi awalnya suatu bencana alam, adalah teknologi penginderaan jauh. Teknologi ini menggunakan kemampuan sensor satelit yang dapat menangkap citra pemetaan suatu wilayah dengan spesifikasi yang dimilikinya. Salah satu sensor yang memiliki kemampuan tersebut adalah *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). Indonesia yang dilalui garis khatulistiwa, mempunyai karakteristik unik karena di wilayah perairannya terjadi interaksi antara masa air yang datang dari Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Sedangkan habitat dari komunitas ikan sangat dipengaruhi oleh kondisi atau parameter oseonografi perairan seperti suhu permukaan laut, salinitas, konsentrasi klorofil laut, cuaca dan sebagainya, yang berpengaruh pada dinamika atau pergerakan air laut baik secara horizontal maupun vertikal. Di dalam Tugas Akhir ini akan dikembangkan penghitungan Suhu Permukaan Laut menggunakan data MODIS. Data diolah menggunakan rumus yang diturunkan dari *Algorithm Theoretical Basis Documents* (ATBD) sehingga mendapatkan nilai pasti dari suhu permukaan laut pada beberapa sampel lokasi di perairan Indonesia.

Kata kunci:

Penginderaan Jauh, MODIS, Suhu Permukaan Laut, ATBD

ABSTRACT

Nama : Rifqi Annas
Program Studi : Elektro S1 Ekstensi
Judul : DERIVATION OF SEA SURFACE TEMPERATURE
USING MODIS DATA

One of many technologies which can be used to overcome archipelago's problems; the violation of a territory, the determination of natural resources location, and the earlier ability to detect earlier natural disaster, is *Remote Sensing Technology*. This technology uses satellite's ability to capture cartography image of an area with its specification. One of satellites which has that ability is MODIS sensor carried by TERRA/AQUA satellite. Indonesia, which is passed by the equator line, has an unique characteristic. There is an interaction between water volume from Indian Ocean and Pacific Ocean. Meanwhile, fishing ground in the ocean depends on the condition or oceanography parameters, such as sea surface temperature, salinity, sea chlorophyll concentration, weather, etc. which are influenced by dynamic sea's mobility both horizontally and vertically. One of the sea parameters, the Sea Surface Temperature (SST), could be derived from MODIS data. The data is processed using formula derived from Algorithm Theoretical Basis Documents (ATBD) and implemented to obtain the SST of several sample area in Indonesian watery.

Key words: Remote Sensing, MODIS, Sea Surface Temperature, ATBD

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
KATA PENGANTAR/UCAPAN TERIMA KASIH	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR ISTILAH	xiv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penulisan	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Metode Penulisan	3
1.5 Sistematika Penulisan	3
BAB 2 LANDASAN TEORI	5
2.1 Penginderaan Jauh	5
2.1.1 Sejarah singkat Pengindraan Jauh	6
2.1.2 Sistem Pengindraan Jauh	7
2.1.3 Alat-alat pada Pengindraan Jauh	10
2.1.4 Data Hasil Pengindraan Jauh	11
2.1.5 Pengindraan Jauh untuk Lautan	13
2.2 MODIS	14
2.2.1 Sejarah Singkat Satelit MODIS	15
2.2.2 Spesifikasi Teknik	15
2.2.3 Konsep Perancangan MODIS	16

2.2.4 Data MODIS	17
2.2.5 ATBD (<i>Algorithm Theoretical Basis Documents</i>)	20
2.3 Suhu Permukaan Laut	20
2.3.1 Pengukuran Suhu Permukaan Laut	21
2.3.2 Faktor-faktor yang mempengaruhi Suhu Permukaan Laut	23
2.3.3 Suhu Permukaan Laut dengan menggunakan MODIS	23
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Diagram Alir	25
BAB 4 HASIL DAN ANALISA	32
4.1 Hasil Percobaan	33
4.2 Analisa Percobaan	34
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	39
5.1 Kesimpulan	39
5.2 Saran	40
DAFTAR ACUAN	41
DAFTAR PUSTAKA	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Interaksi antara energi elektromagnetik dengan atmosfer	8
Gambar 2.2 Sistem Umum Pengindraan Jauh	8
Gambar 2.3 Spektrum elektromagnetik yang dipakai dalam penginderaan jauh lautan	14
Gambar 2.4 Gambar satelit TERRA/AQUA MODIS	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Pra-Pengolahan dan Pengolahan Data untuk menghitung Suhu Permukaan Laut	26
Gambar 3.2 a. Citra MODIS dengan resolusi 1000 meter; b. Citra MODIS yang telah dikoreksi <i>Bow-tie</i>	27
Gambar 3.3 a. Citra MODIS dengan resolusi 1000 meter; b. Citra MODIS yang telah dikoreksi <i>Bow-tie</i> dan Geometrik	28
Gambar 3.4 Atribut file hdf dengan resolusi band 1000 meter	29
Gambar 4.1 Proses meng-crop sebagian Laut Jawa dari data satelit MODIS yang telah diolah sebelumnya	32
Gambar 4.2 Peng-croppingan data tanpa adanya awan dan dengan adanya awan	34
Gambar 4.3 Citra SPL Laut Jawa pada tanggal 29 Januari 2008	35
Gambar 4.4 Citra SPL Laut Jawa pada tanggal 9 Desember 2008	35
Gambar 4.5 Diagram hasil percobaan SPL di wilayah Laut Jawa tahun 2008 ...	37

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya	9
Tabel 2.2 Penggunaan Kanal dan Panjang Gelombang pada MODIS	18
Tabel 3.1 Kanal-kanal yang digunakan untuk menghitung SPL	29
Tabel 3.2 Koefisien Non Linear SST untuk algoritma sst	31
Tabel 4.1 Hasil Percobaan dengan menggunakan data sepanjang tahun 2008 dengan lokasi 4:30:2.27 S - 106:30:1.37 E dan 5:29:58.67 S – 108:29:54.17 E	33
Tabel 4.2 Hasil Percobaan dengan suhu permukaan laut maksimum selama tahun 2008 dengan lokasi 4:30:2.27 S - 106:30:1.37 E dan 5:29:58.67 S – 108:29:54.17 E	36

DAFTAR SINGKATAN

LAPAN	Lembaga Penerbangan dan Ruang Angkasa Nasional, Indonesia
NASA	National Aeronautics and Space Administration. Lembaga Penerbangan dan Ruang Angkasa Amerika Serikat
MODIS	<i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i>
SPL	Suhu Permukaan Laut
EOS	<i>Earth Observing System</i>
ZPPI	Zona Potensi Penangkapan Ikan
AVHRR	<i>Advanced Very High Resolution Radiometer</i>
NOAA	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>
ATBD	<i>Algorithm Theoretical Basis Documents</i>
SST	<i>Sea Surface Temperature</i>

DAFTAR ISTILAH

Band (Kanal)	Disebut juga channel atau saluran. Suatu julat spectrum elektromagnetik yang dirancang untuk kepentingan misi tertentu pada sebuah pengindera. Sebuah pengindera sekurang-kurangnya memiliki satu saluran.
Citra Satelit	Citra hasil penginderaan suatu jenis satelit tertentu.
Koreksi geometri	Kegiatan ini juga sering dinamakan rektifikasi. Memperbaiki kemencengan, rotasi dan perspektif citra sehingga orientasi, proyeksi dan anotasinya sesuai dengan yang ada pada peta.
Koreksi radiometri	Koreksi variasi data yang tidak disebabkan oleh objek diindera, tetapi oleh malfungsi pengindera atau interferensi atmosfer.
Layer	Suatu liputan geografis yang berisikan jenis informasi tertentu. Berbagai jenis informasi pada liputan geografis yang sama disebut multi layer. Untuk konteks citra penginderaan jauh digital, layer dan band mengandung pengertian yang sama.
Nadir	Titik yang berada tepat tegak lurus satelit di permukaan bumi.
Penginderaan Jauh	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.

Pengolahan Citra	Disebut juga image processing. Kegiatan manipulasi citra digital yang terdiri dari penajaman, rektifikasi dan klasifikasi.
Resolusi	Ukuran ketelitian data citra satelit.
Resolusi radiometrik	Jarak (range) representasi/kuantisasi data, biasanya dipergunakan untuk format raster. Jarak tersebut dapat berupa 2 bit (0-1), 3 bit (0-3), 4 bit (0-15), 5 bit (0-31), 6 bit (0-63), 7 bit (0-127), 8 bit (0-255), 10 bit (0-1023), 16 bit (0-65535).
Resolusi spasial	Ukuran objek terkecil yang dapat dibedakan dengan objek lain. Pada citra raster berarti ukuran 1 (satu) pixel data di lapangan. Pada citra optik (fotografik) dapat diartikan ukuran 1 (satu) detik busur medan pandang di lapangan.
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.
Resolusi temporal	Ukuran perulangan pengambilan data oleh satelit tersebut pada lokasi yang sama di permukaan bumi.
Satelit	Benda buatan / kendaraan yang dirancang mengitari bumi, bulan atau benda angkasa lain.
Zenit	Titik yang berada tepat tegak lurus satelit.

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sesuai dengan letak geografis Indonesia yang berada diantara dua benua dan dua samudra, dan kondisi Indonesia yang merupakan negara kepulauan dengan wilayah perairan yang sangat luas, Indonesia masih memiliki hambatan serta kekurangan kemampuan dalam menghadapi kemungkinan yang dapat terjadi pada suatu negara kepulauan, antara lain pelanggaran batas wilayah, penentuan lokasi sumber daya alam, serta kemampuan dini dalam mendeteksi awalnya suatu bencana alam.

Dengan pesatnya perkembangan teknologi saat ini, telah banyak kemudahan-kemudahan yang dapat dilakukan dalam kehidupan manusia bahkan yang tidak terfikirkan sebelumnya. Salah satu teknologi yang dapat kita gunakan untuk mengatasi masalah negara kita sebagai negara kepulauan yang telah disebutkan sebelumnya adalah teknologi penginderaan jarak jauh. Teknologi ini menggunakan kemampuan satelit yang dapat menangkap citra pemetaan suatu wilayah dengan spesifikasi yang dimilikinya.

Salah satu sensor penginderaan jauh yang memiliki kemampuan diatas adalah sensor MODIS yang dibawa satelit TERRA/AQUA. Dari data sensor MODIS, kita dapat diketahui informasi mengenai potensi sumber daya alam yang dimiliki Indonesia. Indonesia dilalui garis khatulistiwa sehingga mempunyai karakteristik unik karena wilayah perairannya menjadi tempat interaksi antara massa air yang datang dari Samudra Hindia dan Samudra Pasifik. Pertemuan masa air dari kedua samudra tersebut di daerah-daerah wilayah perairan laut Indonesia, dapat diperkirakan daerah-daerah tersebut terdapat banyak ikan yang beraneka ragam.

Karena dinamika tersebut, maka keberadaan daerah ikan di perairan Indonesia bersifat dinamis, selalu berubah/berpindah mengikuti pergerakan

kondisi lingkungan, dimana secara alamiah ikan akan memilih habitat yang lebih sesuai. Sedangkan habitat tersebut sangat dipengaruhi oleh kondisi atau parameter oseonografi perairan seperti suhu permukaan laut, salinitas, konsentrasi klorofil laut, cuaca dan sebagainya, yang berpengaruh pada dinamika atau pergerakan air laut baik secara horizontal maupun vertikal.

Salah satu parameter kelautan yang terkait adalah suhu permukaan laut, yang diperoleh dengan pengukuran langsung/survey lapangan atau menggunakan data satelit. Perubahan suhu permukaan laut memiliki implikasi biologis yang sangat penting untuk kondisi kenyamanan/ketidakhnyamanan kebanyakan biota laut, termasuk spesies plankton, rumput laut, kerang-kerangan, ikan-ikan serta mamalia laut. Maka dengan mengetahui informasi perubahan suhu permukaan laut, maka kawasan potensial untuk penangkapan ikan dapat diketahui. Informasi tersebut dapat digunakan oleh nelayan dalam kegiatan penangkapan ikan, sehingga penangkapan ikan akan menjadi lebih efisien dan efektif apabila daerah gerombolan ikan dapat diduga terlebih dahulu.

Pembahasan mengenai analisa suhu permukaan laut sebelumnya sudah pernah dikerjakan oleh mahasiswa Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia dalam skripsi Asep Kusuma yang berjudul *Analisa Suhu Permukaan Laut Pada Sensor Satelit NOAA/AVHRR Dan AQUA/TERRA MODIS* (Desember, 2007). Pada skripsi tersebut, dibandingkan hasil analisa pengukuran suhu permukaan laut menggunakan sensor MODIS dan AVHRR hanya dari 3 data masing-masing satelit, yaitu pada tanggal 2 Oktober 2005, 7 Oktober 2005 dan 30 Maret 2007.

Sedangkan pada skripsi ini, menggunakan metode yang sama yaitu ATBD Infra Merah Thermal untuk menentukan nilai suhu permukaan laut dari MODIS, dikembangkan analisis suhu permukaan laut dalam kurun waktu sepanjang tahun 2008, mulai dari bulan Januari hingga Desember. Dengan demikian analisis dan pengamatan suhu permukaan laut sepanjang tahun tersebut dapat dilakukan, serta dapat dikembangkan untuk memperoleh trend perubahan suhu permukaan laut sesuai dengan data yang diperoleh.

1.2 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan skripsi ini adalah:

1. Memanfaatkan teknologi penginderaan jauh untuk mengetahui suhu permukaan laut.
2. Memanfaatkan data MODIS sebagai data satelit yang umum dan populer.
3. Menerapkan atau mengimplementasikan rumus dari ATBD untuk menentukan nilai suhu permukaan laut pada suatu wilayah.
4. Membuat suatu analisa multitemporal dari hasil pengolahan data tersebut.
5. Monitoring dan memetakan wilayah suhu permukaan laut.

1.3 Batasan Masalah

Pembatasan permasalahan untuk penulisan dan penelitian ini adalah:

1. Data yang digunakan adalah data MODIS dari bulan Januari 2008 sampai dengan Desember 2008.
2. Kanal yang digunakan adalah kanal 20, 31 dan 32.
3. Wilayah yang diteliti adalah sekitar Laut Jawa, dengan resolusi data 1000 meter.

1.4 Metode Penulisan

Metode Penulisan adalah dengan menggunakan studi literatur dan pengolahan data.

1.5 Sistematika Penulisan

Bab 1 Pendahuluan, membahas latar belakang dan tujuan penulisan, batasan permasalahan, dan metode penulisan yang digunakan dalam penulisan.

Bab 2 Landasan Teori, berisikan tentang teori-teori yang dibutuhkan.

Bab 3 Metodologi Penelitian, memaparkan metodologi penelitian dan langkah-langkah yang akan dikerjakan untuk tahap pembuatan sistem.

Bab 4 Hasil dan Analisa, membahas tentang proses untuk mendapatkan hasil dan analisa terhadap hasil yang diperoleh.

Bab 5 Kesimpulan, menjelaskan kesimpulan dari skripsi dan hasil percobaan.

Daftar Acuan dan Daftar Pustaka, memuat daftar acuan dan daftar pustaka yang digunakan dalam penyusunan seminar.

BAB 2

LANDASAN TEORI

Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengatasi masalah negara kepulauan, diantaranya pelanggaran batas wilayah, penentuan lokasi sumber daya alam, serta kemampuan dini dalam mendeteksi awalnya suatu bencana alam, adalah teknologi penginderaan jauh. Teknologi ini menggunakan kemampuan satelit MODIS yang dapat menangkap citra pemetaan suatu wilayah dengan spesifikasi yang dimilikinya. Salah satu sumber daya alam adalah sumber daya perikanan yang salah satunya dapat diperkirakan melalui parameter kelautan, yakni suhu permukaan laut. Dengan mengetahui informasi suhu permukaan laut, maka habitat komunitas ikan dapat diperkirakan. Pada bab ini akan dibahas mengenai penginderaan jauh, MODIS, dan suhu permukaan laut, mulai dari pengertian umum, sejarah singkat, serta dari sisi teknisnya.

2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan Jauh (Indraja) 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-bagian (*spectral; spatial; physical*) dari suatu area titik-titik sasaran (piksel-piksel). Data dapat berupa tampilan terekam yang sesuai dengan fitur, objek dan material yang dilakukan dengan mengaplikasikan satu atau lebih alat-alat perekam tanpa kontak langsung secara fisik, dan dibawah pengawasan (sehingga pada jarak tertentu dari sasaran yang diobservasi, dimana dijaganya pengaturan spasial). Teknik-teknik ini menggunakan kumpulan pengetahuan yang sesuai dengan tampilan terekam (sasaran) dengan menggunakan radiasi elektromagnetik, medan gaya, atau energi akustik yang ditangkap dengan menggunakan kamera-kamera perekam, radiometer dan scanner, laser, penerima frekuensi radio, sistem-sistem radar,

sonar, perangkat pengukur suhu, pendeteksi suara, seismograf, magnetometer, gravimeter, *scintillometer*, dan perangkat-perangkat lainnya [1].

Dalam pengertian sederhananya, pengindraan jauh merupakan suatu teknik berbasis instrumentasi untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala, dengan jalan menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat peraba (sensor), tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau gejala yang akan dikaji [2].

2.1.1 Sejarah singkat Pengindraan Jauh

Diatas metode primitif dari pengindraan jauh yang digunakan oleh para pendahulu kita (contohnya: berdiri di tebing yang tinggi atau pohon untuk melihat tata letak). Pengguna balon, G. Tournachon (alias Nadar) membuat foto-foto kota Paris dari balonnya pada tahun 1958. Penggunaan untuk strategi pertama kali pada perang sipil. Merpati pembawa pesan, layang-layang, roket, dan balon tanpa manusia juga digunakan untuk mendapatkan citra awal. Dengan pengecualian dari balon-balon, pencitraan individu yang pertama ini tidak terlalu berguna untuk pembuatan peta atau tujuan-tujuan pengetahuan.

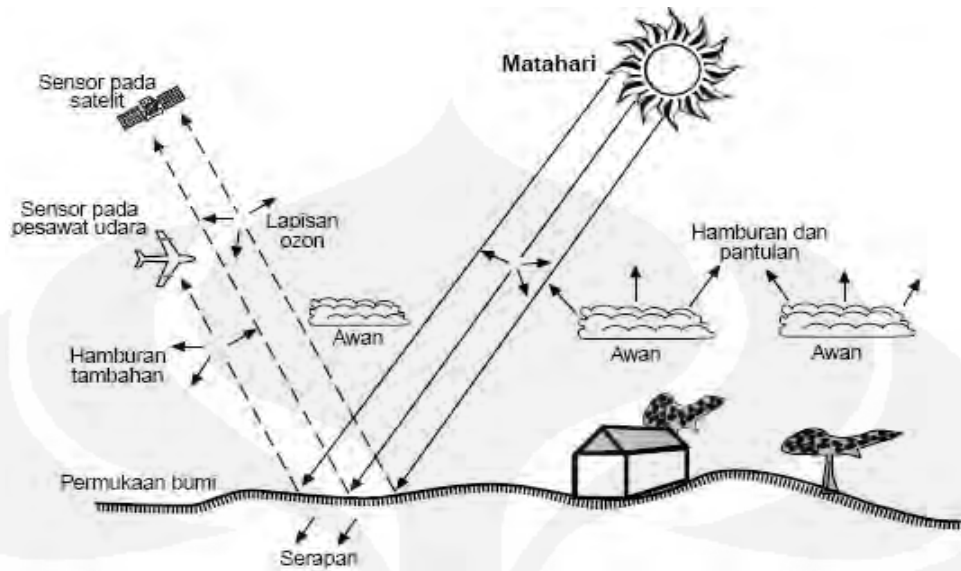
Fotografi wilayah yang sistematis, mulai dikembangkan untuk pengawasan militer dan kegiatan pengintaian pada Perang Dunia pertama dan mencapai titik puncaknya menjelang Perang Dingin dengan penggunaan pesawat tempur yang sudah dimodifikasi seperti P-51, P-38, RB-66, F4-C dan SR-71.

Pengembangan dari satelit buatan pada pertengahan akhir abad ke 20 mengakibatkan pengindraan jauh berkembang untuk skala global pada saat akhir dari Perang Dingin. Instrumentasi dari berbagai macam penelitian Bumi yang meningkat dan satelit-satelit cuaca seperti *Landsat*, *Nimbus*, dan misi terbaru seperti *RADARSAT* dan *UARS* dapat menyediakan pengukuran global dari berbagai macam data untuk sipil, penelitian, dan kegiatan-kegiatan militer.

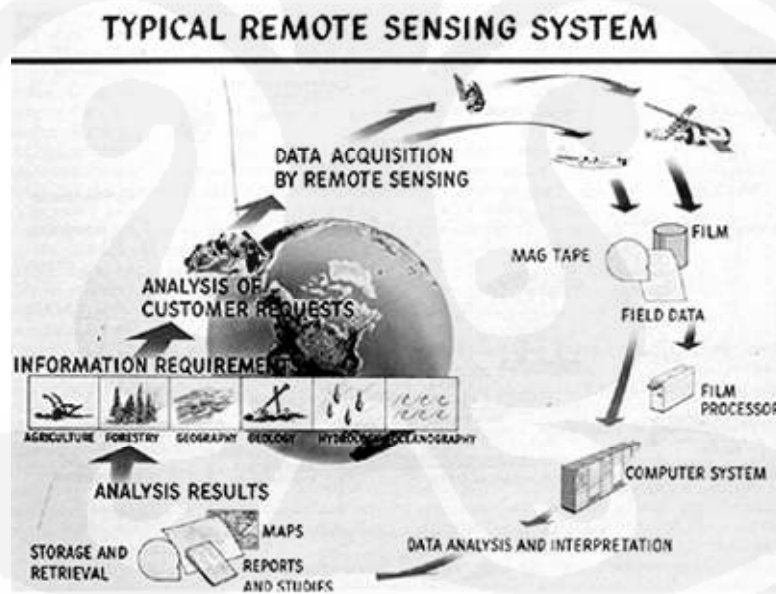
2.1.2 Sistem Pengindraan Jauh

Pengindraan jauh ada dua macam. Sensor-sensor pasif mendeteksi radiasi alami yang dipancarkan atau dipantulkan oleh suatu obyek atau area sekitar yang sedang diteliti. Pantulan sinar matahari merupakan sumber radiasi yang sangat sering diukur oleh sensor-sensor pasif. Contoh dari sensor-sensor jarak jauh pasif termasuk didalamnya fotografi film, infra-red, CCD, dan radiometer. Sedangkan dari sisi aktif, memancarkan energi agar dapat memindai obyek-obyek dan area-area setelah sensor pasif kemudian mendeteksi dan mengukur radiasi yang dipantulkan atau dipantulkan kembali ke asal dari sasaran. RADAR merupakan contoh dari pengindraan jauh aktif dimana jeda waktu antara pemancaran dan sinyal balik diukur, menentukan lokasi, ketinggian, kecepatan dan arah dari suatu obyek.

Energi elektromagnetik pada pengindraan jauh sistem pasif dan sistem aktif untuk sampai pada alat sensor dipengaruhi oleh atmosfer. Atmosfer mempengaruhi energi 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 pengindraan jauh ialah spektrum tampak yang memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer hingga 0,7 mikrometer (lihat Tabel 2.1). Dari Tabel 2.1 terlihat bahwa spektrum elektromagnetik merupakan spektrum yang sangat luas, hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan dalam pengindraan 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 (Gambar 2.1) [3].



Gambar 2.1 Interaksi antara energi elektromagnetik dengan atmosfer [3]



Gambar 2.2 Sistem Umum Pengindraan Jauh [1]

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya [3]

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

2.1.3 Alat-alat pada Pengindraan Jauh

Dikarenakan teknik-teknik pada pengindraan jauh berbasis instrumentasi, maka diperlukan alat-alat antara lain berupa sensor, alat pembawa sensor tersebut, pengolah data dan alat-alat lainnya sebagai pendukung. Oleh karena sensor tidak ditempatkan pada obyek, maka perlu adanya wahana atau alat sebagai tempat untuk meletakkan sensor. Wahana tersebut dapat berupa balon udara, pesawat terbang, satelit atau wahana lainnya. Tetapi dari semua jenis wahana tersebut, yang paling banyak digunakan adalah satelit.

Satelit dalam pengindraan jauh tersusun dari pemindai (*scanner*) dengan dilengkapi sensor pada wahana (*platform*) satelit, dan sensor itu dilengkapi oleh detektor [4]. Pemindai merupakan sistem perolehan data secara keseluruhan termasuk sensor dan detektor, sedangkan sensor dipergunakan untuk menangkap energi dan mengubahnya dalam bentuk sinyal dan menyajikannya ke dalam bentuk yang sesuai dengan informasi yang ingin diambil, dan terakhir detektor merupakan alat pada sistem sensor yang merekam radiasi elektromagnetik.

Sinyal radiasi elektromagnetik yang sampai kesensor direkam dalam pita magnetik untuk diproses menjadi data visual atau digital yang dapat diolah komputer. Sensor dalam pengindraan jauh dapat menerima informasi dalam berbagai bentuk antara lain sinar atau cahaya, gelombang bunyi dan daya elektromagnetik. 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:

1. Sensor Fotografi

Proses perekamannya berlangsung seperti pada kamera foto biasa, atau yang kita kenal yaitu melalui proses kimiawi. Energi elektromagnetik yang diterima kemudian direkam pada emulsi film dan setelah diproses akan menghasilkan foto. Ini berarti, disamping sebagai energi, film juga berfungsi

sebagai perekam, yang hasil akhirnya *berupa foto udara*, jika perekamannya dilakukan dari udara, baik melalui pesawat udara atau wahana lainnya. Tapi jika perekamannya dilakukan dari antariksa maka hasil akhirnya disebut foto satelit atau foto orbital.

2. Sensor Elektronik

Sensor elektronik berupa alat yang bekerja secara elektrik dengan pengolahan 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 energi yang membawanya antara lain matahari, yaitu dalam bentuk energi elektromagnetik. Matahari merupakan sumber utama energi elektromagnetik ini. Di samping matahari sebagai sumber energi alamiah, ada juga sumber energi lain, yakni sumber energi buatan.

2.1.4 Data Hasil Pengindraan Jauh

Secara umum, pengindraan jauh bekerja pada prinsip *kebalikan masalah*. Sementara obyek atau fenomena yang diperhatikan tidak dapat diukur secara langsung, terdapat beberapa variabel lain yang dapat diketahui dan diukur, yang kemungkinan berhubungan terhadap obyek yang diperhatikan melalui penggunaan model komputer pengolahan-data. Sebagai contoh, sementara tidak mungkin untuk mengukur suhu atmosfer lapisan atas secara langsung, tapi memungkinkan untuk mengukur pancaran spektral dari unsur kimia yang diketahui (seperti karbon dioksida) pada wilayah tersebut. Frekuensi dari pancaran tersebut kemudian dapat dihubungkan pada suhu di wilayah tersebut melalui berbagai macam hubungan *thermodynamic*.

Kualitas dari data penginderaan jauh terdiri dari resolusi spasial, spektral, radiometrik, dan temporalnya.

Resolusi Spasial

Ukuran dari suatu piksel yang direkam dalam suatu citra dengan data bitmap – umumnya piksel-piksel sesuai terhadap wilayah persegi yang memiliki jangkauan panjang kedalaman dari 1 sampai 1000 meter (3,3 sampai 3280 kaki).

Resolusi Spektral

Jumlah dari pita frekuensi yang berbeda-beda yang terekam – biasanya, sebanding dengan jumlah sensor yang dibawa oleh wahana. Koleksi Landsat saat ini terdiri dari tujuh pita, termasuk beberapa didalam spektrum infra-merah. Satelit MODIS memiliki pita tertinggi dengan 31 pita.

Resolusi Radiometrik

Jumlah intensitas radiasi yang berbeda-beda yang dapat dibedakan oleh sensor. Umumnya, memiliki jangkauan dari 8 sampai 14 bit, yang memiliki kecocokan terhadap 256 level dari skala keabuan dan sampai 16.384 intensitas atau “bayangan” warna, dalam setiap pita.

Resolusi Temporal

Frekuensi dari *flyover* dengan satelit atau pesawat terbang, dan hanya relevan dalam pembelajaran urutan-waktu atau yang membutuhkan sesuatu diatas rata-rata atau citra mosaik seperti dalam monitoring penebangan hutan. Ini pertama kali digunakan oleh komunitas orang cerdas dimana lingkupan pengulangan mengungkap perubahan dalam infrastruktur, penyebaran dari unit-unit atau modifikasi/pengenalan dari perangkat. Lingkupan awan pada suatu area atau obyek membuatnya perlu untuk mengulang kumpulan dari lokasi yang telah disebutkan.

Untuk membuat pemetaan berbasis-sensor, kebanyakan sistem penginderaan jauh harus dapat memperhitungkan data sensor dalam hubungannya

terhadap titik referensi termasuk jarak antara titik yang diketahui pada bumi. Hal ini tergantung dari tipe sensor yang digunakan.

Sebagai tambahan, citra mungkin butuh untuk dikoreksi secara radiometrik dan atmosferik.

Koreksi Radiometrik

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

Koreksi Atmosferik

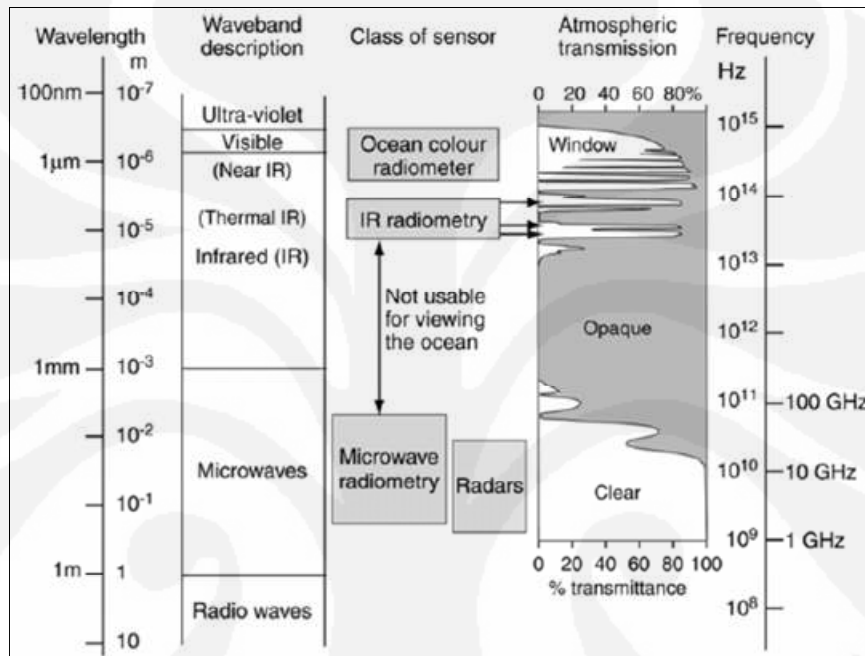
Menghilangkan pengaburan atmosferik dengan membuat skala ulang setiap pita frekuensi sehingga nilai minimumnya sesuai dengan harga piksel 0. Membuat data menjadi digital juga memungkinkan untuk memanipulasi data dengan menukar nilai skala-keabuan.

2.1.5 Penginderaan Jauh untuk Lautan

Semua sensor satelit penginderaan jauh menggunakan radiasi elektromagnetik untuk melihat lautan. Kemampuan sensor khusus untuk mengukur parameter lautan dan bagaimana sensor tersebut dapat melihat lewat atmosfer dan menembus awan sangat tergantung pada spektrum elektromagnetik mana yang dipakai. Gambar 2.3 memperlihatkan pembagian spektrum elektromagnetik yang berhubungan dengan penginderaan jauh dan yang digunakan oleh empat kelas sensor. Gambar tersebut juga memperlihatkan bagaimana transmitansi atmosfer bervariasi dengan panjang gelombang elektromagnetik yang menunjukkan alasan mengapa suatu sensor dibuat hanya pada pita gelombang tertentu saja [5].

Untuk beberapa spektrum elektromagnetik, atmosfer tidak dapat ditembus sehingga tidak dapat digunakan untuk penginderaan jauh lautan. Tetapi ada beberapa panjang gelombang yang dilewatkan oleh atmosfer sehingga membentuk suatu “jendela”. Ada beberapa jendela sempit pada panjang gelombang antara 3.5

μm sampai $13 \mu\text{m}$ yang dimanfaatkan oleh radiometer infra merah. Ini adalah infra merah termal bagian dari spektrum radiasi yang paling banyak dideteksi yang diemisikan oleh permukaan sesuai dengan suhunya. Di dalam penginderaan jauh lautan itu digunakan untuk mengukur suhu permukaan laut (SPL).



Gambar 2.3 Spektrum elektromagnetik yang dipakai dalam penginderaan jauh lautan [3]

2.2 MODIS

Teknologi penginderaan jauh membutuhkan wahana berupa satelit untuk mendapatkan data yang diinginkan. Wahana tersebut salah satunya berupa satelit. Satelit yang cukup terkenal untuk penginderaan jauh adalah Aqua/Terra MODIS dan NOAA/AVHRR. MODIS (atau *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan sebuah instrumen penting yang berada dalam satelit Terra (EOS AM) dan Aqua (EOS PM), sedangkan AVHRR (atau *Advanced Very High Resolution Radiometer*) merupakan sensor yang berada pada satelit NOAA. Orbit satelit Terra mengelilingi bumi diatur waktunya sedemikian sehingga melewati dari utara ke selatan melalui ekuator di pagi hari, sementara

satelit Aqua melewati dari selatan ke utara melalui ekuator di sore hari. Sedangkan satelit NOAA mengambil keseluruhan citra bumi sebanyak 2 kali sehari. Kelebihan satelit Terra MODIS dan Aqua MODIS dibandingkan dengan NOAA/AVHRR adalah satelit Aqua/Terra MODIS mengamati seluruh permukaan bumi setiap 1 hingga 2 hari, memperoleh data dalam 36 kanal pita spektrum (spectral band) atau grup dari panjang gelombang, sedangkan satelit NOAA/AVHRR hanya memperoleh data dalam 6 kanal sensor. Data dari kedua satelit 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 Sejarah singkat satelit MODIS

Perangkat MODIS telah dirancang dan dikembangkan sejak *Engineering Model (EM)* telah diselesaikan pada pertengahan 1995. Semenjak itu, dua unit pesawat ruang angkasa, Protoflight Model (PFM) (diatas satelit Terra), dan Flight Model 1 (FM1) (diatas satelit Aqua) telah diselesaikan dan diluncurkan. Terra diluncurkan pada 18 Desember 1999, dan Aqua diluncurkan pada 4 May 2002. Perangkat MODIS – dibuat untuk spesifikasi NASA oleh penginderaan jauh Santa Barbara – menampilkan perangkat keras pesawat ruang angkasa terbaik dalam sisi teknik untuk penginderaan jauh.

2.2.2 Spesifikasi Teknik

Orbit : 705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular

Scan Rate : 20.3 rpm, cross track

Swath Dimensions : 2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)

Telescope : 17.78 cm diam. off-axis, afocal (collimated), with intermediate field stop

Size : 1.0 x 1.6 x 1.0 m

Weight : 228.7 kg

Power : 162.5 W (single orbit average)

Data Rate : 10.6 Mbps (peak daytime); 6.1 Mbps (orbital average)

Quantization : 12 bits

Spatial Resolution : 250 m (bands 1-2)

500 m (bands 3-7)

1000 m (bands 8-36)

Design Life : 6 years

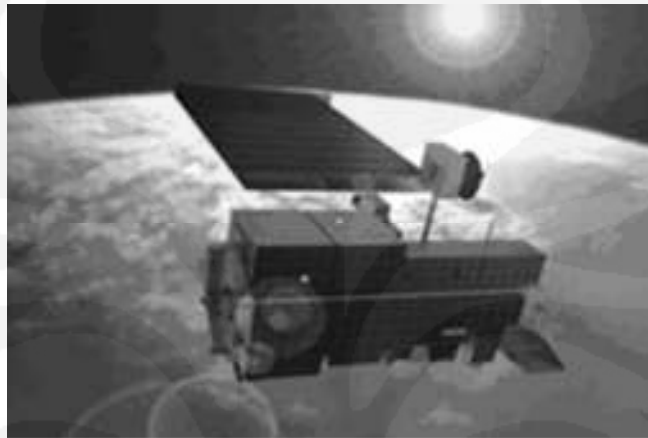
2.2.3 Konsep Perancangan MODIS

Instrumen MODIS memiliki sensitifitas radiometrik yang tinggi (12 bit) dalam 36 pita spektral yang memiliki jangkauan dalam panjang gelombang dari 0.4 μm sampai 14.4 μm . Respon-responnya dirancang untuk kebutuhan individual dari komunitas penggunaannya dan menyediakan respon out-of-band yang rendah luar biasa. Dua pita dicitrakan pada resolusi nominal dari 250 m pada nadir, dengan lima pita pada 500 m, and 29 pita sisanya pada 1 km. Sebuah pola pemindaian ± 55 -derajat pada orbit EOS dari 705 km memperoleh 2.330 km petak dan menyediakan lingkupan global setiap satu atau dua hari.

Scan Mirror Assembly menggunakan scan mirror dua-sisi yang berputar terus-menerus untuk memindai ± 55 -derajat dan dikendalikan oleh sebuah motor encoder yang dibuat untuk beroperasi sampai usia perancangan instrumen selama 6 tahun.

Performa yang baik dari *passive radiative cooler* dapat mendinginkan sampai 83 K untuk 20 infra merah pita spektral dalam dua HgCdTe Focal Plane Assemblies (FPAs). Teknologi readout photodiode-silicon Novel untuk infra merah yang dapat dilihat dan dekat menyediakan efisiensi quantum yang tidak dapat dibandingi dan readout low-noise dengan jangkauan dinamik yang luar biasa. Analog programmable gain dan offset dan clock FPA dan bias elektronik

terletak didekat FPA dalam dua modul elektronik yang menyatu, Space-viewing Analog Module (SAM) dan Forward-viewing Analog Module (FAM). Modul yang ketiga, Main Electronics Module (MEM) menyediakan daya, sistem kendali, perintah dan telemetri, dan kalibrasi elektronik.



Gambar 2.4 Gambar satelit TERRA/AQUA MODIS

2.2.4 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 μm , dan memperoleh data pada tiga resolusi spasial – 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 System* (TDRSS). Data kemudian dikirim ke *EOS Data and Operations System* (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 System* (MODAPS), dan kemudian dikirim keluar melalui tiga DAAC untuk distribusi. Produk warna lautan dihasilkan oleh *Ocean Color Data Processing System* (OCDPS) dan didistribusikan kepada para ilmuwan dan komunitas pengguna.

Tabel 2.2 Penggunaan Kanal dan Panjang Gelombang pada MODIS

Primary Use	Band	Bandwidth ¹	Spectral Radiance ²	Required SNR ³
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620 - 670	21.8	126
	2	841 - 876	24.7	201
Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459 - 479	35.3	243
	4	545 - 565	29.0	228
	5	1230 - 1250	5.4	74
	6	1628 - 1852	7.3	275
	7	2105 - 2155	1.0	110
Ocean Color/ Phytoplankton/ Biogeochemistry	8	405 - 420	44.9	880
	9	438 - 448	41.9	838
	10	483 - 493	32.1	802
	11	526 - 536	27.9	754
	12	546 - 556	21.0	750
	13	662 - 672	9.5	910
	14	673 - 683	8.7	1087
	15	743 - 753	10.2	586
Atmospheric Water Vapor	16	862 - 877	6.2	516
	17	890 - 920	10.0	167
	18	931 - 941	3.6	57
Surface/Cloud Temperature	19	915 - 965	15.0	250
	20	3.660 - 3.840	0.45(300K)	0.05
	21	3.929 - 3.989	2.36(335K)	2.00
	22	3.929 - 3.989	0.67(300K)	0.07
Atmospheric Temperature	23	4.020 - 4.080	0.79(300K)	0.07
	24	4.433 - 4.498	0.17(250K)	0.25
Cirrus Clouds Water Vapor	25	4.482 - 4.549	0.59(275K)	0.25
	26	1.360 - 1.390	6.00	150(SNR)
	27	6.535 - 6.895	1.18(240K)	0.25
Cloud Properties	28	7.175 - 7.475	2.18(250K)	0.25
	29	8.400 - 8.700	8.58(300K)	0.05
Ozone	30	9.580 - 9.880	3.69(250K)	0.25
Surface/Cloud Temperature	31	10.780 - 11.280	9.55(300K)	0.05
	32	11.770 - 12.270	6.94(300K)	0.05
Cloud Top Altitude	33	13.185 - 13.485	4.52(260K)	0.25
	34	13.485 - 13.785	3.78(250K)	0.25
	35	13.785 - 14.085	3.11(240K)	0.25
	36	14.085 - 14.385	2.68(220K)	0.35

¹ Bands 1 to 19 are in nm; Bands 20 to 36 are in μm
² Spectral Radiance values are ($\text{W}/\text{m}^2 \cdot \mu\text{m} \cdot \text{sr}$)
³ SNR = Signal-to-noise ratio
⁴ NE(Δ)T = Noise-equivalent temperature difference
Note: Performance goal is 30-40% better than required

Banyak produk data yang dihasilkan dari pengamatan MODIS menggambarkan tampilan dari permukaan bumi, lautan, dan atmosfer yang dapat digunakan untuk pembelajaran terjadinya perubahan skala lokal sampai global. Seperti yang diketahui, produk MODIS tersedia dari beberapa sumber. Produk MODIS Level 1 dan atmosfer tersedia melalui web LAADS. Produk permukaan bumi tersedia melalui Pengolahan Permukaan Bumi DAAC di *U. S. Geological Survey EROS Data Center (EDC)*. Produk data cryosphere (lingkupan salju dan lautan es) tersedia dari *National Snow and Ice Data Center (NSIDC)* di Boulder, Colorado. Produk warna lautan dan suhu permukaan laut bersamaan dengan informasi mengenai produk-produk ini dapat diperoleh di OCDPS pada GSFC. Para pengguna dengan sistem penerima yang sesuai dengan x-band dapat mengambil data regional secara langsung dari pesawat ruang angkasa dengan menggunakan sinyal MODIS *Direct Broadcast*. Data MODIS untuk Suhu Permukaan Laut dapat dilihat pada data *Ocean (lautan) – MOD 28 – Sea Surface Temperature*.

Berikut ini adalah tahapan data satelit MODIS :

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 parameter georeference.
3. Data Level 1b
Data sudah disisipkan beberapa sub-file tersendiri berupadata lokasi geografis, datakalibrasi 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*.

2.2.5 ATBD (*Algorithm Theoretical Basis Documents*)

Algorithm Theoretical Basis Documents (ATBD) sedang dikembangkan untuk setiap produk instrumen EOS (*Earth Observing System*) termasuk MODIS. Dengan ATBD, teori fisik dan prosedur matematika dan juga asumsi kemungkinan diaplikasikan untuk perhitungan yang harus dibuat untuk mengkonversi radiansi yang diterima oleh instrumen sampai dengan kuantitas geofisikal. Kuantitas geofisikal kemudian dapat membuat para komunitas ilmuwan untuk mempelajari berbagai macam karakteristik dari sistem bumi system. 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 akan digunakan ATBD-MOD-25, mengenai *Infrared Sea Surface Temperature*.

2.3 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.

2.3.1 Pengukuran Suhu Permukaan Laut

Ada berbagai macam teknik dalam pengukuran parameter 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 *in-situ* 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.

2.3.2 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 [6].

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) [7].

2.3.3 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 μm , yang merupakan panjang gelombang dari Infra merah thermal. Sedangkan kanal 31 dan 32, memiliki lebar pita 10,78 – 11,28 μm dan 11,77 – 12,27 μm , yang merupakan panjang gelombang dari gelombang mikro yang mampu menembus awan.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini, metodologi penelitian yang digunakan adalah dengan mengolah data MODIS level 1b berformat file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi “.hdf” yang didapatkan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) menjadi data level 2 yang telah mempunyai informasi suhu permukaan laut. Pengolahan data MODIS mulai dari pre-processing sampai perhitungan suhu permukaan laut dengan menggunakan rumus dari ATBD-MOD-25, *Infrared Sea Surface Temperature*, akan dijelaskan dengan menggunakan diagram alir pada Gambar 3.1.

3.1 Diagram Alir

Dalam penghitungan nilai suhu permukaan laut dari data MODIS level 1b terdiri dari beberapa proses yang dilakukan secara berurutan hingga didapat hasil yang diinginkan. Diagram alir dari algoritma yang digunakan dalam skripsi ini ditunjukkan oleh Gambar 3.1.

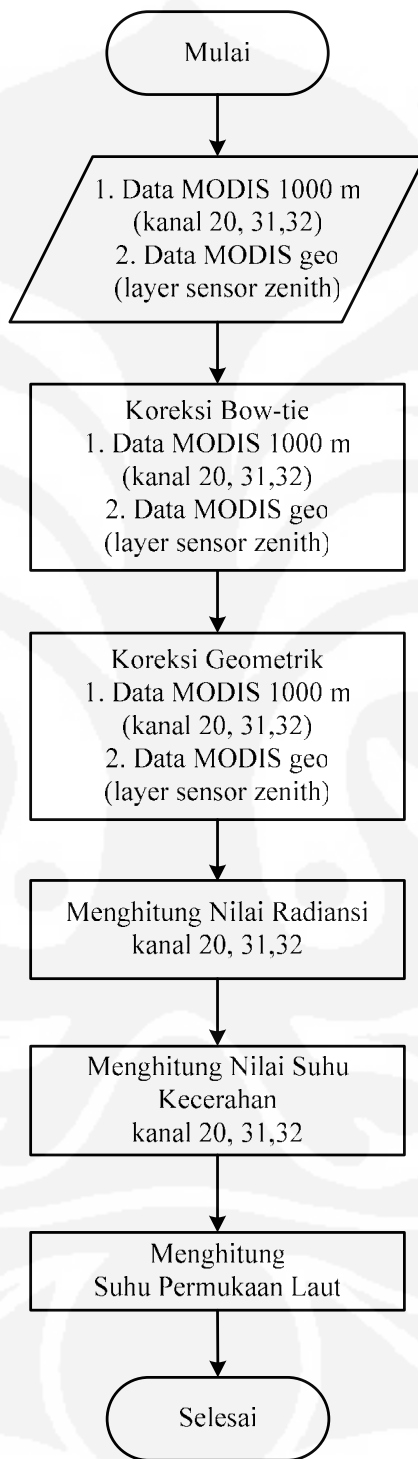
1. Masukan Data MODIS Kanal 20, 31, 32, dan *Layer Sensor Zenith*

Data MODIS yang akan diolah dalam proses ini adalah data MODIS level 1b, dengan kanal yang digunakan adalah kanal 20, 31, 32 dan *Layer Sensor Zenith* (LSZ). Data pada kanal 20, 31, dan 32 diambil dari file data MODIS 1000 meter (contoh : lpn.a1.20050910.061358.277555.1000m.hdf), sedangkan data untuk LSZ diambil dari file data geo (contoh : lpn.a1.20050910.061358.277555.geo.hdf).

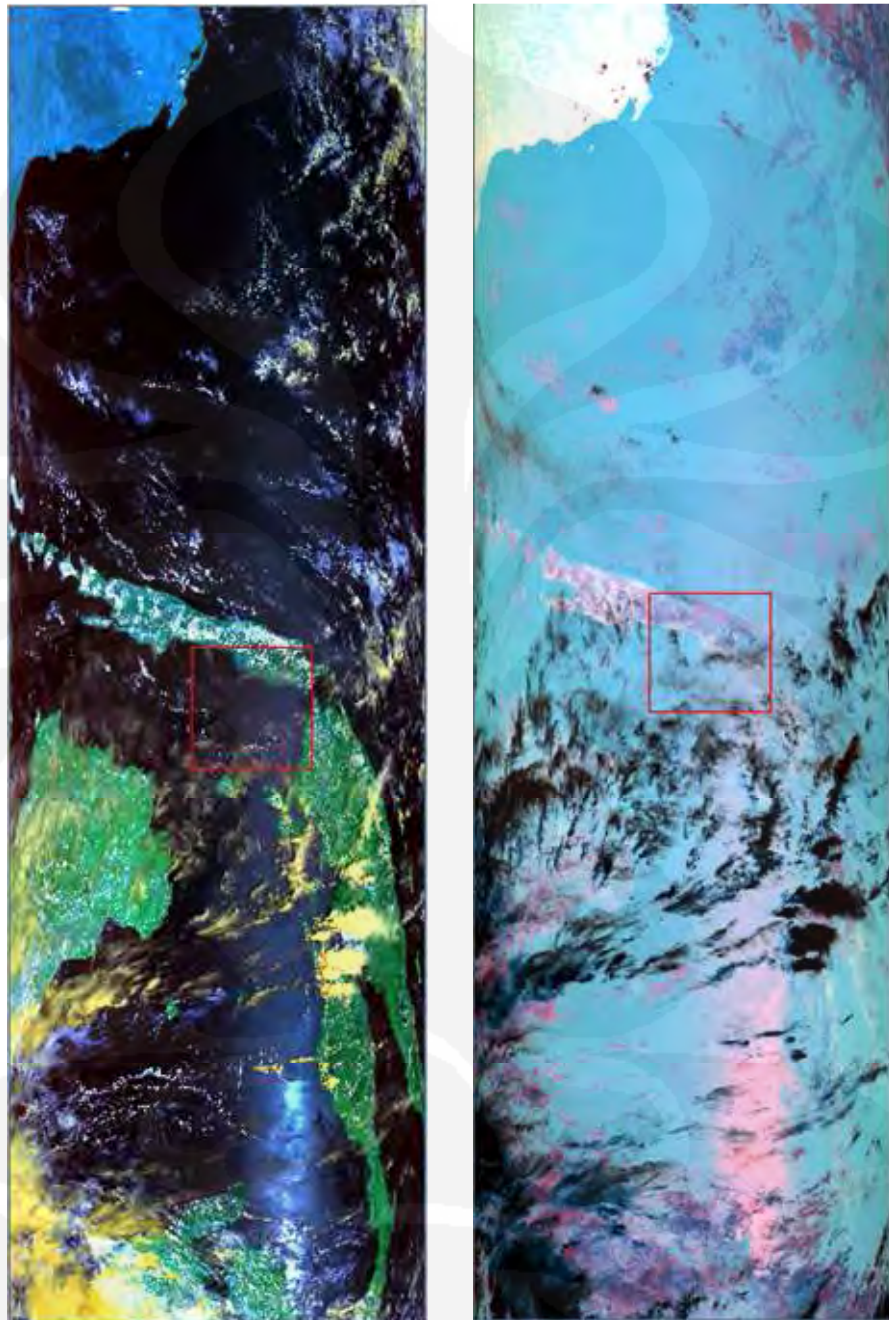
2. Koreksi *Bow-tie*

Koreksi *Bow-tie* termasuk dalam *pre-processing* data MODIS, yang bertujuan untuk memperbaiki bagian data citra yang mengalami overlap. Overlap terjadi karena terdapat peningkatan instantaneous field of view (IFOV) dari 1x1

km pada titik terendah (nadir) menjadi hampir mendekati 2 x 5 km pada sudut scan maksimum yaitu 55° [8].



Gambar 3.1 Diagram Alir Pra-Pengolahan dan Pengolahan Data untuk menghitung Suhu Permukaan Laut



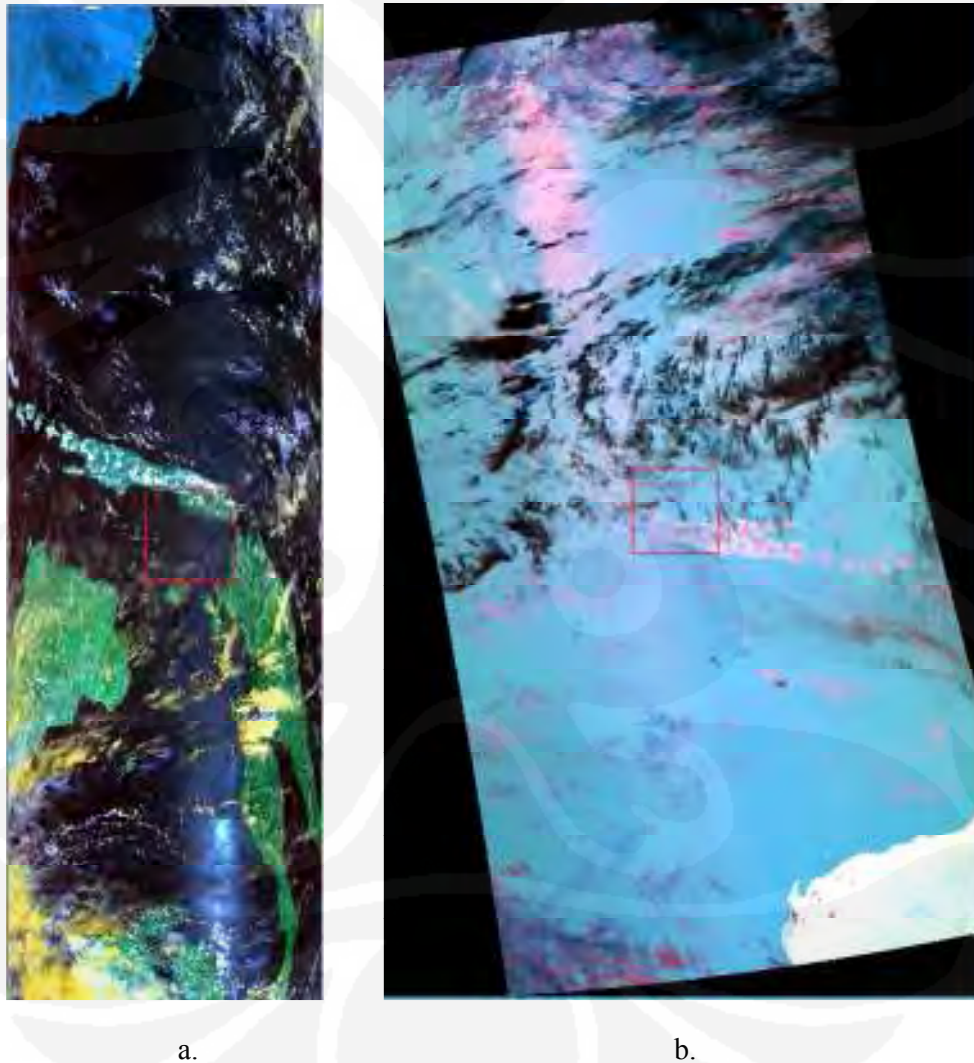
a.

b.

Gambar 3.2 a. Citra MODIS dengan resolusi 1000 meter; b. Citra MODIS yang telah dikoreksi *Bow-tie*

3. Koreksi Geometrik

Koreksi ini bertujuan untuk mereduksi distorsi geometrik dari objek permukaan bumi yang ada pada citra yang diakibatkan kelengkungan permukaan bumi dan beberapa faktor lain seperti variasi tinggi satelit, ketegakan satelit dan kecepataannya, sehingga posisi spasial dari suatu area pada citra sesuai dengan posisi sebenarnya di lapangan [9].



Gambar 3.3 a. Citra MODIS dengan resolusi 1000 meter; b. Citra MODIS yang telah dikoreksi *Bow-tie* dan Geometrik

4. Menghitung Nilai Radiansi

Untuk menghitung suhu permukaan laut, data MODIS yang digunakan adalah kanal 20, 31 dan 32. Berikut adalah tabel kanal-kanal yang digunakan:

Tabel 3.1 Kanal-kanal yang digunakan untuk menghitung SPL

Kanal MODIS	Bandwidth (μm)	Spektral Radiansi
20	3.660 - 3.840	0.45(300K)
31	10.780 - 11.280	9.55 (300K)
32	11.770 - 12.270	8.94 (300K)

Kanal 20, 31 dan 32 yang masih dalam bentuk *digital number* (UINT16) dikalibrasi menjadi nilai radiansi dengan rumus sebagai berikut:

$$L_i = \text{radiance_scales}(SI_i - \text{radiance_offsets}) \quad (\dots 3.1)$$

dimana:

L_i = Radiansi kanal i

SI_i = skala integer kanal i (*digital number*)

`radiance_scales` dan `radiance_offsets` didapatkan dari atribut yang ada pada file hdf disesuaikan dengan kanal yang akan di kalibrasi.

```

File
Attribute 1-2: "units"
  "none"
Attribute 1-3: "valid_range"
  0, 32767
Attribute 1-4: "_FillValue"
  -65535
Attribute 1-5: "band_names"
  "8_9,10,11,12,13ls,13hl,14ls,14hl,15,16,17,18,19,26"
Attribute 1-6: "radiance_scales"
  0.00657506, 0.00489145, 0.00368962, 0.00294390, 0.00230601, 0.00119625,
  0.00057869, 0.00116791, 0.00042019, 0.00096320, 0.00062712, 0.00430879,
  0.00951501, 0.00697000, 0.00277493
Attribute 1-7: "radiance_offsets"
  316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849,
  316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849,
  316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849, 316.97219849
Attribute 1-8: "radiance_units"
  "Watts/m^2/micrometer/steradian"
  
```

Gambar 3.4 Atribut file hdf dengan resolusi band 1000 meter

5. Menghitung Nilai Suhu Kecerahan

Setelah menghitung nilai radiansi, selanjutnya dihitung suhu kecerahan menggunakan persamaan invers fungsi Planck (Black body radiation), dengan anggapan bumi mempunyai temperatur kamar berkisar 300 derajat K :

$$T_b(\lambda) = \frac{C_2}{\lambda \ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5 \pi L_\lambda} + 1 \right]} \quad (\dots 3.2)$$

dimana :

T_b = suhu kecerahan kanal b (K),

L = radiansi spektral ($\text{W m}^{-2} \text{m}^{-1} \text{str}^{-1}$),

λ = panjang gelombang (m),

C_1 = $1,1910659 \times 10^{-5} \text{ m}^{-1} \text{ Wsr}^{-1} \text{ cm}^4$, dan

C_2 = 1,438833 cm K.

6. Menghitung Suhu Permukaan Laut

Perhitungan suhu permukaan laut yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan rumus yang terdapat pada ATBD-MOD-25, *Infrared Sea Surface Temperature*, yaitu Algoritma Infra Merah Thermal:

$$\text{modis_sst} = c_1 + c_2 * T_{31} + c_3 * T_{3132} + c_4 * (\sec(\theta) - 1) * T_{3132} \quad (\dots 3.3)$$

dimana:

T_{31} = suhu kecerahan kanal 31,

T_{3132} = perbedaan suhu kecerahan (kanal 32 - kanal 31),

θ = sudut zenith satelit

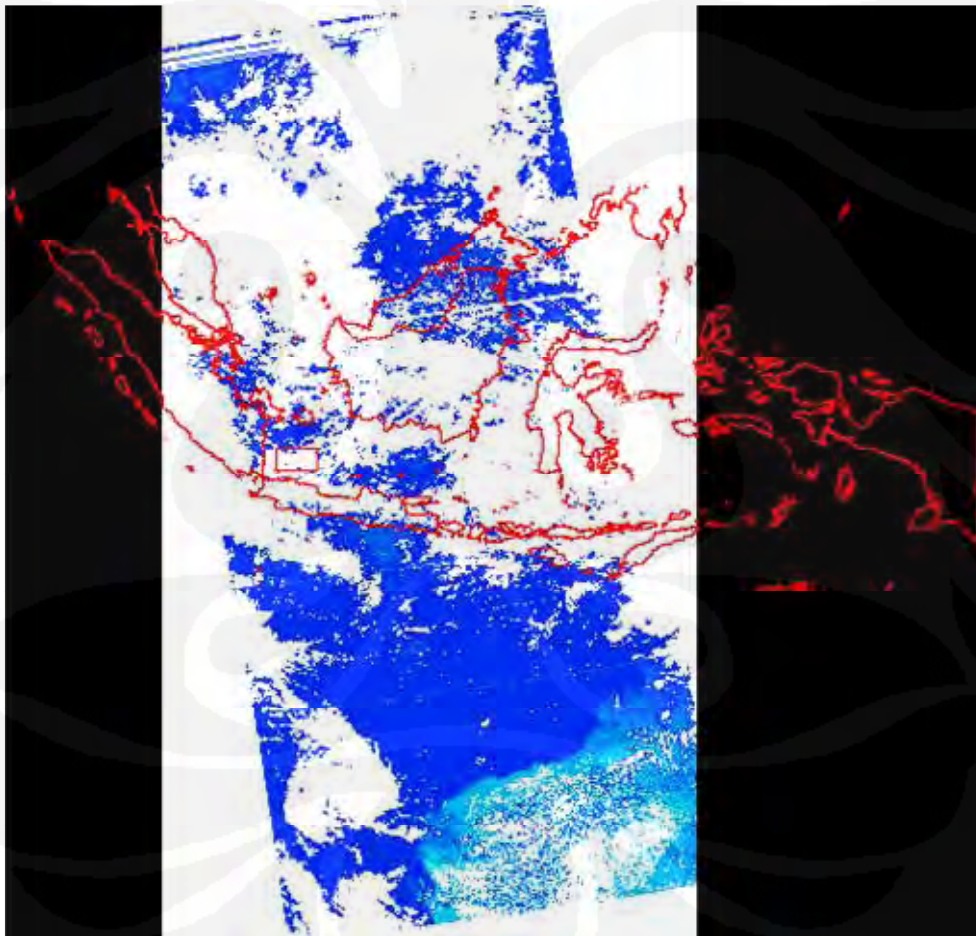
Tabel 3.2 Koefisien Non Linear SST untuk algoritma sst

Satelit	Waktu	Algor.	Koefisien			
			c ₁	c ₂	c ₃	c ₄
Aqua	Day	Sst	1.152	0.960	0.151	2.021
	Night	Sst	2.133	0.926	0.125	1.198
Terra	Day	Sst	1.052	0.984	0.130	1.860
	Night	Sst	1.886	0.938	0.128	1.094

BAB 4

HASIL DAN ANALISA

Dari metodologi penelitian yang dilakukan, telah ditemukan hasil dari suhu permukaan laut. Suhu permukaan laut yang dianalisa hanya suhu permukaan laut dari Laut Jawa. Dengan menggunakan data satelit MODIS yang sudah diolah sebelumnya menjadi data level 2, kemudian dengan meng-crop sebagian wilayah Laut Jawa, maka dapat ditemukan nilai dari suhu permukaan laut tersebut.



Gambar 4.1 Proses meng-crop sebagian Laut Jawa dari Data Satelit MODIS yang telah diolah sebelumnya.

4.1 Hasil Percobaan

Hasil Percobaan untuk data suhu permukaan laut pada bulan Januari 2008 sampai dengan Desember 2008 adalah sebagai berikut:

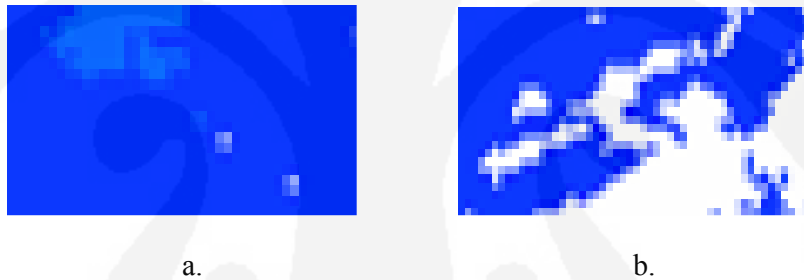
Tabel 4.1 Hasil Percobaan dengan menggunakan data sepanjang tahun 2008 dengan lokasi 4:30:2.27 S - 106:30:1.37 E dan 5:29:58.67 S - 108:29:54.17 E

Tanggal	Jam	Suhu Minimum (°C)	Suhu Maksimum (°C)
1 Januari 2008	13.57	-57,925	26,523
4 Januari 2008	13.29	-51,989	27,447
6 Januari 2008	13.16	-66,296	29,820
16 Januari 2008	13.53	-38,000	27,000
29 Januari 2008	13.22	-84,073	-13,866
2 Februari 2008	12.58	-62,812	28,673
17 Februari 2008	13.55	-37,680	18,931
18 April 2008	10.29	0,000	29,125
23 April 2008	13.41	0,000	32,499
2 Mei 2008	13.35	0,000	30,244
8 Mei 2008	12.58	0,000	30,890
22 Mei 2008	13.11	-38,000	30,014
5 Juni 2008	13.24	0,000	30,447
19 Juli 2008	13.48	0,000	34,908
12 Agustus 2008	12.59	-5,352	32,582
24 Agustus 2008	13.24	0,000	29,532
2 September 2008	13.19	0,000	32,821
18 September 2008	13.18	0,000	29,417
25 September 2008	13.24	0,000	29,504
9 Oktober 2008	13.37	0,000	30,081
23 Oktober 2008	13.49	0,000	32,015
9 Desember 2008	13.08	-76,273	-8,991
16 Desember 2008	13.13	-52,775	23,706
17 Desember 2008	13.56	0,000	28,788
28 Desember 2008	13.38	0,000	29,493
30 Desember 2008	13.26	-17,856	18,726

4.2 Analisa Percobaan

Dari tabel 4.1 dapat dilihat, nilai suhu permukaan laut selama bulan Januari sampai dengan Desember 2008. Akan tetapi masih terdapat keganjilan pada nilai suhu permukaan laut tersebut. Suhu minimum permukaan laut dari tabel diatas nilainya mulai dari 0 °C sampai dengan suhu terendah -84,073 °C. Hal ini dapat disebabkan karena wilayah yang diamati masih dilingkupi oleh awan.

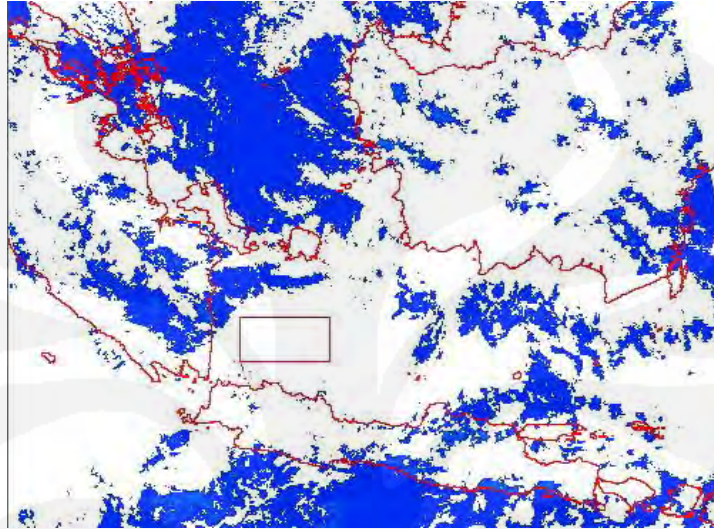
Data MODIS masih memiliki kelemahan dalam menentukan zona potensial penangkapan ikan yang akurat, karena data citra sering mengalami gangguan oleh awan, garis-garis (striped) dan pancaran sinar matahari (sunlint) sehingga informasi yang diperoleh kurang akurat atau kurang sesuai dengan kondisi lapangan, yang dapat mengakibatkan kehilangan informasi di dalamnya.



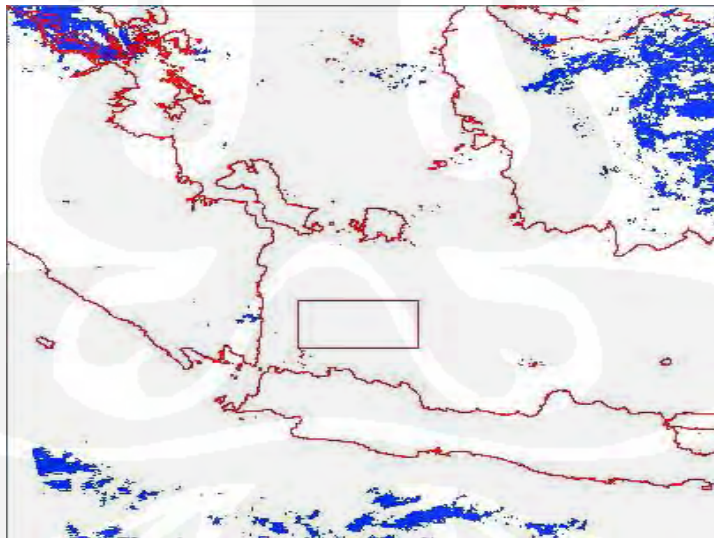
Gambar 4.2 Peng-croppingan data tanpa adanya awan dan dengan adanya awan
a. Cropping data tanpa awan; b. Cropping data dengan awan

Data pada Gambar 4.2.a akan menghasilkan suhu permukaan laut yang sebenarnya, dikarenakan tidak terlingkupi oleh awan. Sehingga suhu permukaan laut pada cropping a, bernilai sekitar 21 °C sampai dengan 33 °C. Sedangkan data pada Gambar 4.2.b akan menghasilkan suhu permukaan laut yang akan memiliki suhu minimum negatif, yang dihasilkan dari nilai awan tersebut. Sehingga suhu permukaan laut pada cropping b, akan memiliki nilai data negatif mulai dari – 21 °C sampai dengan 28 °C. Oleh karena itu, data pada tanggal 29 Januari 2008 dan 9 Desember 2008 tidak dapat dipergunakan, karena seluruh permukaan data Laut Jawa yang dicrop dilingkupi awan secara keseluruhan. Gambar 4.3 dan 4.4

menunjukkan sebaran SPL pada area yang tertutup awan pada kedua waktu tersebut.



Gambar 4.3 Citra SPL Laut Jawa pada tanggal 29 Januari 2008



Gambar 4.4 Citra SPL Laut Jawa pada tanggal 9 Desember 2008

Oleh karena itu, data suhu permukaan laut yang digunakan hanya melihat dari suhu maksimumnya saja, seperti ditunjukkan pada Tabel 4.2.

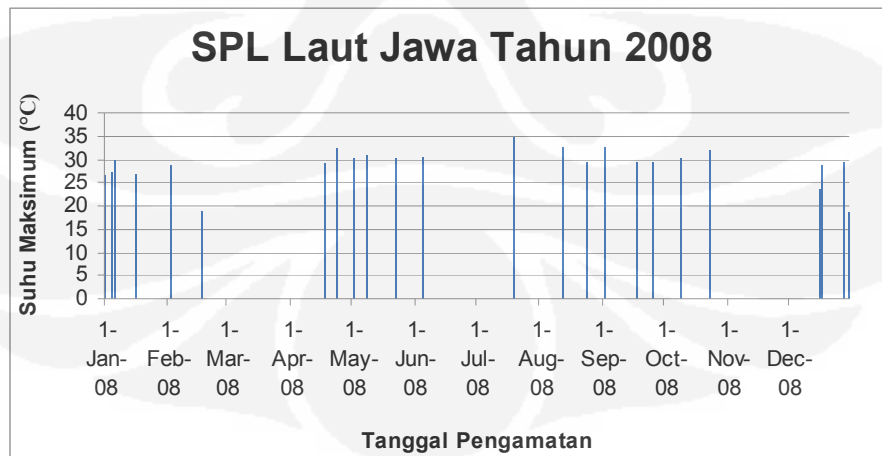
Tabel 4.2 Hasil Percobaan dengan suhu permukaan laut maksimum selama 2008 dengan lokasi 4:30:2.27 S - 106:30:1.37 E dan 5:29:58.67 S - 108:29:54.17 E

No. Data	Tanggal	Jam	Suhu Maksimum (°C)
1	1 Januari 2008	13.57	26,523
2	4 Januari 2008	13.29	27,447
3	6 Januari 2008	13.16	29,820
4	16 Januari 2008	13.53	27,000
5	2 Februari 2008	12.58	28,673
6	17 Februari 2008	13.55	18,931
7	18 April 2008	10.29	29,125
8	23 April 2008	13.41	32,499
9	2 Mei 2008	13.35	30,244
10	8 Mei 2008	12.58	30,890
11	22 Mei 2008	13.11	30,014
12	5 Juni 2008	13.24	30,447
13	19 Juli 2008	13.48	34,908
14	12 Agustus 2008	12.59	32,582
15	24 Agustus 2008	13.24	29,532
16	2 September 2008	13.19	32,821
17	18 September 2008	13.18	29,417
18	25 September 2008	13.24	29,504
19	9 Oktober 2008	13.37	30,081
20	23 Oktober 2008	13.49	32,015
21	16 Desember 2008	13.13	23,706
22	17 Desember 2008	13.56	28,788
23	28 Desember 2008	13.38	29,493
24	30 Desember 2008	13.26	18,726

Dari Tabel 4.2., suhu rata-rata maksimum wilayah Laut Jawa sepanjang tahun 2008 adalah sekitar 28,887 °C, dengan suhu maksimum permukaan laut tertinggi 34,908 °C yang terjadi pada tanggal 19 Juli 2008, dan suhu maksimum permukaan laut terendah 18,726 °C yang terjadi pada tanggal 30 Desember 2008. Suhu maksimum permukaan laut tertinggi yang terjadi pada tanggal 19 Juli 2008 dapat disebabkan oleh angin musim Timur. Selama musim Timur, Pulau Jawa biasanya mengalami kekeringan. Angin muson timur berhembus setiap bulan April - Oktober, ketika matahari mulai bergeser ke belahan bumi utara. Di belahan bumi utara khususnya benua Asia temperaturnya tinggi dan tekanan udara rendah (minimum).

Sedangkan, suhu maksimum permukaan laut terendah yang terjadi pada tanggal 30 Desember 2008 dapat disebabkan oleh angin musim Barat. Pada musim Barat pusat tekanan udara tinggi berekembang diatas benua Asia, dan di Pulau Jawa angin ini dikenal sebagai Angin Muson Barat Laut. Musim Barat umumnya membawa curah hujan yang tinggi di Pulau Jawa. Angin muson Barat berhembus pada bulan Oktober - April, pada saat matahari berada di belahan bumi selatan, dan benua Asia yang mulai ditinggalkan matahari temperaturnya menjadi rendah dan tekanan udaranya tinggi (maksimum) [11].

Dari hasil perhitungan SPL, dapat buat diagram suhu maksimum SPL di daerah sampel Laut Jawa sepanjang tahun 2008 seperti ditunjukkan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Diagram hasil percobaan SPL di wilayah Laut Jawa tahun 2008

Tampak bahwa pada bulan-bulan Januari-Februari, Mei-Juni dan Agustus-November 2008, SPL menunjukkan nilai yang relatif tinggi dibandingkan waktu-waktu pengamatan lainnya. Hal ini terkait erat dengan perubahan cuaca dan iklim di perairan Jawa pada waktu-waktu tersebut. Selain itu musim dan arah angin serta tinggi gelombang sangat mempengaruhi SPL dan faktor-faktor oseanografi lainnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Beberapa kelebihan MODIS dibandingkan satelit pencitraan yang lain antara lain adalah lebih banyaknya spektral panjang gelombang (resolusi spektral) dan lebih telitnya cakupan lahan (resolusi spasial) serta lebih kerapnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal). Kisaran gelombang pada kanal-kanal yang dimilikinya yang lebih sempit sehingga dapat menghasilkan informasi parameter yang lebih baik dan akurat. MODIS melalui berbagai algoritma dapat menghasilkan parameter dari suhu permukaan laut.

Akan tetapi, data MODIS juga memiliki kelemahan dalam keakuratan untuk menentukan zona potensial penangkapan ikan, hal ini dikarenakan data citra sering mengalami gangguan oleh awan, garis-garis (striped) dan pancaran sinar matahari (sunglint) sehingga informasi yang diperoleh kurang akurat atau kurang sesuai dengan kondisi lapangan, dengan demikian mengakibatkan kehilangan informasi di dalamnya. Kesalahan dalam penentuan radiometrik untuk suhu permukaan air pada absorpsi uap air atmosfer (kanal 31 dan 32), gas-gas minor di atmosfer (semua kanal), dan tiupan debu di laut (semua kanal).

Maka, dari hasil analisa pada Bab 4, dapat disimpulkan, kelemahan satelit MODIS yang diakibatkan oleh gangguan awan terbukti, sehingga pengukuran suhu permukaan laut hanya menggunakan suhu maksimumnya saja. Suhu rata-rata maksimum permukaan laut di wilayah Laut Jawa dengan koordinat 4:30:2.27 S - 106:30:1.37 E dan 5:29:58.67 S - 108:29:54.17 E sepanjang tahun 2008 adalah 28,887 °C, dengan suhu maksimum permukaan laut tertinggi 34,908 °C pada tanggal 19 Juli 2008 yang disebabkan angin musim Timur, dan suhu maksimum permukaan laut terendah 18,726 °C pada tanggal 30 Desember 2008 yang disebabkan angin musim Barat.

5.2 **Saran**

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah dapat membandingkan antara beberapa algoritma pada rumus ATBD dan membuat trend analisis untuk data dalam beberapa tahun.



DAFTAR ACUAN

- [1] Nicholas M. Short, Sr. (2008). *Remote Sensing Tutorial*. 4 Juni 2009. <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
- [2] Lillesand, T.M dan R.W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*, (New York: John Wiley&Sons Inc.,1979).
- [3] Asep Kusuma, *Analisa Suhu Permukaan Laut Pada Sensor Satelit NOAA/AVHRR dan AQUA/TERRA MODIS*, Depok, Desember 2007
- [4] Samsuri, 2004. *Aplikasi Penginderaan Jauh dalam Pengelolaan Sumberdaya Hutan*, Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara
- [5] Robinson, I.S., *Satellite Measurements For Operational Ocean Models*, (UK:University of Southampton.,2004)
- [6] <http://seputarberita.blogspot.com/2009/05/suhu-permukaan-laut.html>
- [7] Dodi Sudiana, *Sistem Pemetaan dan Diseminasi Kawasan Potensial Perikanan (KPP) menggunakan Teknologi Indraja dan Sistem Komunikasi Radio*, Usulan Riset Unggulan Universitas Indonesia Tahun 2007, Maret 2007
- [8] Miftahuraifah Quratun Aini, S.Si, *Kajian Distribusi Potensi Fitoplankton Di Sebagian Laut Utara Jawa Menggunakan Citra MODIS*, Proceeding Geo-Marine Research Forum 2007
- [9] kuliahspecial.blogspot.com-2008_03_21_archive
- [10] Otis B. Brown & Peter J. Minnett, with contributions from: R. Evans, E. Kearns, K. Kilpatrick, A. Kumar, R. Sikorski & A. Závody, *MODIS Infrared Sea Surface Temperature Algorithm, Algorithm Theoretical Basis Document, Version 2.0*, University of Miami, April 30, 1999
- [11] <http://ilmukelautan.com/>

DAFTAR PUSTAKA

1. *Wikipedia.com*
2. Nicholas M. Short, Sr. (2008). *Remote Sensing Tutorial*. 4 Juni 2009. <http://rst.gsfc.nasa.gov/>
3. Asep Kusuma, *Analisa Suhu Permukaan Laut Pada Sensor Satelit NOAA/AVHRR dan AQUA/TERRA MODIS*, Depok, Desember 2007
4. Maryani, dkk. (2008). *Modul PELATIHAN "PENENTUAN ZONA POTENSI PENANGKAPAN IKAN"* Jakarta, 31 Maret – 11 April 2008. LAPAN.
5. Nana Suwargana, Muchlisin Arief, Hamzah Sidik. *Penentuan Suhu Permukaan Laut Dan Konsentrasi Klorofil Untuk Pengembangan Model Prediksi Sst/Fishing Ground Dengan Menggunakan Data Modis*. LAPAN.
6. www.sat.dundee.ac.uk-modis-faq