

**ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT
PADA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR DAN
EOS AQUA/TERRA MODIS**

SKRIPSI

Oleh

ASEP KUSUMA
04 03 03 020 9



**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

**ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT
PADA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR DAN
EOS AQUA/TERRA MODIS**

SKRIPSI

Oleh

ASEP KUSUMA
04 03 03 020 9



**SKRIPSI INI DIAJUKAN UNTUK MELENGKAPI SEBAGIAN
PERSYARATAN MENJADI SARJANA TEKNIK**

**DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GANJIL 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT PADA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR DAN EOS AQUA/TERRA MODIS

yang dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sejauh yang saya ketahui bukan merupakan tiruan atau duplikasi dari skripsi yang sudah dipublikasikan dan atau pernah dipakai untuk mendapatkan gelar kesarjanaan dilingkungan Universitas Indonesia maupun di Perguruan Tinggi atau Instansi manapun, kecuali bagian yang sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Depok, 7 Januari 2008

Asep Kusuma
NPM. 04 03 03 020 9

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT PADA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR DAN EOS AQUA/TERRA MODIS

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 sidang ujian skripsi. Skripsi ini telah diujikan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 3 Januari 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 7 Januari 2008

Dosen Pembimbing

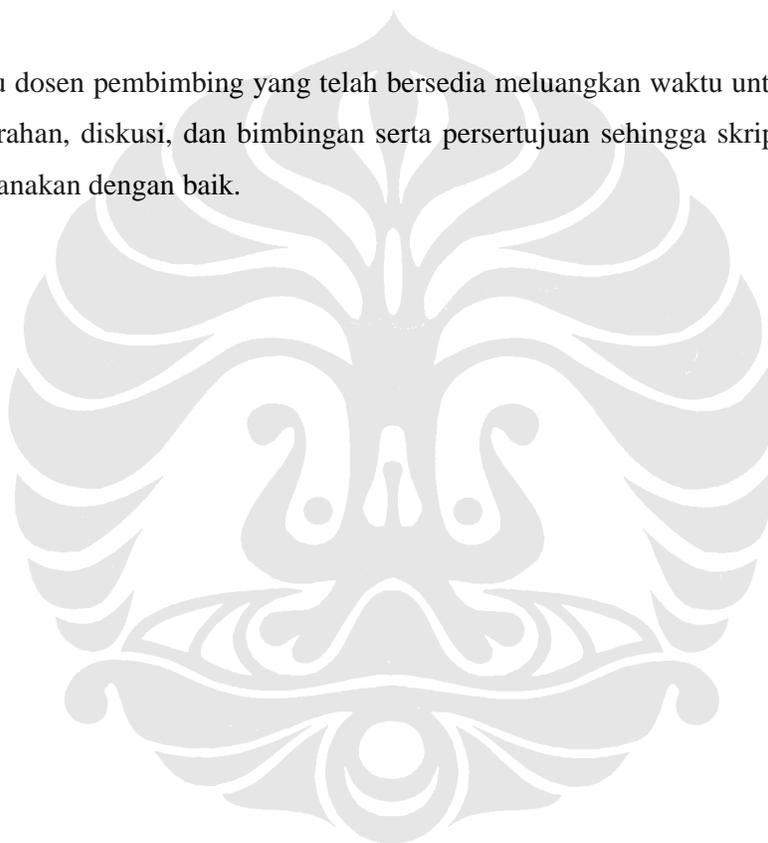
Dr.Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.
NIP. 131 944 413

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.

Selaku dosen pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu untuk memberi pengarahan, diskusi, dan bimbingan serta persetujuan sehingga skripsi ini dapat dilaksanakan dengan baik.



Asep Kusuma
NPM 04 03 03 020 9
Departemen Elektro
Universitas Indonesia

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.
NIP. 131 944 413

ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT PADA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR DAN EOS AQUA/TERRA MODIS

ABSTRAK

Penentuan Suhu Permukaan Laut (SPL) atau *Sea Surface Temperature (SST)* dari pengukuran satelit telah menjadi fokus studi penginderaan jauh (indraja) sejak dua dekade terakhir ini. Sensor Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) pada satelit NOAA telah menjadi pelopornya sehingga sering dijadikan acuan untuk penentuan suhu permukaan laut oleh sensor-sensor satelit yang diluncurkan setelahnya, termasuk sensor Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). Walaupun demikian, kedua sensor tersebut dibuat dengan karakteristik yang berbeda, sehingga dalam pengukuran suhu permukaan laut, hasilnya tidak akan persis sama.

Pada skripsi ini, penentuan suhu permukaan laut AVHRR menggunakan algoritma *Non Linear SST (NLSST)* dan *Multi Channel SST (MCSST)* pada kanal 4 dan 5. Sedangkan untuk MODIS menggunakan algoritma *Non Linear SST (NLSST)* yang dibuat oleh *International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP)* pada kanal 31 dan 32. Data yang digunakan untuk masing-masing sensor pada skripsi ini adalah data level 1b. Suhu permukaan laut ditentukan dengan mengubah *digital number* menjadi nilai radiansi, kemudian ditentukan suhu kecerahan masing-masing kanal, dan yang terakhir adalah memasukan nilai-nilai suhu kecerahan ini pada algoritma SPL masing-masing sensor. Daerah studi kedua sensor diambil pada daerah dan tanggal yang sama, untuk kemudian dilakukan analisa terhadap hasil perhitungan SPL yang diperoleh.

Kata kunci: SPL, Indraja, MODIS, NOAA/AVHRR

Asep Kusuma
NPM 04 03 03 020 9
Departemen Elektro
Universitas Indonesia

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng.
NIP. 131 944 413

THE ANALYSIS OF SEA SURFACE TEMPERATURE ON NOAA/AVHRR AND EOS AQUA/TERRA MODIS SATELLITE SENSORS

ABSTRACT

Sea Surface Temperature (SST) retrieval from satellite measurement has become a focus study in Remote Sensing for two decades. NOAA/Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) sensor was the pioneer, so it is used as a reference for sea surface temperature retrieved by satellite sensors which are launched later, including Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). However, both sensors have different characteristics, so the sea surface temperature derived from both sensors will not exactly the same.

In this final project, based on NOAA KLM User's Guide, the retrieval of NOAA/AVHRR sea surface temperature uses Non-Linear SST (NLSST) algorithm and Multi Channel SST (MCSST) for channel 4 and channel 5. Whereas the retrieval MODIS SST Non-Linear SST (NLSST) proposed by International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP) using channel 31 and channel 32. The satellite data which are used for each sensors in this final project is level 1b data. In the calculation, SST is defined by changing the digital number into radiance value, which is then converted to brightness temperature for each channel. The last step is to put in the brightness temperature value to each sensors SST algorithm. To compare and analyze the results, the same date and study area of both sensors are taken as the input.

Keywords: SST, Remote Sensing, MODIS, NOAA/AVHRR

DAFTAR ISI

	Halaman
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
UCAPAN TERIMA KASIH	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 LATAR BELAKANG	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH	2
1.3 TUJUAN PENELITIAN	2
1.4 BATASAN MASALAH	2
1.5 METODOLOGI PENELITIAN	3
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN	3
BAB II PENGINDERAAN JAUH DAN SUHU PERMUKAAN LAUT	4
2.1 PENGINDERAAN JAUH	4
2.1.1 Pengertian Penginderaan Jauh	4
2.1.2 Alat Penginderaan Jauh	4
2.1.3 Spektrum Elektromagnetik	5
2.1.4 Proses Interaksi pada Penginderaan Jauh	6
2.1.5 Sensor Penginderaan Jauh	8
2.1.6 Data Hasil Penginderaan Jauh	10
2.2 PENGINDERAAN JAUH LAUTAN	12
2.2.1 Sensor AVHRR	13
2.2.2 Sensor MODIS	14
2.2.3 Suhu Permukaan Laut (<i>Sea Surface Temperature</i>)	16
2.2.3.1 <i>Sensor inframerah satelit</i>	17

2.2.3.2	<i>Algoritma suhu permukaan laut MODIS</i>	20
2.2.3.3	<i>Algoritma suhu permukaan laut NOAA/AVHRR</i>	22
BAB III	METODOLOGI PENELITIAN	24
3.1	DATA PENELITIAN	24
3.2	PEMROSESAN DATA	25
3.2.1	Menentukan Suhu Permukaan Laut (SPL) MODIS	26
3.2.2	Menentukan Suhu permukaan Laut (SPL) NOAA/AVHRR	29
BAB IV	HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA	33
4.1	HASIL DAN ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT NOAA/AVHRR	33
4.1.1	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 7 Oktober 2005	33
4.1.2	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 30 Maret 2007	35
4.1.3	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 2 Oktober 2005	36
4.1.4	Analisa Keseluruhan Data Suhu Permukaan Laut NOAA	37
4.2	HASIL DAN ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT MODIS	39
4.2.1	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 7 Oktober 2005	39
4.2.2	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 30 Maret 2007	40
4.2.3	Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 2 Oktober 2005	42
4.2.4	Analisa Keseluruhan Data Suhu Permukaan Laut MODIS	43
4.3	ANALISA PERBANDINGAN SUHU PERMUKAAN LAUT NOAA/AVHRR DAN MODIS	44
BAB V	KESIMPULAN	48
	DAFTAR ACUAN	49
	DAFTAR PUSTAKA	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Wahana penginderaan jauh	4
Gambar 2.2 Rentang panjang gelombang spektrum elektromagnetik	5
Gambar 2.3 Interaksi antara energi elektromagnetik dengan atmosfer	6
Gambar 2.4 Tingkat transmisi spektrum elektromagnetik pada atmosfer	8
Gambar 2.5 Spektrum elektromagnetik yang dipakai dalam penginderaan jauh lautan	12
Gambar 2.6 Satelit NOAA	14
Gambar 2.7 Satelit EOS Terra	15
Gambar 2.8 Gambar skematik radiansi dan pengaruh sifat atmosfer terhadap penentuan SPL	17
Gambar 2.9 Grafik radiansi hasil persamaan fungsi Planck dengan radiansi setelah pengaruh atmosfer	18
Gambar 2.10 Gambar sudut-sudut relatif antara satelit, matahari, dan bumi	20
Gambar 3.1 Diagram alir penentuan suhu permukaan laut MODIS	27
Gambar 3.2 Atribut file hdf untuk nama SDS “EV_1km_emissive”	28
Gambar 3.3 (a) Warna sebenarnya dari awan, (b) Hasil masking awan	29
Gambar 3.4 Diagram alir perhitungan SPL NOAA/AVHRR	30
Gambar 3.5 Citra NOAA, R=kanal 1, G= kanal 2, B=kanal 3	32
Gambar 3.6 Hasil masking awan	32
Gambar 4.1 Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histgramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT	33
Gambar 4.2 Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histgramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT	33
Gambar 4.3 SPL NOAA dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT	34
Gambar 4.4 Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT	35

Gambar 4.5	Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT	35
Gambar 4.6	SPL NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT	36
Gambar 4.7	Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histogramnya tgl. 2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT	36
Gambar 4.8	Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT	37
Gambar 4.9	SPL NOAA dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT	37
Gambar 4.10	Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT	39
Gambar 4.11	Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT	39
Gambar 4.12	SPL MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT	40
Gambar 4.13	Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl.	41
Gambar 4.14	Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 02.47GMT	41
Gambar 4.15	SPL MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 02.47GMT	42
Gambar 4.16	Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT	42
Gambar 4.17	Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT	43
Gambar 4.18	SPL MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT	43
Gambar 4.19	Lintasan cahaya matahari yang berinteraksi dengan laut dan atmosfer	45
Gambar 4.20	SPL NOAA dan MODIS tgl. 7 Oktober 2005	46

Gambar 4.21 (a) SPL MODIS tgl. tgl. 7 Oktober 2005, (b) Citra *true color*,
(c) Suhu kecerahan kanal 20 46

Gambar 4.22 (a) SPL MODIS tgl. tgl. 30 Maret 2007, (b) Citra *true color*,
(c) Suhu kecerahan kanal 20 47



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya	7
Tabel 2.2 Kanal-kanal Sensor AVHRR	14
Tabel 2.3 Detektor Panjang Gelombang pada MODIS	16
Tabel 2.4 Kanal MODIS yang dipakai dalam menentukan SPL	21
Tabel 2.5 Koefisien NLSST untuk algoritma sst dan sst4 IMAPP	21
Tabel 2.6 Koefisien untuk Algoritma NLSST (Non Linear SST)	23
Tabel 2.7 Koefisien untuk Algoritma MCSST (Multi Channel SST)	23
Tabel 3.1 Data-data yang digunakan dalam Penelitian	25
Tabel 3.2 Kanal-kanal yang digunakan untuk menghitung SPL	27
Tabel 4.1 Kanal-kanal AVHRR dan MODIS yang dipakai untuk menentukan SPL	44

DAFTAR SINGKATAN

AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
CDAT	Coast Watch Data Analysis Tool
DN	Digital Number
DVD	Digital Versatile Disc
EOS	Earth Observing System
EV	Earth View
GMT	Greenwich Mean Time
HDF	Hierarchical Data Format
IMAPP	International MODIS/AIRS Processing Package
LAPAN	Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional
MATLAB	Matrix Laboratory
MB	Mega Byte
MCSST	Multichannel SST
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectrometer
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NESDIS	National Environmental Satellite, Data, and Information Service
NLSST	Non Linear SST
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
RefSB	Reflective Solar Band
RGB	Red Green Blue
SDS	Scientific Data Set
SI	Scale of Integer
SPL	Suhu Permukaan Laut
SST	Sea Surface Temperature
UINT16	Unsign Integer 16 Bit

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
CE	Digital number atau nilai piksel data mentah pada AVHRR	
L_λ	Radiansi spektral	$W m^{-2} m^{-1} str^{-1}$
MCSST	Multi Channel SST pada NOAA/AVHRR	K
NE	Radiansi kanal untuk NOAA/AVHRR	$mW/(m^2-sr-cm^{-1})$
NLSST	Non Linear SST pada NOAA/AVHRR	$^{\circ}C$
SI	Skala Integer atau nilai piksel data mentah pada MODIS	
SPL	Suhu permukaan Laut	$^{\circ}C$
sst	Suhu permukaan Laut	$^{\circ}C$
sst4	Suhu permukaan Laut pada kanal $4 \mu m$ pada MODIS	$^{\circ}C$
T_{20}, T_{31}, T_{32}	Suhu kecerahan kanal 20, kanal 31 dan kanal 32 MODIS	K
T_4, T_5	Suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 NOAA/AVHRR	K
T_b	Temperatur bulk/buoy	K
T_{env}	Suhu lingkungan	K
T_i	Suhu kecerahan untuk kanal i	K
T_s	Suhu permukaan	K
V_c	Panjang gelombang tengah	cm^{-1}
θ	Sudut zenith matahari	derajat
λ	Panjang gelombang	μm

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG

Negara Indonesia adalah negara kepulauan yang lebih dari enam puluh persen wilayahnya berupa lautan. Ditambah lagi, negara Indonesia dilalui oleh garis khatulistiwa, mempunyai karakteristik yang unik sehingga di wilayah perairan tersebut sering terjadi interaksi antara masa air yang datang dari samudera Hindia dan samudra Pasifik. Pertemuan kedua masa air tersebut di wilayah perairan laut Indonesia, dapat menjadi daerah yang kondusif bagi hewan-hewan lautan. Oleh karena itu, tidak diragukan lagi bahwa wilayah perairan laut Indonesia memiliki kandungan sumberdaya lautan seperti sumberdaya hayati ikan yang berlimpah dan beraneka ragam.

Pemantauan kondisi lautan secara komprehensif akan memudahkan dan mengefisienkan pemanfaatan sumber daya lautan, seperti perikanan. Pemantauan kondisi lautan seperti pemantauan suhu permukaan laut dan fitoplankton sudah banyak digunakan dalam penangkapan ikan. Oleh karena luasnya wilayah perairan Indonesia, maka pemantauan kondisi lautan tidak mungkin dilakukan secara langsung turun ke lapangan (*in situ*). Hal ini tidaklah efisien dan akan sangat memakan biaya serta waktu yang tidak sedikit mengingat luasnya lautan Indonesia.

Diperlukan teknologi yang tepat dalam memantau seluruh wilayah lautan yang luas dengan cara yang efektif dan efisien, mencakup seluruh wilayah perairan laut yang sangat luas dan tersedia tepat waktu sehingga pemanfaatan sumber daya lautan dapat dilakukan secara optimal. Teknologi yang dapat digunakan untuk pemantauan lautan dengan cepat dan efisien tidak lain adalah teknologi penginderaan jauh.

Teknologi penginderaan jauh kini telah hadir untuk memberikan solusi untuk masalah pemantauan lautan yang sangat luas, yaitu dengan menggunakan teknologi satelit. Teknologi satelit ini akan memberikan manfaat yang sangat besar untuk proses pemantauan lautan di Indonesia. Dengan adanya satelit, proses pemantauan seluruh lautan di Indonesia tidak lagi terbatas pada luas wilayah dan

waktu karena teknologi ini dapat memantau lingkup wilayah yang luas dalam waktu yang singkat. Ilmu penginderaan jauh kini telah berkembang sangat cepat dari masa ke masa. Penemuan-penemuan teknologi sistem sensor satelit dapat memantau berbagai macam kondisi atau fenomena yang terjadi di lautan. Pada saat ini sudah banyak satelit yang dapat digunakan secara gratis untuk pemantauan kondisi lautan terutama suhu permukaan laut, diantaranya adalah satelit yang dibuat oleh NASA, yaitu satelit EOS (*Earth Observing System*) jenis Terra dan Aqua dengan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dan satelit NOAA (*National Oceanic and Atmosphere Administration*) dengan sensor AVHRR (*Advanced Very High Resolution*).

Sudah lebih dari dua dekade terakhir ini, pemantauan suhu permukaan laut telah dilakukan menggunakan sensor satelit dengan pelopornya adalah NOAA/AVHRR. Seiring berjalannya waktu, telah banyak diluncurkan sensor satelit yang juga dapat digunakan untuk pemantauan suhu permukaan laut, seperti sensor MODIS. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dibandingkan hasil pengukuran suhu permukaan laut menggunakan kedua sensor tersebut.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Sensor AVHRR telah menjadi pelopor dalam pengukuran suhu permukaan laut dan telah dijadikan acuan oleh sensor-sensor yang muncul setelahnya termasuk sensor MODIS. Tetapi, kedua sensor tersebut mempunyai karakteristik yang berbeda sehingga hasil pengukurannya pun tidak sama. Selanjutnya, hasil pengukuran suhu permukaan laut dari kedua sensor tersebut akan dianalisa.

1.3 TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dibuatnya skripsi ini adalah untuk membandingkan hasil pengukuran suhu permukaan laut dengan menggunakan sensor AVHRR dan MODIS.

1.4 BATASAN MASALAH

Skripsi ini hanya menganalisa dan membandingkan hasil pengukuran suhu permukaan laut dengan menggunakan sensor AVHRR dan MODIS bukan

menentukan hasil pengukuran sensor mana yang sesuai atau tidak sesuai dengan keadaan sebenarnya.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Pengolahan citra satelit dari data mentah sampai didapatkan suhu permukaan laut pada skripsi ini seluruhnya dilakukan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Adapun algoritma yang digunakan untuk menentukan suhu permukaan laut NOAA/AVHRR adalah menggunakan algoritma MCSST dan NLSST. Sedangkan algoritma yang digunakan untuk menentukan suhu permukaan laut MODIS adalah algoritma IMAPP.

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan skripsi ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II PENGINDERAAN JAUH

Bab ini menjelaskan dasar teori dasar mengenai penginderaan jauh, suhu permukaan laut, sensor satelit MODIS dan AVHRR, dan algoritma pemrosesan citra satelit untuk mendapatkan suhu permukaan laut untuk masing-masing sensor.

BAB III METODOLOGI

Bab ini menjelaskan langkah-langkah pengolahan citra satelit untuk mendapatkan nilai suhu permukaan laut menggunakan perangkat lunak MATLAB.

BAB IV HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan analisa perbandingan suhu permukaan laut yang didapat dari kedua sensor.

BAB V KESIMPULAN

Bab ini berisi kesimpulan dari keseluruhan penelitian ini

BAB II

PENGINDERAAN JAUH DAN SUHU PERMUKAAN LAUT

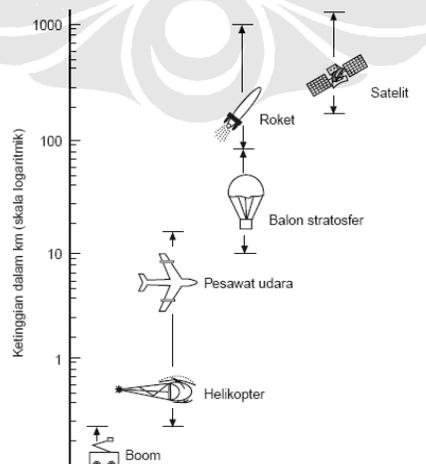
2.1 PENGINDERAAN JAUH

2.1.1 Pengertian Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*Remote sensing*) adalah ilmu atau seni untuk memperoleh informasi tentang objek, daerah, atau gejala, dengan cara menganalisis data yang diperoleh dengan menggunakan alat peraba (sensor), tanpa kontak langsung dengan objek, daerah, atau gejala yang akan dikaji [1]. Tidak seperti pengukuran kuantitas menggunakan kapal motor seperti suhu permukaan laut atau kecepatan angin, yang merupakan pengukuran secara langsung dilakukan pada satu titik menggunakan termometer atau anemometer, pengukuran penginderaan jauh menjangkau daerah yang luas dan secara tidak langsung, dalam hal ini kuantitas geofisik yang menjadi perhatian ditentukan dari sifat pemantulan atau emisi radiasi.

2.1.2 Alat Penginderaan Jauh

Untuk melakukan penginderaan jarak jauh diperlukan alat berupa sensor, alat pembawa sensor tersebut, 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 (Gambar 2.1).

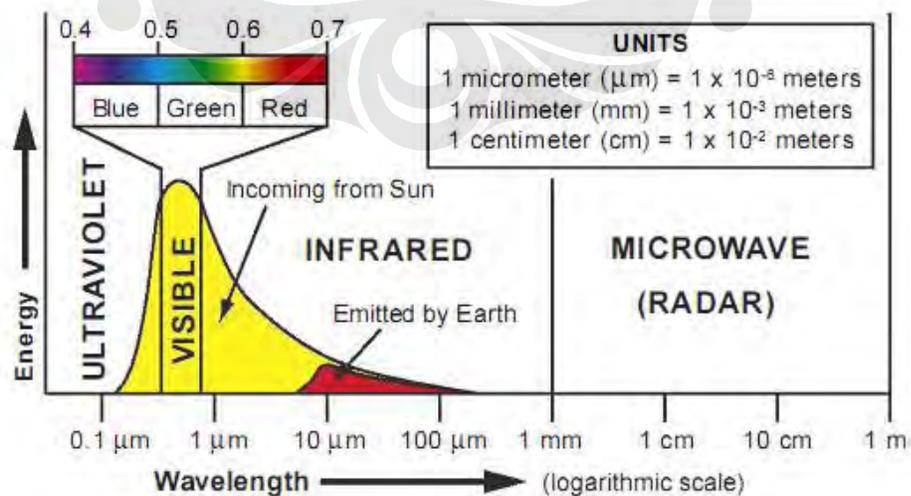


Gambar 2.1 Wahana penginderaan jauh [2]

Tetapi dari semua jenis wahana tersebut, yang paling banyak digunakan adalah satelit. Antara sensor, wahana, dan citra diharapkan selalu berkaitan, karena hal itu akan menentukan skala citra yang dihasilkan [3].

2.1.3 Spektrum Elektromagnetik

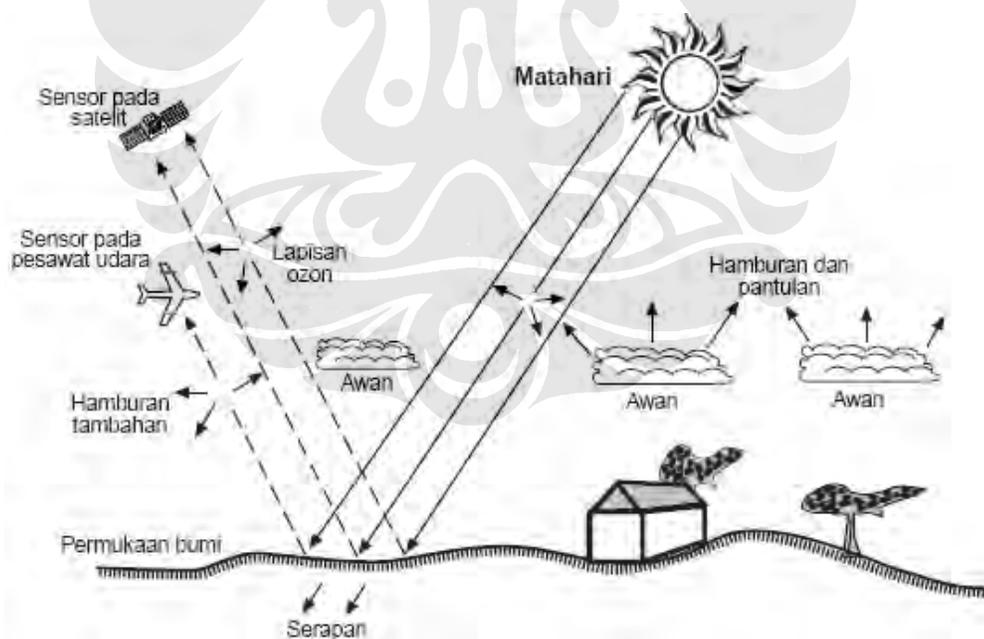
Dasar dari penginderaan jauh dimulai dari foto udara yang menggunakan cahaya tampak dari matahari sebagai sumber energi. Tetapi, susunan rangkaian cahaya tampak hanya sebagian kecil dari spektrum elektromagnetik yang rangkaian kesatuannya berjajar mulai dari energi tinggi, sinar gamma gelombang pendek, sampai pada energi rendah, gelombang panjang gelombang radio. Gambar 2.2 dibawah ini mengilustrasikan bagian-bagian spektrum elektromagnetik yang digunakan pada penginderaan jauh permukaan bumi. Secara alami, bumi diterangi oleh radiasi elektromagnetik dari matahari. Puncak energi surya adalah pada rentang panjang gelombang cahaya tampak antara 0.4 sampai 0.7 μm . Walaupun cahaya tampak termasuk seluruh rentang warna tampak pada pelangi, bagian lebih kasar terdiri dari wilayah panjang gelombang merah, hijau, dan biru sudah cukup dalam banyak studi penginderaan jauh. Bagian penting yang lain dari energi surya adalah pada bentuk ultraviolet dan radiasi inframerah tidak tampak. Hanya sejumlah kecil radiasi surya diperluas kedalam wilayah spektrum gelombang mikro. Sistem pencitraan radar digunakan dalam penginderaan jauh dengan membangkitkan dan menyebarkan gelombang mikro, kemudian mengukur bagian sinyal yang dikembalikan ke sensor dari permukaan bumi[4].



Gambar 2.2 Rentang panjang gelombang spektrum elektromagnetik

2.1.4 Proses Interaksi pada Penginderaan Jauh

Pada penginderaan jauh, energi elektromagnetik untuk sampai di 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 penginderaan jauh ialah spektrum tampak yang memiliki panjang gelombang 0,4 mikrometer hingga 0,7 mikrometer seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.1. Dari Tabel 2.1 terlihat 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 (absorpsi), pantulan (refleksi) dan hamburan (*scattering*) (Gambar 2.3).



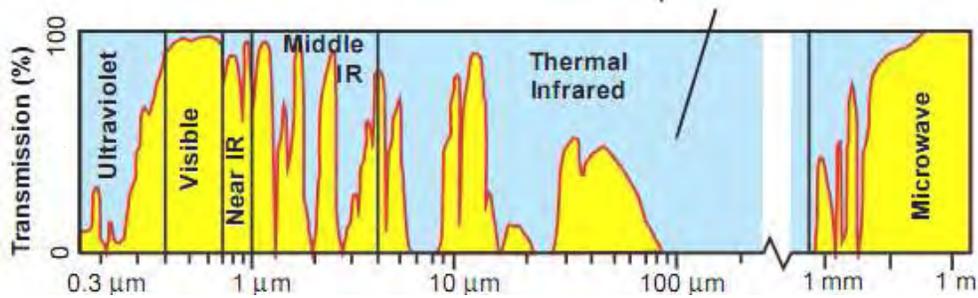
Gambar 2.3 Interaksi antara energi elektromagnetik dengan atmosfer

Komponen atmosfer yang merupakan penyerap efektif radiasi energi surya adalah uap udara, karbon dioksida, dan ozone. Masing-masing gas ini cenderung untuk menyerap energi dalam rentang panjang gelombang tertentu, bahkan untuk

beberapa panjang gelombang seutuhnya diserap. Sebagai konsekuensinya, kebanyakan sensor penginderaan jauh dirancang untuk mendeteksi radiasi dalam “jendela atmosfer”, yaitu rentang panjang gelombang yang penyerapannya minimal, dan transmisinya tinggi. Gambar 2.4 dibawah ini adalah gambar yang menunjukkan tingkat transmisi panjang gelombang spektrum elektromagnetik pada atmosfer.

Tabel 2.1 Spektrum Elektromagnetik dan Bagian-Bagiannya

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 penginderaan jauh.



Gambar 2.4 Tingkat transmisi spektrum elektromagnetik pada atmosfer

2.1.5 Sensor Penginderaan Jauh

Sistem satelit dalam penginderaan jauh tersusun dari pemindai (*scanner*) dengan dilengkapi sensor pada wahana (*platform*) satelit, dan sensor itu dilengkapi oleh detektor [5]. Untuk lebih jelasnya dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Pemindai merupakan sistem perolehan data secara keseluruhan termasuk sensor dan detektor,
2. Sensor dipergunakan untuk menangkap energi dan mengubahnya dalam bentuk sinyal dan menyajikannya kedalam bentuk yang sesuai dengan informasi yang ingin diambil,
3. Detektor merupakan alat pada sistem sensor yang merekam radiasi elektromagnetik.

Sinyal radiasi elektromagnetik yang sampai ke sensor direkam dalam pita magnetik untuk diproses menjadi data visual atau digital yang dapat diolah komputer. Sensor dalam penginderaan 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 dikenal melalui proses kimiawi. Energi elektromagnetik yang diterima kemudian direkam pada emulsi film dan setelah diproses akan menghasilkan

foto. Ini berarti, di samping 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 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 diatas 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. Penginderaan jauh dengan menggunakan energi matahari dinamakan penginderaan jauh sistem pasif, sedangkan penginderaan jauh dengan menggunakan sumber energi buatan disebut penginderaan jauh sistem aktif.

Semua sistem penginderaan jauh yang dirancang untuk memonitor permukaan bumi mengandalkan energi yang dihamburkan dan atau diemisikan dari permukaan bumi. Sistem penginderaan jauh yang ada sekarang ini terbagi kedalam tiga kategori berdasarkan sumber radiasi elektromagnetik dan interaksi yang berhubungan antara energi dengan permukaan[4].

1. Sensor Pemantulan Radiasi Surya (*Reflected Solar Radiation Sensors*)

Sistem sensor ini mendeteksi radiasi surya yang di hamburkan (*scattering*) keatas dari permukaan bumi. Rentang panjang gelombang yang menyediakan informasi berguna terdiri dari rentang ultraviolet, cahaya tampak, inframerah dekat (*near infrared*), dan inframerah pertengahan (*middle infrared*). Sistem penginderaan pemantulan surya membedakan material yang mempunyai pola yang bebreda penyerapan panjang gelombang tertentu yang berhubungan

dengan susunan kimia dan struktur fisik material. Karena sistem sensor ini tergantung dari cahaya matahari sebagai sumbernya, sistem ini hanya dapat menyediakan citra yang dapat digunakan selama siang hari, sementara perubahan penerangan dan perubahan kondisi atmosfer dapat menjadi suatu masalah.

2. Sensor Inframerah Termal (*Thermal Infrared Sensors*)

Sensor yang dapat mendeteksi radiasi inframerah termal yang diemisikan oleh permukaan bumi dapat menampilkan informasi tentang ciri-ciri temperatur dari permukaan bumi. Seperti halnya sensor pemantulan surya, ini adalah sistem pasif yang mengandalkan pada radiasi surya sebagai sumber energi utama. Oleh karena temperatur permukaan bumi berubah selama siang dan malam hari, sistem sensor inframerah sensitif terhadap waktu siang dan malam hari.

3. Sensor Pencitraan Radar (*Imaging Radar Sensors*)

Sistem aktif ini “menerangi” permukaan bumi dengan penyiaran radiasi gelombang mikro, kemudian mengukur energi yang dikembalikan lagi ke sensor. Energi yang dikembalikan menyediakan informasi tentang kekerasan permukaan dan kandungan air dari material permukaan dan potongan dari permukaan tanah. Gelombang mikro yang panjang gelombangnya lebih panjang mengalami hamburan kecil di atmosfer, selama menembus awan penutup. Pencitraan radar berguna secara khusus dikarenakan wilayah tropis yang sangat mudah tertutup awan.

2.1.6 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 [5]:

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 μm , sedangkan MODIS kanal 31 mempunyai lebar interval 10.780 - 11.280 μm , 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: 1,1 km, dibanding dengan Landsat TM: 30 m. Bila sebuah sensor memiliki resolusi spasial 1,1 km citra yang dihasilkannya ditampilkan dengan resolusi penuh, maka setiap piksel mewakili luasan area 1,1 x 1,1 km di lapangan. Semakin tinggi resolusinya, maka semakin kecil area yang dapat dicakupnya.

3. Resolusi Radiometrik

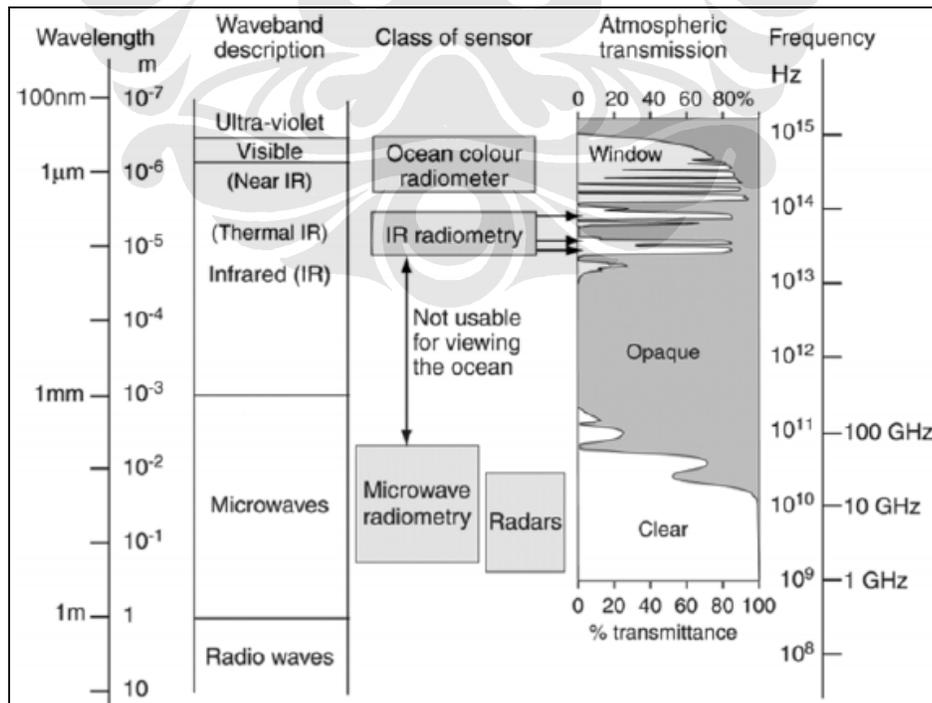
Resolusi Radiometrik ditunjukkan oleh jumlah nilai data yang dimungkinkan pada setiap kanal. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah bit perekam. Contoh pada MODIS mencakup 15 bit, sehingga jumlah nilai data pada spektral

untuk setiap piksel adalah 0 - 32767. Resolusi ini lebih tinggi dibanding dengan AVHRR, yaitu 10 bit (0 - 1024).

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 [2].

2.2 PENGINDERAAN JAUH 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 2.5 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 [6].



Gambar 2.5 Spektrum elektromagnetik yang dipakai dalam penginderaan jauh lautan [6]

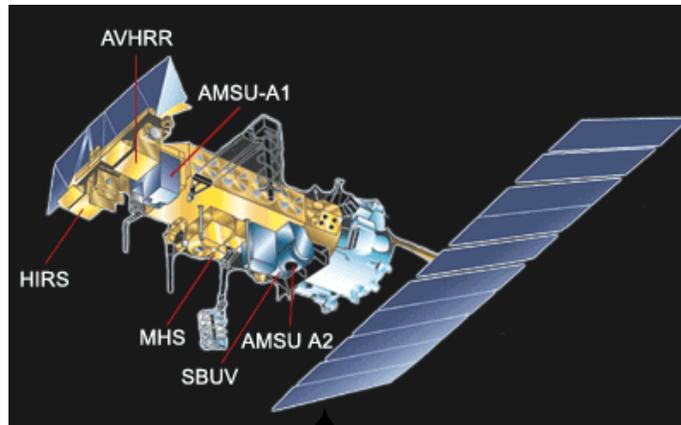
Untuk beberapa spektrum elektromagnetik, atmosfer tidak dapat ditembus sehingga tidak dapat digunakan untuk penginderaan jauh lautan. Tetapi ada beberapa panjang gelombang yang dilewatkan oleh atmosfer sehingga membentuk suatu “jendela”. Ada beberapa jendela sempit pada panjang gelombang antara 3.5 μm sampai 13 μm 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).

Ada banyak jenis sensor satelit yang dapat digunakan untuk penginderaan jauh lautan seperti suhu permukaan laut (*sea surface temperature*) dan warna lautan (*ocean color*). Sensor satelit yang dapat digunakan untuk mengukur suhu permukaan laut antara lain adalah sensor AVHRR (*Advance Very High Resolution Radiometer*) pada satelit NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*), sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) pada satelit EOS (*Earth Observing System*), sensor ATSR (*Along-Track Scanning Radiometer*) pada satelit ERS (*Earth Resources Satellite*), sensor HIRS (*High Resolution Infrared Radiation Sounder*) pada satelit NOAA, sensor MVIRSR (*Multispectral Visible/IR Scanning Radiometer*), pada satelit Feng Yun, sensor MERIS (*Medium Resolution Imaging Spectrometer*) pada satelit ENVISAT, *Japanese Global Imager (GLI)* pada satelit ADEOS-2. Pada penelitian ini, hanya akan digunakan sensor MODIS dan AVHRR untuk analisa perbandingan suhu permukaan laut.

2.2.1 Sensor AVHRR

Sensor AVHRR adalah sensor yang terpasang pada satelit NOAA. Sensor ini adalah sensor pendeteksi radiasi yang biasa digunakan untuk penginderaan jauh awan dan suhu. Suhu tersebut mencakup suhu bumi, suhu permukaan awan, dan suhu permukaan laut. Gambar 2.6 adalah gambar dari satelit NOAA dengan sensor-sensor yang dibawanya.

Proses scanning sensor satelit tersebut menggunakan detektor-detektor yang mengumpulkan beberapa panjang gelombang radiasi pantulan cahaya seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.2.



Gambar 2.6 Satelit NOAA

Tabel 2.2 Kanal-kanal Sensor AVHRR

Nomor Kanal	Bandwidth (μm)	Pengunaan
1	0.58 -0.68	Awan siang, salju, es, dan keadaan vegetasi
2	0.725-1.10	Batas darat-laut, salju, es, dan keadaan vegetasi
3	3.55 -3.93	Pemetaan awan malam
4	10.30-11.30	Awan siang /malam & suhu permukaan
5	11.4-12.4	Suhu permukaan dan awan, pemetaan awan

Sumber: Situs NOAA/SIS

Sensor generasi pertama dari NOAA adalah radiometer 4 kanal, yang terpasang pada satelit TIROS-N (yang diluncurkan pada Oktober 1978). Lalu pada bulan Juni 1981, diluncurkanlah satelit NOAA-7 yang membawa instrumen sensor 5 kanal sistem AVHRR/2. Sistem instrumen terakhir yang diluncurkan adalah sistem AVHRR/3 dengan 6 kanal, yang diluncurkan bersama satelit NOAA-15 pada bulan Mei 1998. Instrumen AVHRR/3 ini mempunyai bobot 33 kg dan mempunyai dimensi ukuran 29cm x 37cm x 80cm dan memakai sumber energi sebesar 28.5 watt daya. Satelit ini mengambil keseluruhan citra bumi sebanyak 2 kali sehari. Resolusi pada titik nadir adalah 1.1 km² dengan resolusi data 10 bit.

2.2.2 Sensor MODIS

Terdapat beberapa jenis sensor satelit yang mampu melakukan observasi terhadap fenomena yang terjadi di permukaan bumi termasuk di permukaan laut. Salah satunya yang paling banyak digunakan adalah sensor satelit MODIS. MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) adalah

spektrometri dengan 490 detektor yang disusun dalam 36 spektrum panjang gelombang yang terbagi dalam spektrum infra merah dan cahaya tampak. Sistem sensor ini terpasang pada satelit EOS (*Earth Observing System*) jenis Terra yang diluncurkan pada Desember 1999 dan Aqua yang diluncurkan pada Mei 2002 [7]. Satelit EOS Terra mengorbit dari utara ke selatan melewati garis equator pada pagi hari, sedangkan satelit EOS Aqua mengorbit dari selatan ke utara melewati equator pada sore harinya.

Satelit EOS didesain untuk menyediakan observasi global dan mengetahui perubahan penutup lahan dan produktifitas global, suhu permukaan laut, perubahan iklim dan atmosfer, serta bahan alami berbahaya. Data produk observasi dan sains MODIS telah banyak diterapkan pada wilayah topik sains yang telah diidentifikasi oleh EOS, seperti komposisi permukaan daratan, aktifitas biologi permukaan daratan, suhu permukaan, karakter dan keberadaan salju dan laut es, aktifitas fisik dan biogeokimia laut dan danau, dan jenis-jenis awan [7]



Gambar 2.7 Satelit EOS Terra

Gambar 2.7 adalah foto satelit EOS Terra yang mengorbit di angkasa. Data citra satelit Terra dan satelit Aqua dapat mencakup seluruh permukaan bumi setiap satu sampai dua hari. Spesifikasi panjang gelombang yang ditangkap oleh sensor MODIS dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Detektor Panjang Gelombang pada MODIS

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		
	Penggunaan Kanal	Band	Bandwidth
	Batas daratan/awan/aerosol	1	620 - 670
		2	841 - 876
	Karakteristik daratan/awan/aerosol	3	459 - 479
		4	545 - 565
		5	1230 - 1250
		6	1628 - 1652
		7	2105 - 2155
	Warna laut/fitoplankton/biokimia	8	405 - 420
		9	438 - 448
		10	483 - 493
		11	526 - 536
		12	546 - 556
		13	662 - 672
		14	673 - 683
		15	743 - 753
		16	862 - 877
	Uap air/atmosfer	17	890 - 920
		18	931 - 941
		19	915 - 965
	Suhu Permukaan/ awan	20	3.660 - 3.840
		21	3.929 - 3.989
		22	3.929 - 3.989
		23	4.020 - 4.080
	Suhu atmosfer	24	4.433 - 4.498
		25	4.482 - 4.549
	Awan sirus/uap air	26	1.360 - 1.390
		27	6.535 - 6.895
		28	7.175 - 7.475
	Karakteristik Awan	29	8.400 - 8.700
	Ozon	30	9.580 - 9.880
	Suhu permukaan / awan	31	10.780 - 11.280
		32	11.770 - 12.270
	Ketinggian awan	33	13.185 - 13.485
		34	13.485 - 13.785
		35	13.785 - 14.085
		36	14.085 - 14.385

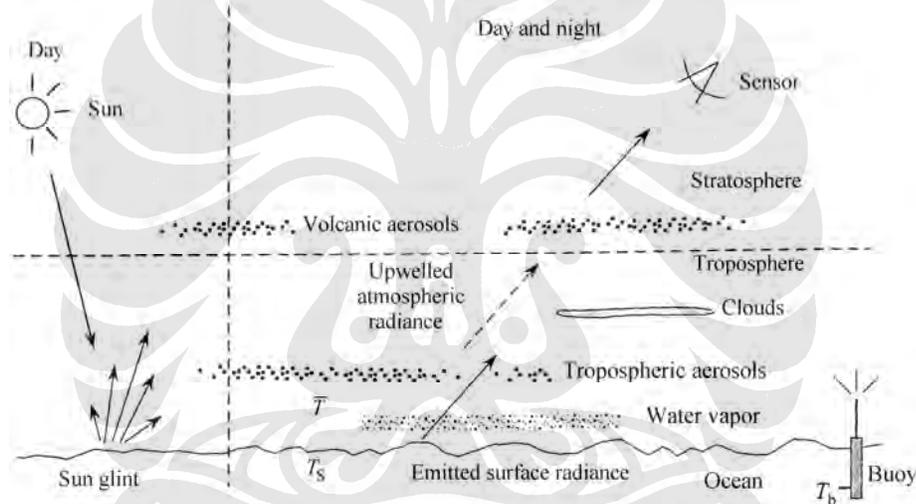
Sumber: NASA

2.2.3 Suhu Permukaan Laut (*Sea Surface Temperature*)

Suhu permukaan laut (SPL) dapat diukur dengan beberapa cara, dengan sensor satelit atau dengan *in-situ*, atau keduanya. Pengukuran secara *in-situ* dapat dilakukan jika pengukuran dengan satelit terbentur dengan batasan orbit yang

interval samplingnya terlalu besar atau terbatas pada waktu lintas satelitnya. Pada sisi lain, pengukuran dengan satelit dapat menjangkau daerah yang luas sekali, sedangkan metode *in-situ* jangkauannya sangat terbatas.

Gambar 2.8 dibawah ini mengilustrasikan radiansi dan pengaruh sifat atmosfer dalam menentukan radiansi permukaan lautan. Pada gambar, \bar{T} temperatur karakteristik di bawah atmosfer T_b adalah temperatur bouy atau *bulk* temperatur yang terukur pada kedalaman 0.3 – 1 m, dan T_s adalah *skin* temperatur yang merupakan temperatur lapisan sangat tipis sekali pada kolom air bagian atas. Perbedaan antara antara T_s dan SPL adalah bahwa T_s adalah *skin* temperatur secara fisik, sedangkan SPL adalah pendekatan nilai T_s yang tergantung pada teknik pengukurannya [8].



Gambar 2.8 Gambar skematik radiansi dan pengaruh sifat atmosfer terhadap penentuan SPL [8]

Radiansi yang diterima adalah kombinasi dari radiansi emisi permukaan dan upwelling radiansi atmosfer, dimana nilai relatifnya tergantung dari panjang gelombang pemantau dan pada muatan uap air atmosfer dan aerosol. Pada akhirnya, karena awan tidak dapat ditembus dan gangguan sangat berat, identifikasi awan siang dan malam hari adalah bagian penting yang lain dalam penentuan SPL.

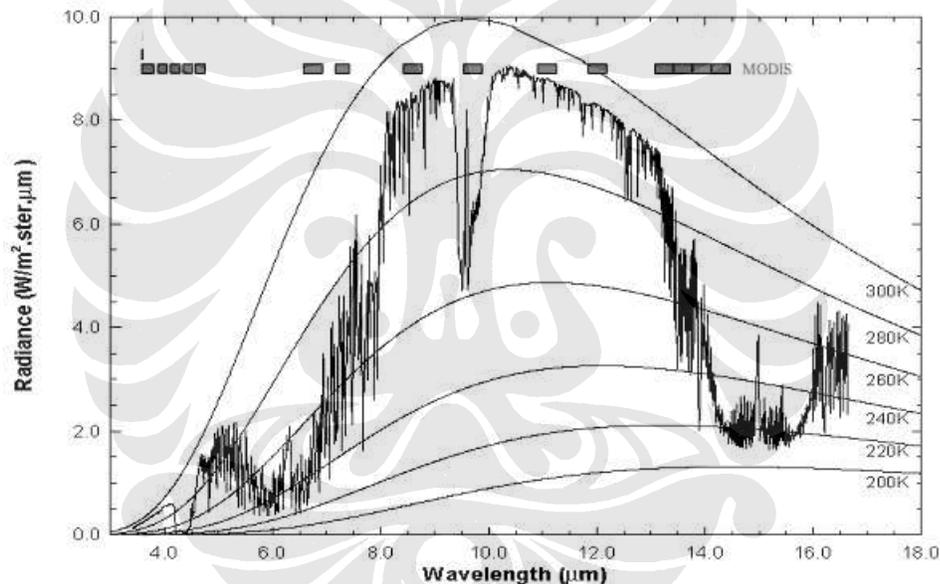
2.2.3.1 Sensor inframerah satelit

Sebuah sensor inframerah merekam radiansi yang dideteksi diatas atmosfer dalam panjang gelombang, λ_n yang spesifik. Pengukuran individu masing-masing kanal, n , dapat diekspresikan sebagai persamaan *black body*

brightness temperature, T_{bn} , itu adalah temperatur yang diperlukan untuk benda hitam (*black body*) dengan 100% emisivitas untuk mengemisikan radiansi terukur[6]. Pada gelombang tertentu emisi benda hitam didefinisikan oleh persamaan Planck.

$$L(\lambda, T) = \frac{C_1}{\pi \lambda^5 [\exp(C_2 / \lambda T) - 1]} \quad (2.1)$$

dimana L adalah radiansi spektral ($\text{W m}^{-2} \text{m}^{-1} \text{str}^{-1}$), λ adalah panjang gelombang (m), T adalah temperatur benda hitam (K), $C_1 = 3.74 \cdot 10^{-16} \text{ W m}^2$, dan $C_2 = 1.44 \cdot 10^{-2} \text{ m K}$. Gambar 2.9 dibawah ini menunjukkan grafik radiansi fungsi planck dengan radiansi yang diterima sensor.



Gambar 2.9 Grafik radiansi hasil persamaan fungsi Planck dengan radiansi setelah pengaruh atmosfer

Dari Gambar 2.9 diatas, terlihat bahwa pada suhu 300K, gelombang yang mempunyai nilai radiansi tertinggi adalah pada gelombang 11 – 12 μm walaupun setelah terjadi pelemahan pada atmosfer. Sehingga dengan mengasumsikan bahwa suhu lingkungan adalah 300K, maka pengukuran suhu permukaan laut menggunakan panjang gelombang 11 – 12 μm. Dari persamaan (2.1) diatas dapat ditentukan suhu kecerahan (*brightness temperature*) pada gelombang tertentu dari

radiansi yang diterima sensor, yaitu dengan meng-*inverse* persamaan planck diatas.

$$T_b(\lambda) = \frac{C_2}{\lambda \ln \left[\frac{C_1}{\lambda^5 \pi L_\lambda} + 1 \right]} \quad (2.2)$$

Idealnya, diharapkan bahwa radiansi yang terukur adalah radiansi tepat pada saat meninggalkan permukaan air yang ditentukan oleh suhu permukaan laut, T_s , dan oleh emisivitas air laut. Pada inframerah termal radiansi lebih besar dari 0.98, tetapi satelit mendeteksi radiansi yang datang lebih rendah akibat dari pemantulan oleh atmosfer. Oleh karena adanya penyerapan oleh gas rumah kaca suhu kecerahan (T_{bn}) lebih dingin daripada T_s bervariasi tergantung pada waktu dan tempat, terutama dengan kuantitas uap udara di atmosfer. Hal itu merupakan suatu tugas untuk melakukan prosedur koreksi atmosfer untuk mengestimasi T_s dengan diberikan pengukuran T_{bn} dari atas atmosfer [6].

Perumusan metode koreksi atmosfer yang baik adalah penggunaan perbedaan pelemahan dalam panjang gelombang yang berbeda. Ketika mengindera sel daerah yang sama, panjang gelombang sensor yang berbeda (misal, kanal i dan j) akan merekam temperatur yang sama (T_{bi} dan T_{bj}) jika tidak ada pelemahan atmosfer. Perbedaan antara suhu kecerahan diatas atmosfer T_{bi} dan T_{bj} berhubungan dengan banyaknya penyerapan gas dalam atmosfer, sehingga bentuk algoritmanya menjadi:

$$T_s = aT_{bi} + b(T_{bi} - T_{bj}) + c \quad (2.3)$$

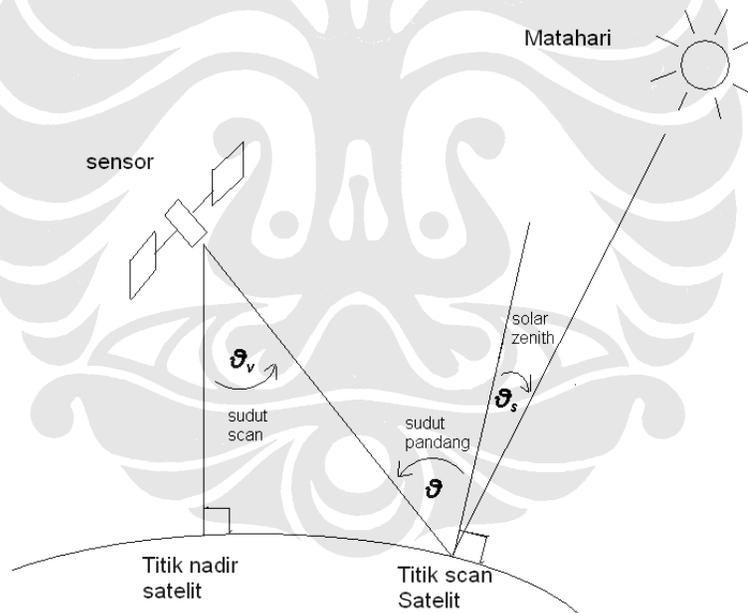
dengan a dan b dan c adalah koefisien hasil regresi yang telah ditentukan berdasarkan data pengukuran *in-situ* yang menyediakan dasar yang baik untuk koreksi atmosfer [9]. Selama siang hari, algoritma diatas menggunakan panjang gelombang antara 10.3–11.3 μm dan 11.5–12.5 μm , sementara pada malam hari kanal 3.5-3.9 μm juga dapat digunakan. Kanal 3.5 μm ini rusak akibat pemantulan radiasi matahari pada siang hari.

2.2.3.2 Algoritma suhu permukaan laut MODIS

Pada dasarnya, algoritma suhu permukaan laut MODIS mengacu pada Persamaan(2.3) diatas, tetapi kemudian diperluas kembali menjadi bentuk suhu permukaan laut tak linier (*Non Linear SST*) dengan memperhitungkan sudut zenith matahari (*solar zenith angle*). Berikut ini adalah bentuk persamaan suhu permukaan laut tak linier.

$$T_s = b_0 + b_1 T_1 + b_2 (T_1 - T_2) T_{env} + b_3 (\sec(\theta_s) - 1) \quad (2.4)$$

dimana T_{env} adalah suhu lingkungan dan θ_s adalah sudut zenith matahari [10]. Untuk lebih memahami sudut zenith matahari, berikut adalah ilustrasi yang menggambarkan kedudukan satelit dan matahari relatif terhadap bumi. Sudut zenith matahari diperhitungkan dalam perhitungan karena adanya pengaruh radiasi matahari langsung pada sensor.



Gambar 2.10 Gambar sudut-sudut relatif antara satelit, matahari, dan bumi

MODIS mempunyai dua algoritma dalam menentukan suhu permukaan laut. Algoritma pertama adalah menggunakan kanal $11 \mu\text{m}$ (dilambangkan dengan *sst*) untuk siang hari dan menggunakan kanal $4 \mu\text{m}$ (dilambangkan dengan *sst4*) untuk malam hari. Kanal modis yang dipakai dalam penentuan suhu permukaan laut adalah seperti yang terlihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 Kanal MODIS yang dipakai dalam menentukan SPL

MODIS Band	Bandwidth (μm)	Radiance@300K ($\text{W m}^{-2} \mu\text{m}^{-1} \text{sr}^{-1}$)	NE Δ T (K)
20	3.660 - 3.840	0.45	0.05
22	3.929 - 3.989	0.67	0.07
23	4.020 - 4.080	0.79	0.07
31	10.780 - 11.280	9.55	0.05
32	11.770 - 12.270	8.94	0.05

Persamaan yang dipakai untuk menentukan suhu permukaan laut pada penelitian ini adalah algoritma yang dikeluarkan oleh IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*) berikut ini:

$$sst4 = k_0 + k_1 T_{22} + k_2 (T_{22} - T_{23}) + k_3 (\sec(\theta_s) - 1) \quad (2.5)$$

$$sst = k_0 + k_1 T_{31} + k_2 (T_{31} - T_{32}) T_{env} + k_3 (T_{31} - T_{32}) (\sec(\theta_s) - 1) \quad (2.6)$$

dimana k_i adalah koefisien-koefisien yang tergantung dari jenis satelinya (Terra atau Aqua) dan waktunya (siang atau malam) yang tercantum dalam Tabel 2.5, T_i adalah suhu kecerahan kanal i dalam satuan derajat celcius ($^{\circ}\text{C}$). Suhu lingkungan adalah T_{env} adalah $sst4$ untuk obsevasi pada malam hari, sedangkan untuk observasi siang hari T_{env} adalah OISST mingguan atau T_{20} jika OISST tidak tersedia.

Tabel 2.5 Koefisien NLSST untuk algoritma sst dan sst4 IMAPP

Satelit	Waktu	Algor.	Koefisien			
			k_0	k_1	k_2	k_3
Aqua	Siang	sst	1.152	0.960	0.151	2.021
	Malam	sst	2.133	0.926	0.125	1.198
	Malam	sst4	0.987	1.031	0.349	1.766
Terra	Siang	sst	1.052	0.984	0.130	1.860
	Malam	sst	1.886	0.938	0.128	1.094
	Malam	sst4	-0.065	1.034	0.723	0.972

Produk $sst4$ hanya akurat pada observasi malam hari. Selama siang hari suhu kecerahan untuk perhitungan $sst4$ dikontaminasi oleh radiasi sinar matahari. Algoritma sst dapat diaplikasikan pada siang atau malam hari dengan menerapkan koefisien-koefisien siang atau malam hari yang sesuai. Untuk mengakomodasi observasi pada batas antara siang dan malam, sst hasil pembobotan dihitung dari algoritma siang dan malam menggunakan $(T_{31} - T_{32})$ untuk menentukan bobot

kontribusi relatif, yaitu jika $0.5 < (T_{31} - T_{32}) < 0.9$, kemudian bobot w didefinisikan sebagai:

$$w = (0.9 - (T_{31} - T_{32})) / 0.4$$

$$sst = w * sst_D + (1 - w) * sst_N \quad (2.7)$$

dimana sst_D adalah SST yang ditentukan dengan koefisien siang hari dan sst_N adalah SST yang ditentukan dengan koefisien malam hari [10].

2.2.3.3 Algoritma suhu permukaan laut NOAA/AVHRR

Suhu permukaan laut ditentukan dengan menganalisa radiansi yang direkam oleh radiometer sensitif untuk radiasi elektromagnetik dalam rentang 3.5-12.5 μm (infra merah termal). Rentang ini termasuk yang disebut “jendela atmosfer”, yang pengaruh komponen atmosfer pada transmisi sinyal dari permukaan laut ke satelit adalah minimal. Temperatur mutlak dihitung dengan algoritma perhitungan untuk korelasi atmosfer terhadap suhu permukaan dengan perbedaan *bulk temperature*.

Teori transfer radiasi juga digunakan untuk mengoreksi atmosfer dalam dua kanal termal spektrum, oleh karena pengaruh dari uap air. Teknik *split-window* dengan kanal-kanal yang digunakan untuk menentukan suhu permukaan laut berdasarkan proporsi data kanal dan uap air di atmosfer. Prosedur yang digunakan adalah dengan algoritma *non-linear sea surface temperature (NLSST)*. NLSST menggunakan algoritma *multi-channel sea surface temperature (MCSST)* sebagai estimasi pertama suhu permukaan laut dengan hubungan non-linier. Baik MCSST maupun NLSST adalah model statistik yang koefisien-koefisiennya disediakan oleh *NOAA's National Environmental Satellite Data and Information Service (NESDIS)*.

Persamaan penentuan suhu permukaan laut NOAA/AVHRR berdasarkan algoritma NLSST dan MCSST yang ada pada *NOAA-KLM User's Guide*, yaitu:

$$NLSST = A_1 (T_4) + A_2 (T_4 - T_5)(MCSST) + A_3 (T_4 - T_5)(\text{Sec } \theta - 1) - A_4 \quad (2.8)$$

$$MCSST = B_1 (T_4) + B_2 (T_4 - T_5) + B_3 (T_4 - T_5)(\text{Sec } \theta - 1) - B_4 \quad (2.9)$$

dimana, T_4 dan T_5 adalah brightness temperature kanal 4 dan kanal 5 AVHRR dalam Kelvin; $\sec \theta$ adalah secan dari sudut zenith satelit θ ; NLSST and MCSST adalah non-linear dan linear multi-channel SST masing-masing dalam derajat celcius. Adapun koefisien-koefisiennya dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7 berikut ini:

Tabel 2.6 Koefisien untuk Algoritma NLSST (Non Linear SST)

Satelit	Algoritma	waktu	Koefisien
NOAA-15	NLSST	Siang	$A_1=0.913116, A_2=0.0905762, A_3=0.476940, A_4=246.887$
NOAA-15	NLSST	Malam	$A_1=0.922560, A_2=0.0936114, A_3=0.548055, A_4=249.819$
NOAA-16	NLSST	Siang	$A_1=0.914471, A_2=0.0776118, A_3=0.668532, A_4=248.116$
NOAA-16	NLSST	Malam	$A_1=0.898887, A_2=0.0839331, A_3=0.755283, A_4=244.006$
NOAA-17	NLSST	Siang	$A_1=0.936047, A_2=0.0838670, A_3=0.920848, A_4=253.951$
NOAA-17	NLSST	Malam	$A_1=0.938875, A_2=0.0864265, A_3=0.979108, A_4=255.023$

Tabel 2.7 Koefisien untuk Algoritma MCSST (Multi Channel SST)

Satelit	Algoritma	waktu	Koefisien
NOAA-15	MCSST	Siang	$B_1=0.964243, B_2=2.71296, B_3=0.387491, B_4=262.443$
NOAA-15	MCSST	Malam	$B_1=0.976789, B_2=2.77072, B_3=0.435832, B_4=266.290$
NOAA-16	MCSST	Siang	$B_1=0.999314, B_2=2.30195, B_3=0.628976, B_4=273.768$
NOAA-16	MCSST	Malam	$B_1=0.995103, B_2=2.53657, B_3=0.753281, B_4=273.146$
NOAA-17	MCSST	Siang	$B_1=0.992818, B_2=2.49916, B_3=0.915103, B_4=271.206$
NOAA-17	MCSST	Malam	$B_1=1.01015, B_2=2.58150, B_3=1.00054, B_4=276.590$

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DATA PENELITIAN

Data satelit yang digunakan dalam penelitian ini adalah data mentah citra MODIS yang mempunyai tingkatan pada level 1b. Sebelum data satelit dapat diaplikasi kedalam algoritma produk, data yang dikirimkan dari satelit (yaitu data mentah) harus melalui beberapa tahapan-tahapan pemrosesan awal sehingga didapatkan data Level 1B yang siap untuk diolah. Berikut ini adalah tahapan berbagai proses yang harus ditempuh data mentah menjadi data Level 1B.

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 berupa data 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 *computer-friendly*. Maka, data yang sudah berformat level 1b ini sudah siap untuk diimplementasikan pada 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*”.

Data MODIS yang digunakan didapatkan dari Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Data mentah level 1b ini akan diolah menjadi data level 2 yang telah mempunyai informasi suhu permukaan laut. Sedangkan data NOAA/AVHRR didapatkan dari internet pada situs <http://www.class.noaa.gov>.

Ukuran file dari satu *scene* pada data sensor NOAA/AVHRR hanya berkisar antara 20MB sampai 30 MB, sedangkan data MODIS jauh lebih besar yaitu berkisar sekitar 700MB. Hal ini disebabkan karena jumlah kanal sensor panjang gelombang yang terdapat sistem instrumen NOAA hanya berjumlah 5 kanal, sedangkan pada sistem instrumen MODIS mempunyai kanal yang jauh lebih banyak yaitu 36 buah kanal. Karena tidak memungkinkannya untuk *download* lewat Internet, data MODIS didapkannya melalui LAPAN dengan cara mengkopinya kemedi DVD.

Data yang digunakan pada penelitian ini, untuk masing-masing sensor sebanyak tiga *scene*. Data dipilih yang wilayahnya beririsan antara sensor NOAA dan MODIS dengan hari dan tanggal yang sama. Oleh karena, tiap *scene*, kedua data beririsan pada wilayah yang berbeda, maka antara *scene* yang satu dengan yang lainnya areanya berbeda. Idealnya, data untuk tiap *scene* mempunyai tanggal yang sama dan waktu yang sama, tetapi hal ini sulit dilakukan karena jadwal kedua satelit yang berbeda. Secara kebetulan, didapatkan satu *scene* yang mempunyai tanggal dan waktu yang sama. Berikut ini adalah data-data yang digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.1 Data-data yang digunakan dalam Penelitian

No	Sensor	Nama File	Tanggal	Waktu (GMT)
1	AVHRR	NSS.LHRR.NM.D05275.S0324.E0336.B1700606.WI.hdf	02 - 10 - 2005	03.24
	MODIS	lpn.t1.20051002.024528.592047.1000m.hdf	02 - 10 - 2005	02.45
2	AVHRR	NSS.LHRR.NM.D05280.S0310.E0321.B1707777.WI.hdf	07 - 10 - 2005	03.10
	MODIS	lpn.t1.20051007.030408.302714.1000m.hdf	07 - 10 - 2005	03.04
3	AVHRR	NSS.LHRR.NM.D07089.S0141.E0153.B2474646.WI.hdf	30 - 03 - 2007	01.41
	MODIS	lpn.t1.20070330.024703.972367.1000m.hdf	30 - 03 - 2007	02.47

3.2 PEMROSESAN DATA

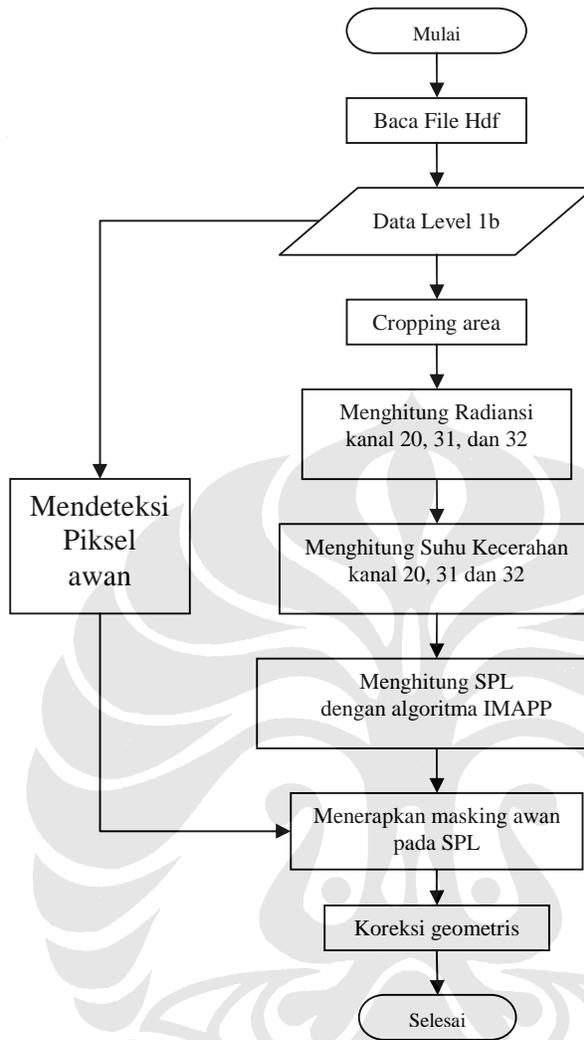
Data MODIS level 1b dalam format “.hdf” dibaca dengan menggunakan perangkat lunak MATLAB. Didalam perangkat lunak MATLAB terdapat fasilitas yang dapat digunakan untuk membaca file format hdf, yaitu fungsi *hdfsd*. File hdf

terdiri dari *attribute* dan *scientific data set* (SDS). SDS adalah data array yang berisi nilai piksel-piksel setiap kanal, tetapi tidak semua kanal berada pada satu nama SDS yang sama, sedangkan atribut adalah informasi yang berkaitan dengan SDS tersebut. Contoh dari nama SDS dan kanal yang memuatnya adalah: “EV_250_Aggr1km_RefSB” yang berisi kanal 1-2, “EV_500_Aggr1km_RefSB” yang berisi kanal 3-7, “EV_1KM_RefSB” yang berisi kanal 8-19, dan 26, dan “EV_1KM_Emissive” yang berisi kanal 20-36. Selain SDS untuk kanal-nya ada juga SDS untuk informasi geolokasinya seperti *latitude*, *longitude*, *solar zenith angle* dan sebagainya.

Data NOAA/AVHRR level 1b yang didapatkan dari internet mempunyai format “.WI”. Agar dapat dibaca pada perangkat lunak MATLAB, maka file tersebut dikonversi dahulu menjadi format file hdf dengan bantuan perangkat lunak *Coast Watch Data Analysis Tools* (CDAT) yang bisa didapatkan secara gratis dari situs <http://www.coastwatch.noaa.gov>. Untuk mengkonversinya, file “.WI” tersebut dibuka dengan perangkat lunak tersebut, dengan men-download seluruh kanalnya, kemudian *export* semua kanal pada file tersebut kedalam format hdf. Format hdf yang dihasilkan dari proses tersebut adalah *Coast Watch HDF*. Perbedaannya dengan format file MODIS adalah pada penamaan SDS-nya, contoh: nama SDS untuk kanal 1 adalah “avhrr_ch1” dan seterusnya.

3.2.1 Menentukan Suhu Permukaan Laut (SPL) MODIS

Prosedur untuk menentukan suhu permukaan laut adalah terdiri dari dua tahapan, yaitu pra-proses dan pemrosesan. Pra-proses terdiri dari kalibrasi radiometri, yaitu mengubah nilai *digital number* (DN) yang belum mempunyai satuan dari tiap piksel menjadi nilai radiansi yang telah mempunyai satuan radiometri. Dari nilai radiansi yang didapatkan, dihitung suhu kecerahan tiap kanal yang akan digunakan. Tahap pemrosesan adalah menghitung suhu permukaan laut dari suhu kecerahan yang telah didapatkan dengan algoritma tertentu, kemudian melakukan koreksi geometris. Gambar 3.1 berikut ini adalah diagram alir dari proses penentuan suhu permukaan laut untuk sensor MODIS.



Gambar 3.1 Diagram alir penentuan suhu permukaan laut MODIS

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

Tabel 3.2 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 31 dan 32 yang masih dalam bentuk *digital number* yang mempunyai tipe data UINT16 dikalibrasi menjadi nilai radiansi dengan rumus sebagai berikut:

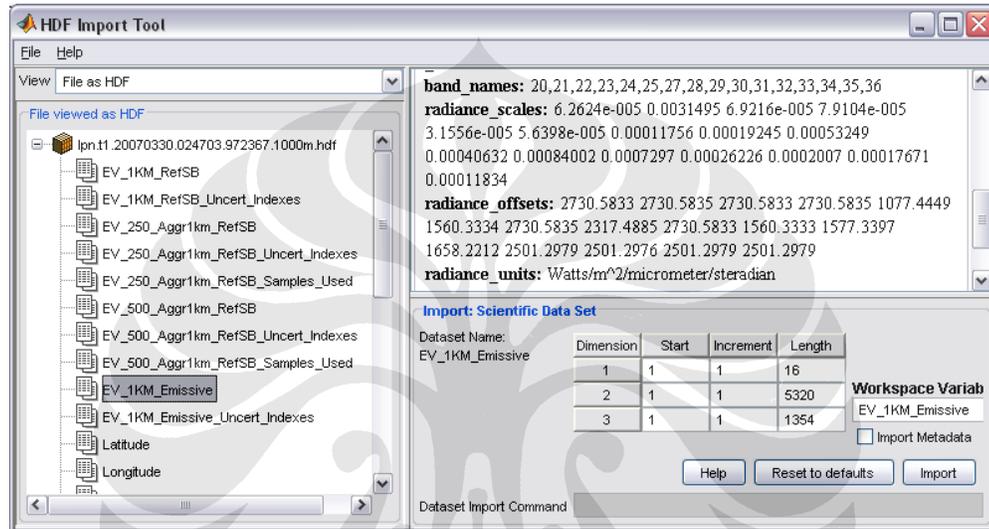
$$L_i = radiance_scales(SI_i - radiance_offsets) \quad (3.1)$$

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. Gambar 3.2 berikut ini adalah gambar yang menunjukkan atribut file hdf.



Gambar 3.2 Atribut file hdf untuk nama SDS “EV_1km_emissive”

Setelah melakukan kalibrasi radiometri selanjutnya dihitung suhu kecerahan masing-masing kanal dengan inverse fungsi planck.

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

dimana :

T_i = suhu kecerahan kanal b (K),

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

λ = panjang gelombang (m),

C_1 = $3.74 \cdot 10^{-16} W m^2$, dan

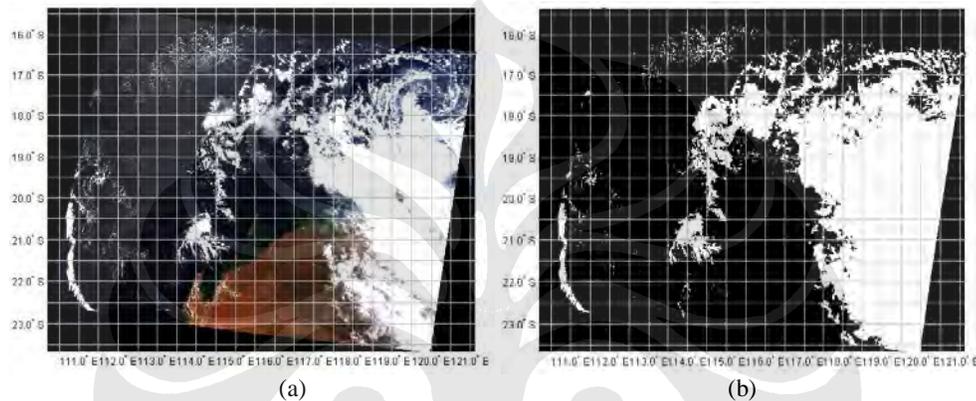
C_2 = $1.44 \cdot 10^{-2} m K$.

Suhu permukaan laut hanya dihitung pada piksel yang bebas awan, sehingga diperlukan suatu algoritma yang dapat mendeteksi adanya awan. Pada penelitian

ini algoritma untuk menghilangkan awan adalah menggunakan tiga kanal, yaitu kanal 10, 11 dan 12. Pada algoritma ini awan ditentukan jika nilai piksel dari ketiga kanal tersebut adalah lebih besar dari 0,3 dari nilai maksimumnya [11]. Secara operasional operasi logika yang dipakai untuk mendeteksi awan pada sensor MODIS adalah:

$$\text{awan} = \text{band10} > 0.3 * \text{maks}(\text{band10}) \ \& \ \text{band11} > 0.3 * \text{maks}(\text{band11}) \ \& \ \text{band12} > 0.3 * \text{maks}(\text{band12}) \ \& \ T_{31} < 273\text{K}.$$

Hasil masking awan yang didapatkan dapat dilihat pada Gambar 3.3 dibawah ini.



Gambar 3.3 (a) Warna sebenarnya dari awan, (b) Hasil masking awan

Perhitungan suhu permukaan laut yang dilakukan pada penelitian ini adalah menggunakan algoritma dari IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*), yaitu:

$$SPL = k_0 + k_1 T_{31} + k_2 (T_{31} - T_{32}) T_{env} + k_3 (T_{31} - T_{32}) (\sec(\theta_s) - 1) \quad (3.3)$$

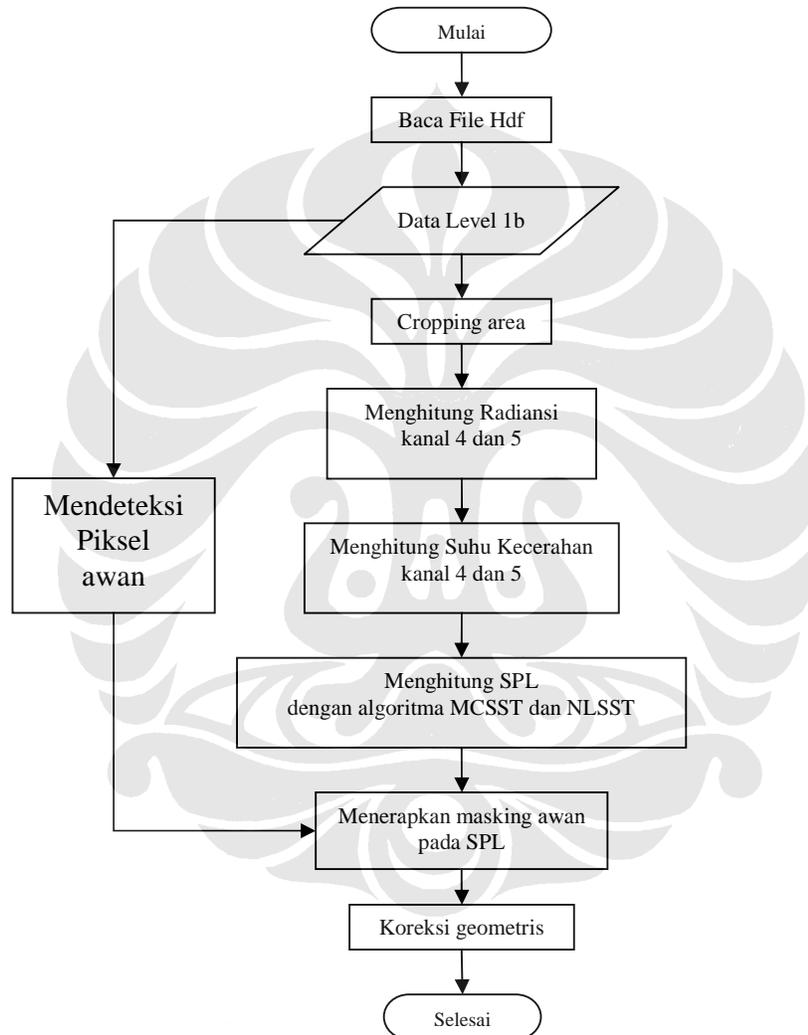
dimana T_{31} adalah suhu kecerahan kanal 31 ($^{\circ}\text{C}$), T_{32} adalah suhu kecerahan kanal 32 ($^{\circ}\text{C}$), θ_s adalah sudut zenith matahari, dan koefisien-koefisien k dapat dilihat pada Tabel 2.5.

3.2.2 Menentukan Suhu permukaan Laut (SPL) NOAA/AVHRR

Langkah-langkah penentuan suhu permukaan laut NOAA/AVHRR, sama dengan yang dilakukan pada sensor MODIS. Diagram alir proses perhitungan suhu permukaan laut NOAA/AVHRR dapata dilihat pada Gambar 3.4. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengubah digital number menjadi radiansi untuk kanal 4 dan 5, yaitu dengan persamaan yang didapat dari NOAA-KLM *User's Guide* [12].

$$N_E = a_0 + a_1 C_E + a_2 C_E^2 \quad (3.4)$$

dimana a_0 , a_1 , a_2 adalah koefisien-koefisien yang dapat dilihat pada header file, C_E adalah digital number tiap piksel, dan N_E adalah radiansi yang mempunyai satuan $mW/(m^2 \cdot sr \cdot cm^{-1})$.



Gambar 3.4 Diagram alir perhitungan SPL NOAA/AVHRR

Setelah nilai radiansi didapatkan, selanjutnya dihitung nilai suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5, dengan persamaan:

$$T_E = \frac{C_2 v_c}{\ln \left[1 + \left(\frac{C_1 v_c^3}{N_E} \right) \right]} \quad (3.5)$$

dimana:

$$c_1 = 1.1910427 \times 10^{-5} \text{ mW}/(\text{m}^2\text{-sr-cm}^4),$$

$$c_2 = 1.4387752 \text{ cm-K},$$

T_E = suhu kecerahan dalam Kelvin,

N_E = radiansi ($\text{mW}/(\text{m}^2\text{-sr-cm}^{-1})$),

V_c = panjang gelombang tengah (cm^{-1}).

Dari nilai suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 dapat ditentukan suhu permukaan laut. Pada skripsi ini, algoritma penentuan suhu permukaan laut NOAA/AVHRR berdasarkan persamaan yang ada pada NOAA-KLM *User's Guide*, yaitu:

$$\text{NLSST} = A_1 (T_4) + A_2 (T_4 - T_5)(\text{MCSST}) + A_3 (T_4 - T_5)(\text{Sec } \theta - 1) - A_4 \quad (3.6)$$

$$\text{MCSST} = B_1 (T_4) + B_2 (T_4 - T_5) + B_3 (T_4 - T_5)(\text{Sec } \theta - 1) - B_4 \quad (3.7)$$

dimana, T_4 dan T_5 adalah brightness temperature kanal 4 dan kanal 5 AVHRR dalam Kelvin, $\text{Sec } \theta$ adalah secan dari sudut zenith satelit θ , NLSST and MCSST adalah non-linear dan linear multi-channel SST masing-masing dalam derajat celsius, dengan koefisien-koefisiennya dapat dilihat pada Tabel 2.6 dan Tabel 2.7.

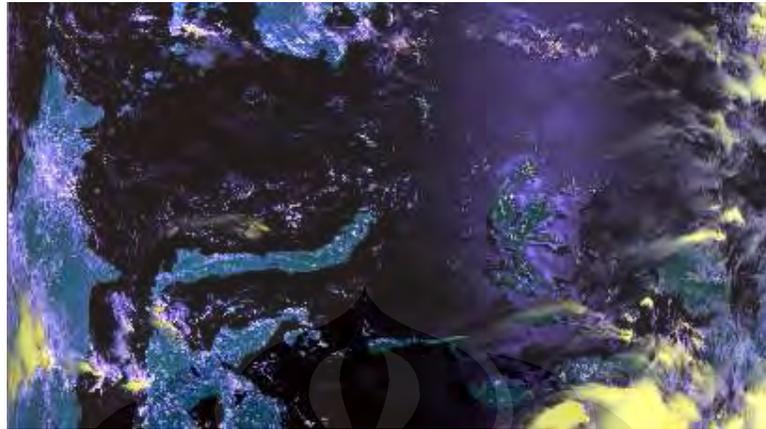
Suhu permukaan laut hanya dihitung pada piksel yang bebas awan, sehingga diperlukan suatu algoritma yang dapat mendeteksi adanya awan. Untuk NOAA/AVHRR, algoritma pendeteksian awan yang dipakai dalam skripsi ini adalah sebagai berikut [8]:

1. Jika perbandingan antara kanal 2 dan kanal 1 lebih besar dari 0.7, maka piksel tersebut berawan,
2. Jika suhu kecerahan pada kanal 4 lebih kecil dari 270 K, maka piksel tersebut berawan,
3. Jika perbedaan suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 ($T_4 - T_5$) lebih besar dari 3.5 K, maka piksel tersebut berawan.

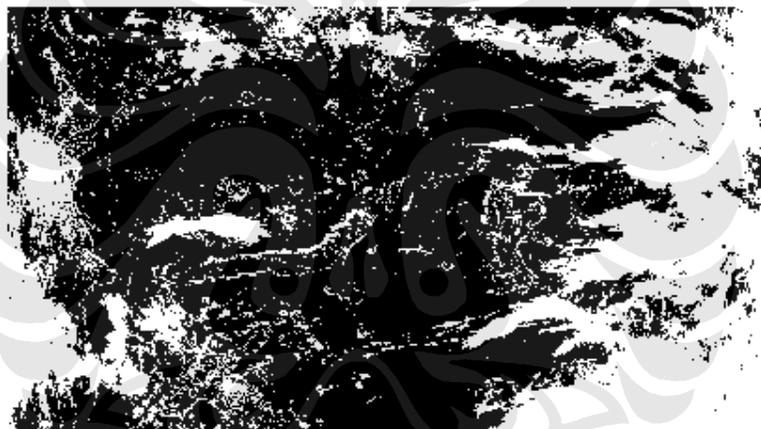
Dalam operasionalnya, operasi logika yang digunakan untuk pendeteksian awan adalah:

$$\text{awan} = (\text{band2}/\text{band1}) > 0.7 \ \& \ (T4 < 270) \ \text{or} \ (T4 - T5) \geq 3.5$$

Gambar 3.6 berikut ini adalah gambar hasil masking awan yang dihasilkan.



Gambar 3.5 Citra NOAA, R=kanal 1, G= kanal 2, B=kanal 3



Gambar 3.6 Hasil masking awan

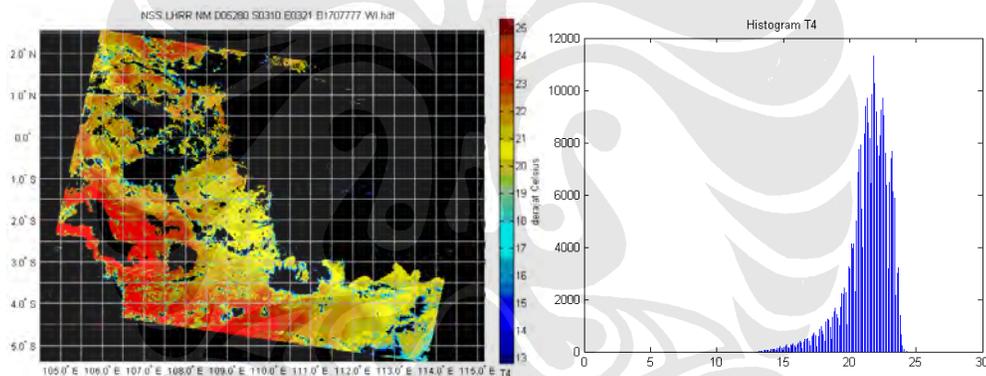
BAB IV HASIL PERCOBAAN DAN ANALISA

4.1 HASIL DAN ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT NOAA/AVHRR

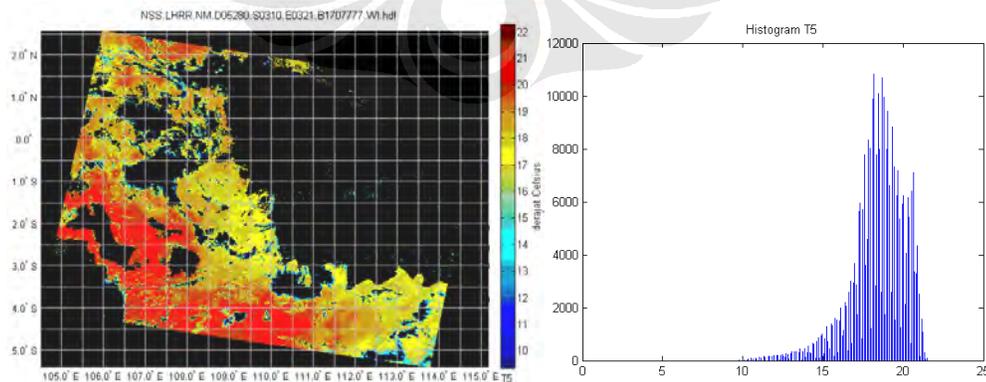
Pada penelitian ini, analisa terbagi dalam dua bagian, yang pertama adalah analisa suhu permukaan laut untuk masing-masing sensor secara individu NOAA/AVHRR dan MODIS, dan yang kedua adalah analisa perbandingan suhu permukaan laut dari kedua sensor tersebut.

4.1.1 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 7 Oktober 2005

Dari hasil percobaan tanggal 7 Oktober 2005 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 4 dan 5 sebagai berikut:



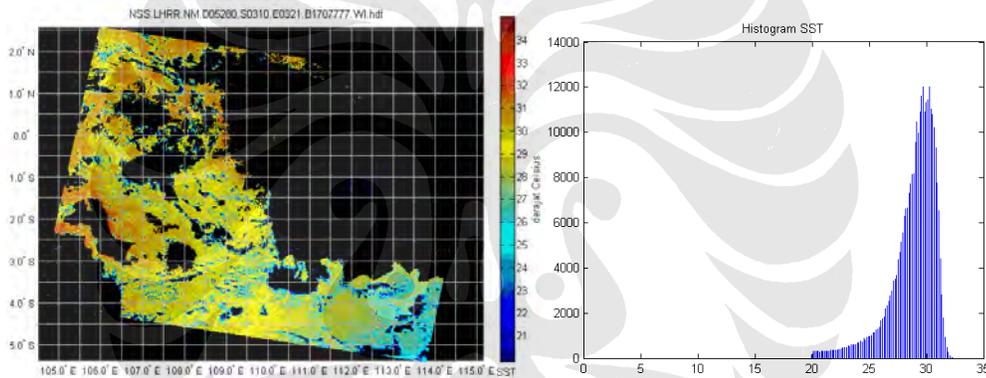
Gambar 4.1 Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT



Gambar 4.2 Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT

Dari data diatas dapat dilihat bahwa suhu kecerahan kanal 4 berkisar antara 13–25°C (Gambar 4.1) sedangkan suhu kecerahan kanal 5 berkisar antara 10–22°C (Gambar 4.2) yang berarti suhu kecerahan kanal 5 lebih rendah daripada suhu kecerahan kanal 4. Dari grafik histogram terlihat bahwa histogram suhu kecerahan kanal 4 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 22 °C, sedangkan histogram suhu kecerahan kanal 5 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 18 °C. Selain itu, histogram suhu kecerahan kanal 5 lebih bergeser kekiri dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 4, tetapi dari bentuknya keduanya mempunyai bentuk pola yang sama hanya saja pola histogram suhu kecerahan kanal 5 lebih lebar.

Suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 ini menghasilkan suhu permukaan laut pada Gambar 4.3 dibawah ini.

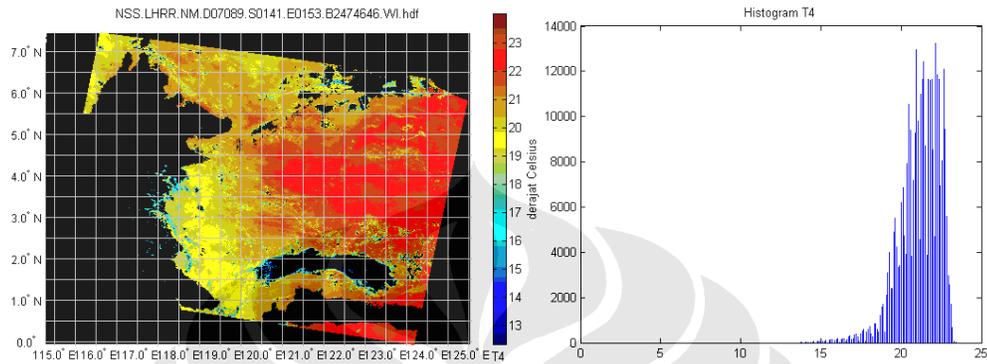


Gambar 4.3 SPL NOAA dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.10 GMT

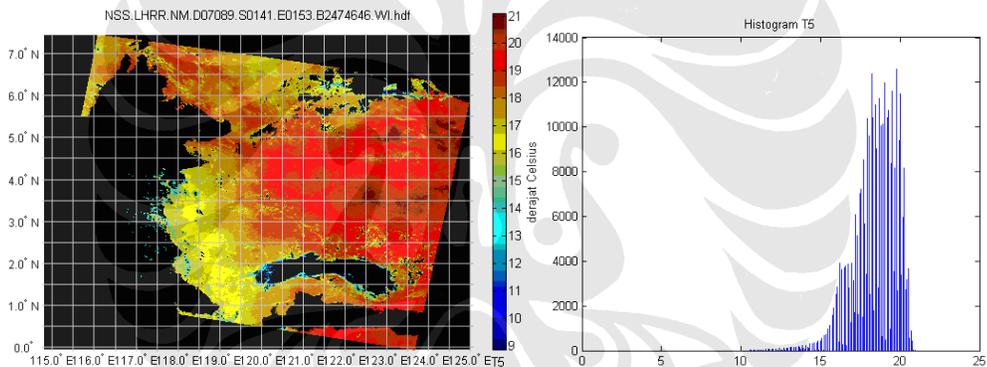
SPL yang dihasilkan berkisar antara 20–35°C yang berarti nilainya lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 4 dan 5 . Hal ini juga dapat dilihat pada histogram suhu permukaan laut yang dihasilkan cenderung lebih bergeser ke kanan dibandingkan histogram suhu kecerahan kanal 4 dan 5. Dilihat dari pola histogramnya, pola histogram suhu permukaan laut tidak terlalu jauh berbeda dengan pola histogram suhu kecerahan kanal 4 dan 5. Hal ini berarti bahwa, komposisi kanal 4 dan kanal 5 pada algoritma suhu permukaan lautnya tidak banyak mengubah pola persebaran suhu kecerahan kanal-kanal yang menyusunnya.

4.1.2 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 30 Maret 2007

Dari hasil percobaan tanggal 30 Maret 2007 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 4 dan 5 sebagai berikut:



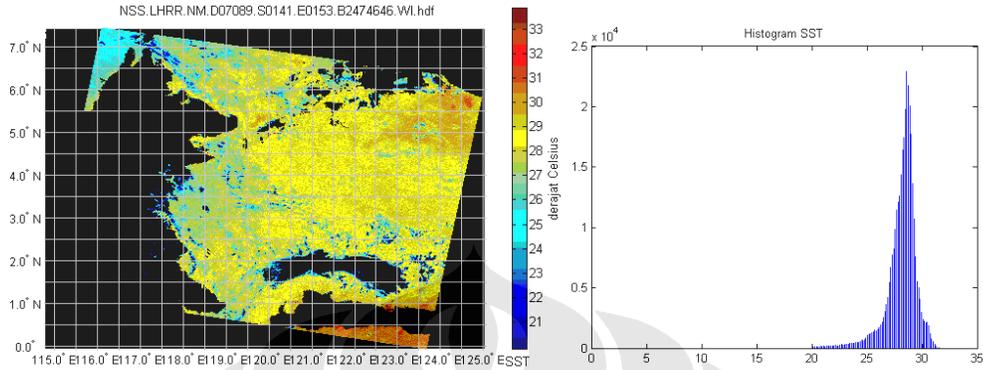
Gambar 4.4 Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT



Gambar 4.5 Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT

Dari data pada tanggal 30 Maret 2007 terlihat bahwa suhu kecerahan kanal 4 berkisar antara 13–24°C (Gambar 4.4) sedangkan suhu kecerahan kanal 5 berkisar antara 9–21°C (Gambar 4.5). Jika dibandingkan dengan data sebelumnya rata-rata jangkauan suhu kecerahan kanal 4 dan 5 tidak jauh berbeda. Suhu kecerahan kanal 5 didapatkan lebih rendah daripada suhu kecerahan kanal 4, dimana dari grafik histogram terlihat bahwa histogram suhu kecerahan kanal 4 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 22 °C, sedangkan histogram suhu kecerahan kanal 5 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 20 °C. Selain itu, histogram suhu kecerahan kanal 5 lebih bergeser kekiri dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 4, tetapi dari bentuknya keduanya mempunyai bentuk pola

yang sama hanya saja pola histogram suhu kecerahan kanal 5 lebih melebar. Suhu permukaan laut hasil kombinasi suhu kecerahan kanal 4 dan kanal 5 ini dapat dilihat pada Gambar 4.6 dibawah ini.

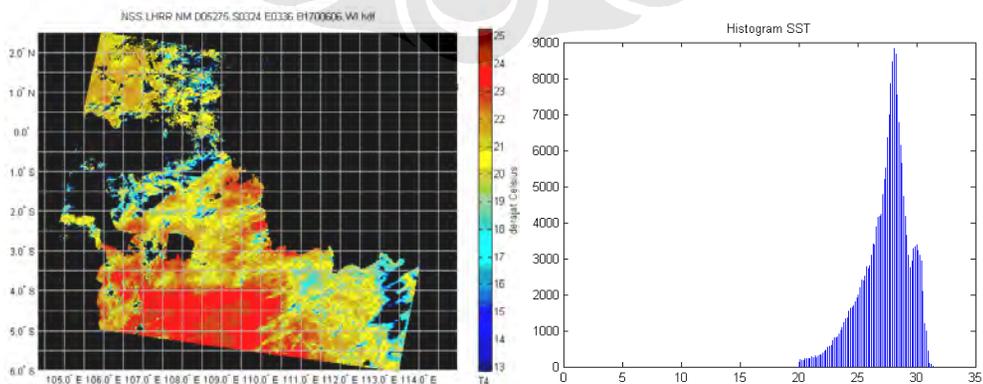


Gambar 4.6 SPL NOAA dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 01.41 GMT

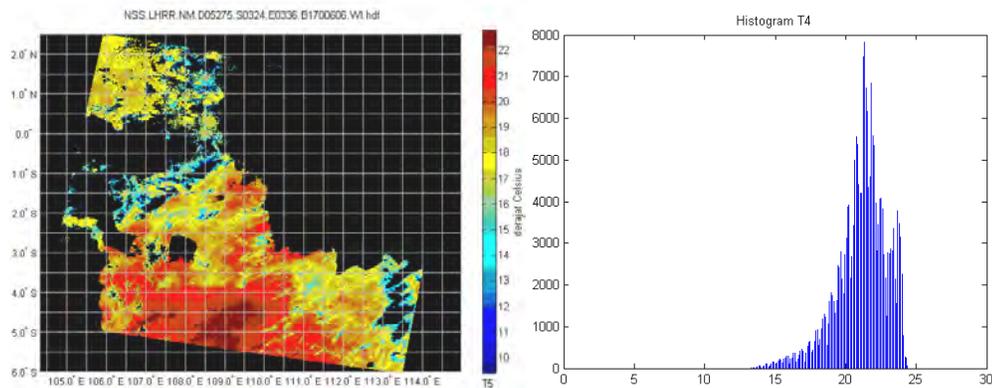
SPL ini nilainya berkisar antara 20–33.5°C, berarti nilainya lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 4 dan 5. Grafik histogram suhu permukaan laut yang dihasilkan cenderung lebih bergeser ke kanan dibandingkan histogram suhu kecerahan kanal 4 dan 5. Dilihat dari pola histogramnya, pola histogram suhu permukaan laut lebih lebar dari pola histogram suhu kecerahan kanal 4 dan 5 dengan nilai maksimumnya berada pada suhu sekitar 30 °C.

4.1.3 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut NOAA Tanggal 2 Oktober 2005

Dari hasil percobaan tanggal 2 Oktober 2005 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 4 dan 5 sebagai berikut:

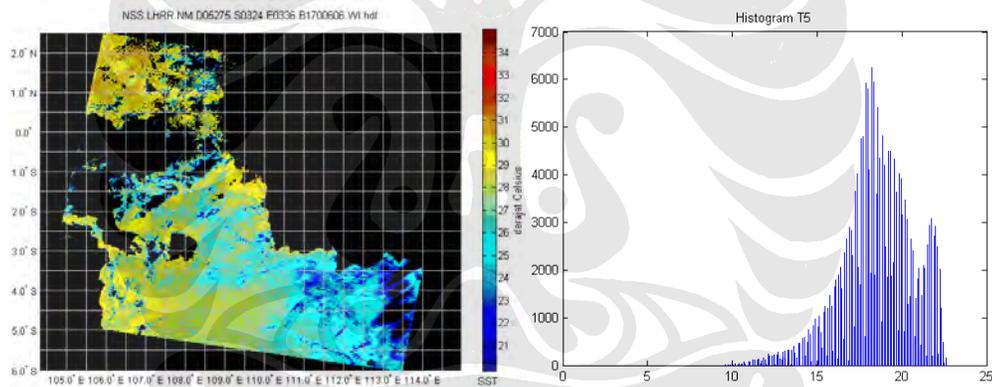


Gambar 4.7 Suhu kecerahan kanal 4 NOAA dan histogramnya tgl. 2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT



Gambar 4.8 Suhu kecerahan kanal 5 NOAA dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT

Seperti analisa sebelumnya, dari data tanggal 2 Oktober 2005 bahwa suhu kecerahan kanal 5 rata-rata lebih kecil dan jangkauan histogramnya lebih lebar daripada suhu kecerahan kanal 4 (lihat Gambar 4.7 dan Gambar 4.8). Suhu permukaan laut hasil kombinasi keduanya terlihat pada Gambar 4.9



Gambar 4.9 SPL NOAA dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 03.24 GMT

Suhu permukaan laut yang dihasilkan juga lebih besar daripada kedua kanal tersebut dengan pola grafik histogram suhu permukaan lautnya sangat mirip dengan pola histogram suhu kecerahan kanal 4 dan 5.

4.1.4 Analisa Keseluruhan Data Suhu Permukaan Laut NOAA

Dari seluruh data yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan bahwa suhu kecerahan kanal 5 lebih kecil dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 4. Kanal 4 pada sensor AVHRR mempunyai panjang gelombang 11 μ m, sedangkan kanal 5 mempunyai panjang gelombang 12 μ m. Dari persamaan Planck, diketahui bahwa nilai radiansi dari panjang gelombang 11 μ m akan bernilai lebih besar

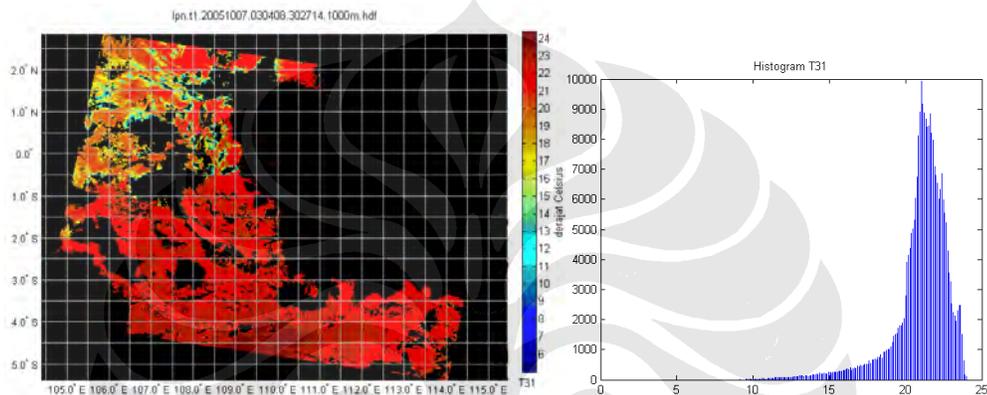
daripada radiansi panjang gelombang $12\mu\text{m}$ dengan asumsi suhu lingkungan adalah 300K , sehingga suhu kecerahan yang didapatkan juga lebih besar. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada grafik nilai radiansi untuk beberapa panjang gelombang pada suhu-suhu tertentu yang terlihat pada (Gambar 2.9). Dari Gambar 2.9, pada suhu 300K , nilai radiansi pada panjang gelombang $11\mu\text{m}$ lebih besar daripada nilai radiansi pada panjang gelombang $12\mu\text{m}$ baik dari hasil persamaan maupun aktualnya.

Dari gambar grafik diatas juga terlihat bahwa ada penurunan nilai radiansi pada tiap-tiap panjang gelombang setelah melewati atmosfer dan pelemahan tersebut tidak sama untuk tiap-tiap panjang gelombang sehingga hasil inverse fungsi planck (suhu kecerahan) dari nilai radiansi yang didapat dari hasil pengukuran sensor untuk tiap panjang gelombang berbeda. Oleh karena itu, perhitungan suhu permukaan laut diperlukan nilai suhu kecerahan lebih dari satu kanal. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui besar pelemahan akibat atmosfer, yaitu dengan perbedaan nilai suhu kecerahan dari dua panjang gelombang, dalam hal ini adalah panjang gelombang $11\mu\text{m}$ dan panjang gelombang $12\mu\text{m}$ (kanal 4 dan kanal 5). Kanal 4 ($11\mu\text{m}$) dijadikan komponen utama dalam perhitungan suhu permukaan laut, karena pada suhu 300K , panjang gelombang ini mempunyai nilai radiansi yang paling tinggi dan pelemahan oleh atmosfernya juga tidak terlalu besar. Sedangkan kanal 5 ($12\mu\text{m}$) dijadikan sebagai pembanding untuk koreksi atmosfer. Sehingga dalam penulisan rumus suhu permukaan laut komponen ($T_4 - T_5$) tidak dijabarkan karena ingin menunjukkan bahwa telah dilakukan suatu koreksi atmosfer didalamnya.

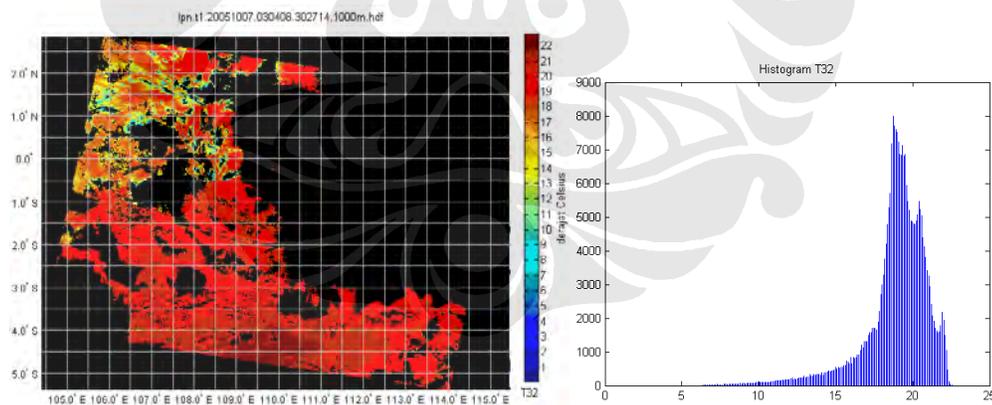
4.2 HASIL DAN ANALISA SUHU PERMUKAAN LAUT MODIS

4.2.1 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 7 Oktober 2005

Dari hasil percobaan tanggal 7 Oktober 2005 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 31 dan 32 sebagai berikut:



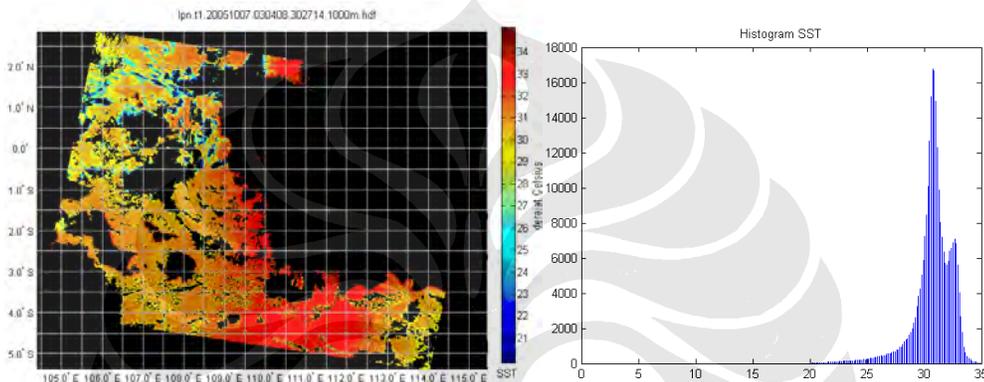
Gambar 4.10 Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT



Gambar 4.11 Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT

Data MODIS pada tanggal 7 Oktober 2005 menunjukkan bahwa suhu kecerahan kanal 31 berkisar antara 5–24°C sedangkan suhu kecerahan kanal 32 berkisar antara 1–22°C, berarti suhu kecerahan kanal 32 lebih rendah daripada suhu kecerahan kanal 31 (lihat Gambar 4.10 dan Gambar 4.11). Grafik histogram suhu kecerahan kanal 31 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 22 °C,

sedangkan histogram suhu kecerahan kanal 32 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 20 °C. Dari histogram terlihat bahwa suhu kecerahan kanal 32 lebih bergeser kekiri dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 31, tetapi dari bentuk pola keduanya mempunyai bentuk pola yang sama. Dari suhu kecerahan kanal 31 dan kanal 32 ini dihasilkan suhu permukaan laut pada Gambar 4.12 yang nilainya berkisar antara 20–35°C, nilai ini lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 31 dan 32.

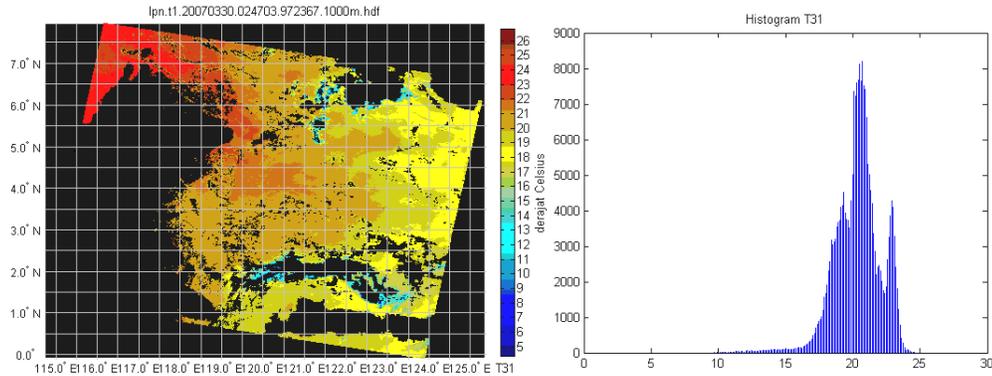


Gambar 4.12 SPL MODIS dan histogramnya tgl. 7 Oktober 2005 pkl. 03.04 GMT

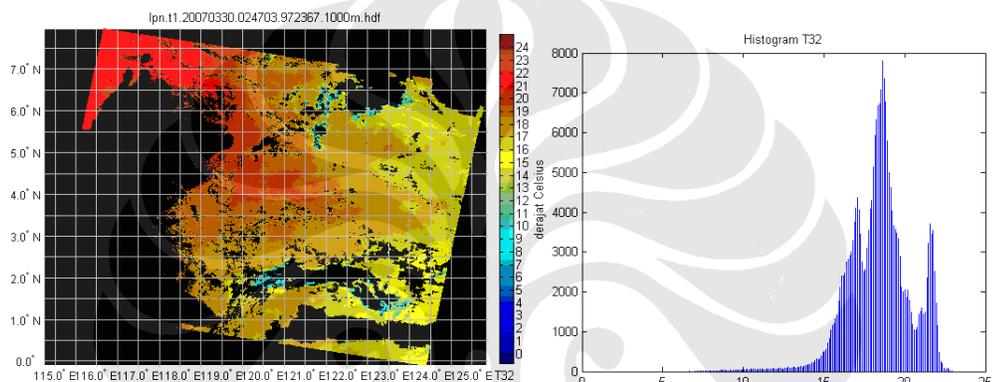
Hal ini juga dapat dilihat pada histogram suhu permukaan laut yang dihasilkan cenderung lebih bergeser ke kanan dibandingkan histogram suhu kecerahan kanal 31 dan 32. Dilihat dari pola histogramnya, pola histogram suhu permukaan laut tidak terlalu jauh berbeda dengan pola histogram suhu kecerahan kanal 31 dan 32. Hal itu menunjukkan bahwa algoritma suhu permukaan laut MODIS tidak banyak mengubah pola persebaran suhu kecerahan kanal 31 dan 32.

4.2.2 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 30 Maret 2007

Dari hasil percobaan tanggal 30 Maret 2007 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 31 dan 32 sebagai berikut:

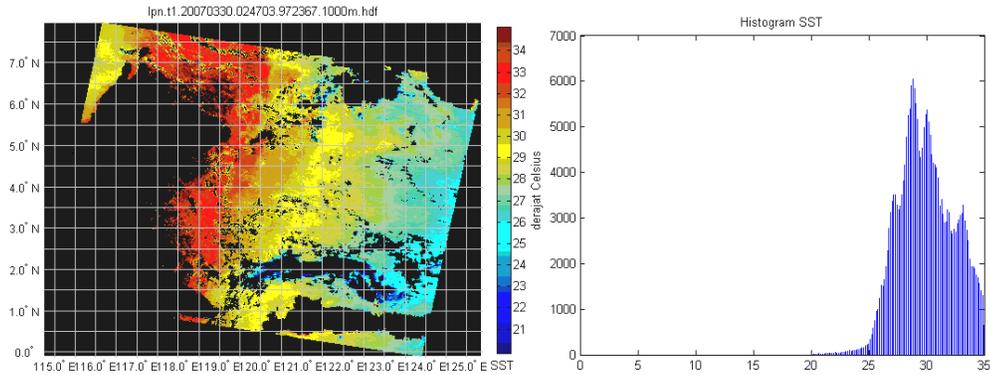


Gambar 4.13 Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 02.47GMT



Gambar 4.14 Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 02.47GMT

Dari data MODIS pada tanggal 30 Maret 2007, suhu kecerahan kanal 31 berkisar antara 5–26°C , sedangkan suhu kecerahan kanal 32 berkisar antara 0–24°C (Gambar 4.13 dan Gambar 4.14). Jika dibandingkan dengan data tanggal sebelumnya rata-rata jangkauan suhu kecerahan kanal 31 dan 32 tidak jauh berbeda. Suhu kecerahan kanal 32 didapatkan lebih rendah daripada suhu kecerahan kanal 31, dimana dari grafik histogram terlihat bahwa histogram suhu kecerahan kanal 31 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 21 °C, sedangkan histogram suhu kecerahan kanal 32 mempunyai nilai maksimum pada suhu sekitar 19 °C. Sama seperti data sebelumnya, histogram suhu kecerahan kanal 32 lebih bergeser kekiri dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 31, namun bentuk pola keduanya mempunyai bentuk yang sama hanya saja pola histogram suhu kecerahan kanal 32 lebih melebar. Suhu permukaan laut hasil kombinasi suhu kecerahan kanal 31 dan kanal 32 ini dapat dilihat pada Gambar 4.15 di bawah ini.

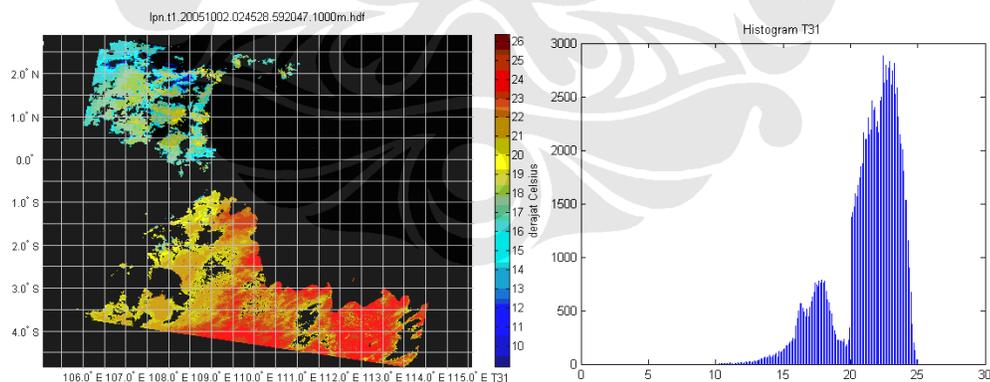


Gambar 4.15 SPL MODIS dan histogramnya tgl. 30 Maret 2007 pkl. 02.47GMT

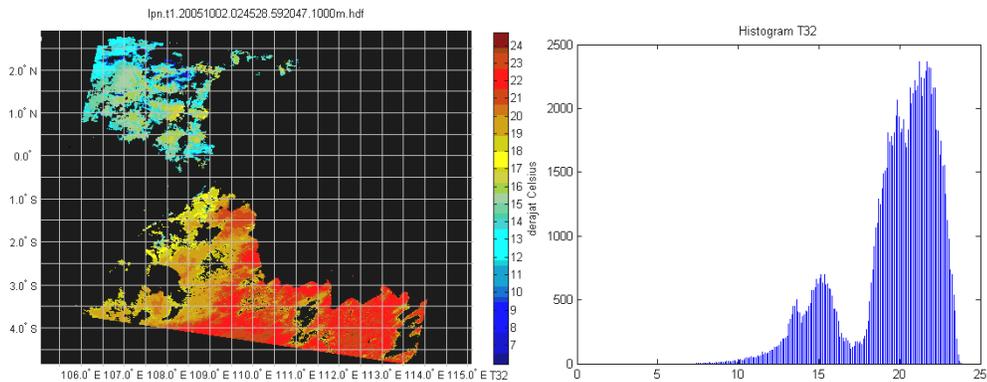
SPL ini nilainya berkisar antara 20–33.5°C. Grafik histogram suhu permukaan laut yang dihasilkan cenderung lebih bergeser ke kanan dibandingkan histogram suhu kecerahan kanal 31 dan 32 yang berarti SPL ini lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 31 dan 32.

4.2.3 Hasil dan Analisa Suhu Permukaan Laut MODIS Tanggal 2 Oktober 2005

Dari hasil percobaan tanggal 2 Oktober 2005 didapatkan hasil perhitungan suhu kecerahan kanal 31 dan 32 sebagai berikut:

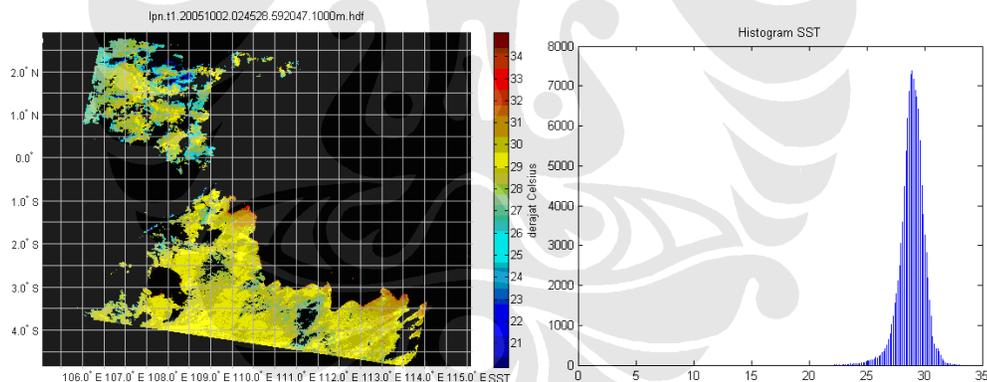


Gambar 4.16 Suhu kecerahan kanal 31 MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT



Gambar 4.17 Suhu kecerahan kanal 32 MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT

Pada data MODIS tanggal 2 Oktober 2005 juga didapatkan bahwa suhu kecerahan kanal 31 lebih besar dari suhu kecerahan kanal 32 (Gambar 4.16 dan Gambar 4.17) Suhu permukaan laut yang dihasilkannya (Gambar 4.18) pun lebih tinggi tetapi histogram suhu permukaan laut lebih sempit dari pada histogram suhu kecerahan kanal 31 dan 32.



Gambar 4.18 SPL MODIS dan histogramnya tgl.2 Oktober 2005 pkl. 02.45 GMT

4.2.4 Analisa Keseluruhan Data Suhu Permukaan Laut MODIS

Dari seluruh data MODIS yang digunakan pada penelitian ini, didapatkan bahwa suhu kecerahan kanal 31 lebih tinggi dibandingkan dengan suhu kecerahan kanal 32. Kanal 31 pada sensor MODIS mempunyai panjang gelombang 11 μ m, sedangkan kanal 32 mempunyai panjang gelombang 12 μ m. Dari persamaan Planck, diketahui bahwa nilai radiansi dari panjang gelombang 11 μ m akan bernilai lebih besar daripada radiansi panjang gelombang 12 μ m dengan asumsi

suhu lingkungan adalah 300K, sehingga suhu kecerahan yang didapatkan juga lebih besar. Jadi, pada kedua sensor hubungan ini berlaku, karena disini yang dilihat bukan karakteristik sensornya tetapi panjang gelombang yang dipakainya. Pada algoritma suhu permukaan laut MODIS, juga dilakukan koreksi atmosfer, sehingga suhu permukaan laut yang dihasilkan lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 31 dan 32.

4.3 ANALISA PERBANDINGAN SUHU PERMUKAAN LAUT NOAA/AVHRR DAN MODIS

Untuk analisa perbandingan kedua sensor ini lebih di titik beratkan pada data pada tanggal 7 Oktober 2005 (Gambar 4.20) karena pada tanggal ini data MODIS dan NOAA mempunyai waktu yang sama, hal ini dapat dilihat dari pola awannya yang mempunyai bentuk yang sama. Dari data tanggal 7 Oktober 2005 didapatkan bahwa suhu kecerahan kanal 4 NOAA yang mempunyai panjang gelombang 11 μ m suhunya lebih tinggi daripada suhu kecerahan kanal 31 MODIS yang panjang gelombangnya sama. Hal ini juga terjadi pada kanal 5 NOAA yang mempunyai panjang gelombang 12 μ m suhu kecerahannya lebih besar daripada suhu kecerahan kanal 32 MODIS yang panjang gelombangnya sama-sama 12 μ m. Hal ini dapat dianalisa bahwa lebar masing-masing kanal yang dipakai oleh kedua sensor berbeda. Tabel 4.1 berikut ini adalah kanal-kanal NOAA dan MODIS yang dipakai dalam penentuan suhu permukaan laut berikut lebar kanalnya masing-masing.

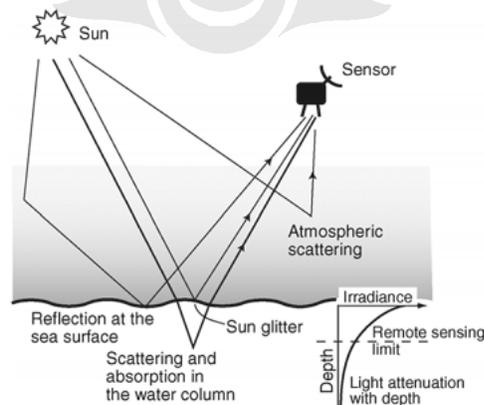
Tabel 4.1 Kanal-kanal AVHRR dan MODIS yang dipakai untuk menentukan SPL

No Kanal	Sensor	Bandwidth
4	AVHRR	10.30-11.30
5	AVHRR	11.4-12.4
20	MODIS	3.660 - 3.840
31	MODIS	10.780 - 11.280
32	MODIS	11.770 - 12.270

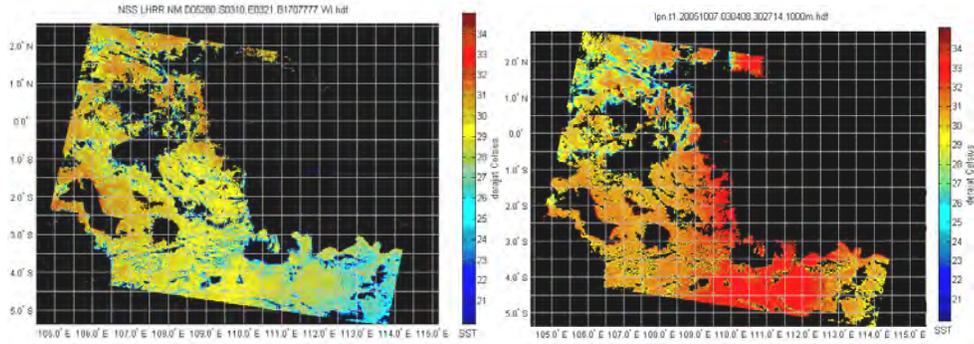
Dari Tabel 4.1 diatas terlihat bahwa kanal 4 dan kanal 5 AVHRR mempunyai lebar kanal sebesar $1\mu\text{m}$ sedangkan kanal 31 dan kanal 32 MODIS mempunyai lebar kanal sebesar $0.5\mu\text{m}$ yang berarti lebar kanal 11 dan $12\mu\text{m}$ AVHRR adalah dua kali lebar kanal 11 dan $12\mu\text{m}$ MODIS. Dengan lebar kanal yang lebih besar, berarti pengaruh spektrum-spektrum yang mempengaruhi nilai radiansi lebih banyak sehingga nilai radiansinya lebih besar. Hal itu karena radiansi dari suatu kanal tertentu merupakan hasil dari integrasi radiansi tiap-tiap spektrum yang berada dalam rentang kanal tersebut.

Jika dibandingkan, SPL MODIS lebih tinggi dari pada SPL NOAA (Gambar 4.3 dan Gambar 4.12), walaupun suhu kecerahan kanal yang dipakai untuk menentukan suhu permukaan laut MODIS lebih rendah daripada suhu kecerahan kanal NOAA. Hal ini disebabkan oleh algoritma suhu permukaan laut MODIS memperhitngkan kanal dengan panjang gelombang $3.660\text{-}3.840\ \mu\text{m}$ (kanal 20). Sifat panjang gelombang ini adalah sangat sensitif terhadap refleksi cahaya matahari langsung (*sun glitter*). Sehingga pemakaian kanal ini akan menghasilkan koreksi terhadap reflektansi dari cahaya matahari yang mempengaruhi emisifitas kanal suhu. Oleh karena itu, suhu permukaan laut MODIS yang dihasilkan lebih besar daripada suhu permukaan laut NOAA. Hal ini dapat dilihat dari Gambar 4.21 *true color* dari citra MODIS dengan komposisi RGB-nya adalah kanal 1, kanal 4, dan kanal 3.

Munculnya *sun glitter* dikarenakan sudut pandang (*viewing angle*) satelit sama dengan sudut zenith matahari (*solar zenith angle*), seperti yang diilustrasikan pada Gambar 4.19 dibawah ini.

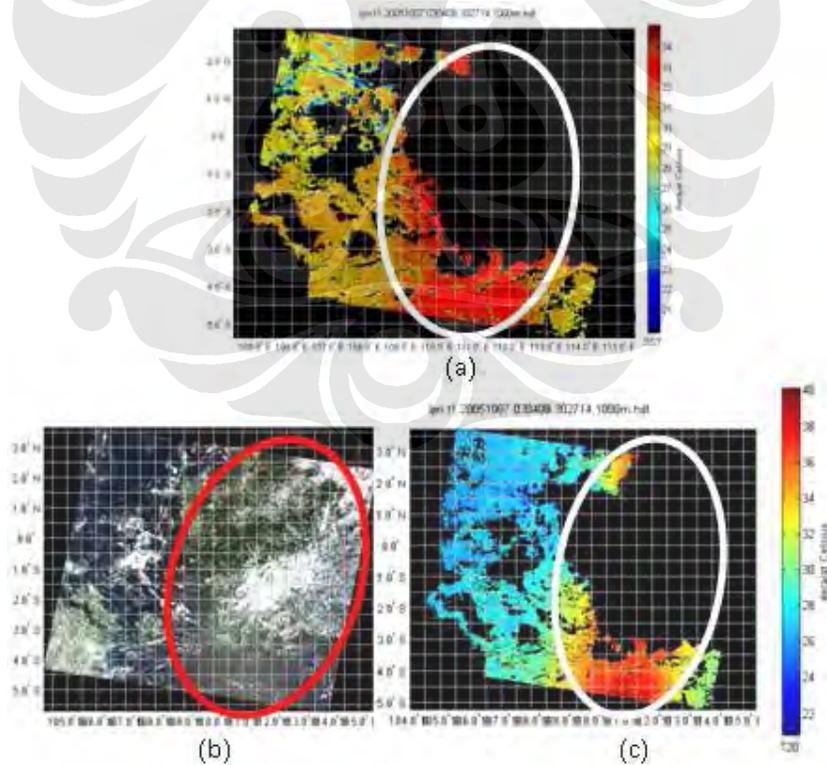


Gambar 4.19 Lintasan cahaya matahari yang berinteraksi dengan laut dan atmosfer[6]



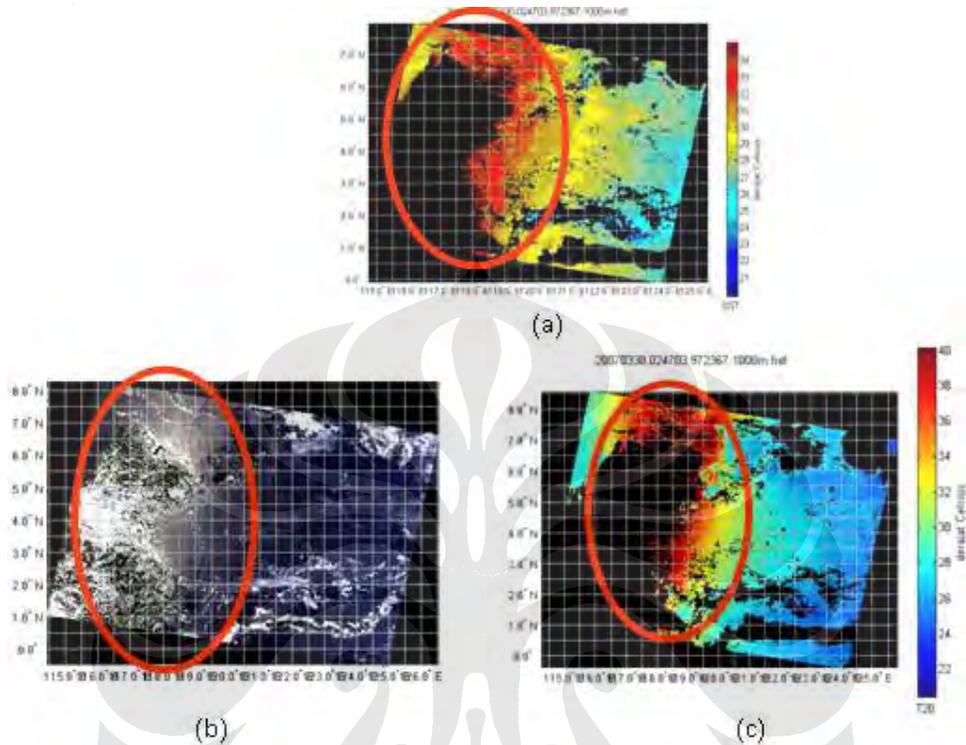
Gambar 4.20 SPL NOAA dan MODIS tgl. 7 Oktober 2005

Dari Gambar 4.21 dibawah, terlihat bahwa pada daerah yang terkena refleksi cahaya matahari langsung (*sun glitter*) memiliki tingkat intensitas cahaya yang lebih besar. Efek dari *sun glitter* ini adalah cenderung mendominasi dari semua sinyal yang lain sehingga pada daerah tersebut suhu kecerahan kanal 20 yang sensitif terhadap cahaya matahari menjadi sangat tinggi hingga mencapai 40 °C. Hal ini menyebabkan penambahan pada nilai suhu permukaan laut yang signifikan pada daerah tersebut.



Gambar 4.21 (a) SPL MODIS tgl. tgl. 7 Oktober 2005, (b) Citra *true color*, (c) Suhu kecerahan kanal 20

Untuk lebih meyakinkan lagi bahwa kenaikan suhu tersebut dikarenakan efek dari *sun glitter*, dapat dilihat pada citra dari tanggal yang lainnya, seperti pada Gambar 4.22.



Gambar 4.22 (a) SPL MODIS tgl. tgl. 30 Maret 2007, (b) Citra *true color*, (c) Suhu kecerahan kanal 20

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan yang dilakukan pada suhu permukaan laut terhadap sensor satelit MODIS dan NOAA/AVHRR didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Suhu kecerahan kanal 4 (11 μ m) NOAA/AVHRR mempunyai nilai yang lebih tinggi daripada suhu kecerahan kanal 31 (11 μ m) MODIS, karena lebar kanal 4 NOAA lebih besar hingga dua kali lipat daripada kanal 31 MODIS. Hal ini juga berlaku untuk kanal 5 NOAA dan kanal 32 MODIS
2. Hasil dari Algoritma SPL MODIS menunjukkan nilai yang lebih tinggi daripada algoritma SPL NOAA/AVHRR walaupun komponen suhu kecerahan kanal MODIS lebih rendah daripada komponen suhu kecerahan kanal NOAA/AVHRR
3. Algoritma SPL MODIS menggunakan satu kanal tambahan, yaitu kanal 20 dengan panjang gelombang 3.660-3.840 μ m yang peka terhadap refleksi cahaya matahari langsung sedangkan pada algoritma SPL NOAA tidak ada, sehingga SPL yang dihasilkan MODIS lebih besar pada daerah yang terjadi refleksi cahaya matahari langsung (*sun glitter*).

DAFTAR ACUAN

- [1] Lillesand, T.M dan R.W. Kiefer, *Remote Sensing and Image Interpretation*, (New York: John Wiley&Sons Inc.,1979)
- [2] Estes J.E., *Imaging with Photographic and Nonphotographic Sensor System, In Remote Sensing Tehciques for Environtmental Analysis*, (California: Hamilton Publishing Compagny.,1974)
- [3] Lindgren, D.T., *Land use Planning and Remote Sensing*, (Doldrecht: Martinus Nijhoff Publisher.,1985)
- [4] Smith, Randall B., *Remote Sensing of Environment (RSE)*, (MicroImages, Inc., 2006)
<http://www.microimages.com>
- [5] Samsuri, 2004. "Aplikasi Penginderaan Jauh dalam Pengelolaan Sumberdaya Hutan", Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara
- [6] Robinson, I.S., *Satellite Measurements For Operational Ocean Models*, (UK:University of Southampton.,2004)
- [7] Xiong, Jack, *et al.*, 2005. "MODIS Level 1B Algorithm Theoretical Basis Document". National Aeronautics and Space Administration., Desember, 2005
<http://modis.gsfc.nasa.gov>
- [8] Martin, Seelye, *An Introduction to Ocean Remote Sensing*, (UK: Cambridge University Press.,2007)
- [9] Mc. Clain, E. P., *et al.*, 1985. "Comparative performance of AVHRR based multichannel sea surface temperatures", J. Geophys.Res., 90: 11587-11601.
- [10] Davies, James E., 2004. "The IMAPP MODIS Sea Surface Temperature Algorithm"
<ftp://cimss.ssec.wisc.edu/~gumley/IMAPP/>
- [11] Kutzner, Kendy, 2001. "Processing MODIS Data for Fire Detection in Australia", Institute for Telecommunications Research, University of South Australia.
- [12] NOAA KLM User's Guide
<http://www2.ncdc.noaa.gov>

DAFTAR PUSTAKA

- Brown, Otis B. dan P.J. Minnet, 1999. "MODIS Infrared Sea Surface Temperature Algorithm. Algorithm Theoretical Basis Document, Version 2.0," University of Miami, April 1999.
- Davies, James E., 2004. "The IMAPP MODIS Sea Surface Temperature Algorithm".
<http://cimss.ssec.wisc.edu/~gumley/IMAPP/>
- Eugenio, Francisco, *et al.*, 2002 . "Accurate retrieval of sea surface temperature in the Canary Islands-Azores-Gibraltar area using AVHRR/3 and MODIS data". *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 0-7803-7536-X/\$17.00 (C) 2002 IEEE.
<http://www.ieeexplore.ieee.org>
- Haines, Stephanie L., dan GaryJ Jedlovec, 2007. "A MODIS Sea Surface Temperature Composite for Regional Applications". *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, VOL.45,NO.9, September 2007
<http://www.ieeexplore.ieee.org>
- Marcello, Javier, *et al.*, 2004. "Validation of MODIS and AVHRR/3 Sea Surface Temperature retrieval algorithms". *IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing*, 0-7803-8742-2/04/\$20.00 (C) 2004 IEEE.
<http://www.ieeexplore.ieee.org>
- Martin, Seelye, *An Introduction to Ocean Remote Sensing*, (UK: Cambridge University Press.,2007)
- Robinson, 1991. *Satellite Oceanography, An Introduction for Oceanographer and Remote Sensing Scientist*, (New York : John Wiley and Sons.,1991)
- Smith, Randall B., *Remote Sensing of Environment (RSE)*, (MicroImages, Inc., 2006).
<http://www.microimages.com>
- Trauth, Martin H., 2006. *MATLAB[®] Recipes for Earth Sciences*, (Netherlands: Springer-Verlag Berlin Heidelberg., 2006)