



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN KANDUNGAN AEROSOL DI ATMOSFER
MENGUNAKAN DATA TERRA/AQUA MODIS**

TUGAS AKHIR

**WIDYA ANGGIT PURUITANINGRUM
0806366491**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN KANDUNGAN AEROSOL DI ATMOSFER
MENGUNAKAN DATA TERRA/AQUA MODIS**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**WIDYA ANGGIT PURUITANINGRUM
0806366491**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI ELEKTRO
DEPOK
JUNI 2010**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Widya Anggit Puruitaningrum

NPM : 0806366491

Tanda Tangan :

Tanggal : 25 Juni 2010

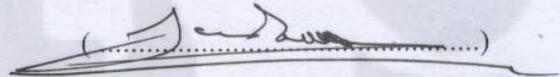
HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Widya Anggit Puruitaningrum
NPM : 0806366491
Program Studi : Elektro S1 Ekstensi
Judul Skripsi : PENENTUAN KANDUNGAN AEROSOL DI
ATMOSFER MENGGUNAKAN DATA
TERRA/AQUA MODIS

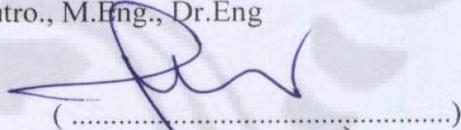
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro Program S1 Ekstensi, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

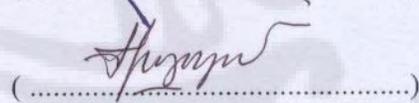
Pembimbing I : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng



Penguji I : Prof. Drs. Benyamin Kusumoputro., M.Eng., Dr.Eng



Penguji II : Dr. Ir. Retno Wigajatri P., MT



Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 25 Juni 2010

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya yang begitu besar sehingga saya mampu menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya. Hanya dengan rahmat dan kasih sayang-Nya, saya memiliki motivasi lebih untuk berjuang dalam menyelesaikan penulisan ini dengan segala keterbatasan yang dimiliki. Kepada Allah SWT jualah segala sesuatu diserahkan setelah berikhtiar. Dan juga shalawat serta salam tak lupa penulis haturkan Rasulullah, Muhammad SAW beserta keluarga, sahabat, serta para pengikutnya yang telah istiqomah mengikuti jalan kemuliaan ini.

Penulisan tugas akhir ini dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Jurusan Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia. Saya hanya dapat berusaha semaksimal mungkin dengan segala keterbatasan yang ada. Namun, hal ini memberikan sebuah pelajaran berharga akan konsistensi dalam meraih cita-cita dan ketertarikan akan sebuah bidang.

Pada kesempatan ini pula saya dengan kesungguhan dan ketulusan hati ingin menyampaikan ucapan terimakasih dan maaf yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu atau terganggu baik secara langsung maupun tidak langsung dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

- 1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini.**
2. Bapak Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng, selaku selaku pembimbing yang telah memberikan pengarahan dan bimbingan selama ini.
3. Bapak Rahmat Arief, Dipl.Ing dan Bapak Ir. Suhermanto, M.T. selaku pembimbing dari LAPAN yang telah menerima kami dengan baik serta memberikan pengarahan dan bimbingan juga kesabarannya dalam membimbing kami selama ini.

4. Bapak Dr. Ir. Dony Kushardono, selaku Kepala Bidang Pengembangan Teknologi Penginderaan Jauh Pusbangja – LAPAN beserta seluruh Staff LAPAN yang telah bersedia menerima kami dengan baik, serta membagi pengetahuannya dan memberikan sumber data yang kami perlukan.
5. Kedua orang tua, **BAPAK** dan **IBU** tercinta yang selalu memberikan doa, cinta dan kasih sayangnya. Terimakasih untuk kakakku tercinta; **mbak Arum**, **mbak Aning** dan adik-adikku tersayang **Angga (Alm.)** dan **Anis**.
6. **Yurizal Akmal** (my special one) yang selalu memberikan doa, semangat, serta kasih sayangnya.
7. Team Work Abdullah Mansyur dan Cecillia Atlantika, suka duka kita bersama selama tugas akhir ini akan menjadi kenangan yang tak terlupakan.
8. Seluruh teman-teman Ekstensi Teknik Elektro angkatan 2008 sebagai teman seperjuangan selama saya menempuh masa studi di Teknik Elektro UI.
9. Serta pihak-pihak lain yang telah membantu dan mendukung dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini semoga amal baik yang telah dilakukan dibalas oleh ALLAH SWT.

Akhir kata penulis menyadari keterbatasannya, oleh karena itu kritik dan saran senantiasa diharapkan untuk dikemudian hari. Semoga ALLAH SWT senantiasa membalas dengan kebaikannya.

Depok, Juni 2010

Penulis

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

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

Nama : Widya Anggit Puruitaningrum

NPM : 0806366491

Program Studi : S1 Ekstensi

Departemen : Elektro

Fakultas : Teknik

Jenis karya : Tugas Akhir

demikian 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 :

PENENTUAN KANDUNGAN AEROSOL DI ATMOSFER MENGGUNAKAN
DATA TERRA/AQUA MODIS

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, 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 : 25 Juni 2010

Yang menyatakan

(Widya Anggit Puruitaningrum)

ABSTRAK

Nama : Widya Anggit Puruitaningrum
Program Studi : Elektro S1 Ekstensi
Judul : PENENTUAN KANDUNGAN AEROSOL DI ATMOSFER
MENGUNAKAN DATA TERRA/AQUA MODIS

Sejak tahun 1970 polusi di Indonesia mulai naik, karena industri mulai berkembang. Aerosol adalah salah satu pencemar yang mempunyai konsentrasi tinggi. Untuk mengetahui kondisi dan karakteristik aerosol di atas Indonesia akan dianalisa indeks aerosol dari data satelit *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS). MODIS hadir menyusul beberapa sistem sensor satelit yang telah lebih dahulu mengudara. MODIS adalah salah satu instrument utama yang dibawa *Earth Observing System (EOS) Terra/Aqua satellite*, yang merupakan bagian dari program antariksa Amerika Serikat, *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Program ini merupakan program jangka panjang untuk mengamati, meneliti dan menganalisa lahan, lautan, atmosfer bumi dan interaksi antara faktor-faktor ini.

Kata kunci: Indeks aerosol, *MODIS*, , *Terra/Aqua satellite*

ABSTRACT

Name : Widya Anggit Puruitaningrum
Study Program: Electrical Extension S1
Title : ATMOSPHERIC AEROSOL RETRIEVAL FROM TERRA/AQUA
MODIS DATA

Since 1970 pollution in Indonesia began to rise, as the industry began to flourish. Aerosol is one of the pollutants that have a high concentration. To know the condition of the above Indonesian no aerosol characteristics will be analyzed and the aerosol index from satellite data and the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS). MODIS present following several satellite sensor system that had previously aired. MODIS is one of the main instruments which brought Earth Observing System (EOS) Terra / Aqua satellite, which is part of the United States space program, the National Aeronautics and Space Administration (NASA). This program is a long term program to observe, examine and analyze the land, oceans, atmosphere and interaction between these factors.

Keywords: aerosol index, MODIS, Terra / Aqua satellite

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Tujuan Penelitian	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Metode Penulisan	3
1.5. Sistematika Penulisan	3
BAB 2. TEORI DASAR	5
2.1. Penginderaan Jauh	5
2.1.1. Pengertian Penginderaan Jauh	6
2.1.2. Konsep Penginderaan Jauh	6
2.1.3. Alat Penginderaan Jauh	7
2.1.4. Sistem Penginderaan Jauh	9
2.1.5. Data Hasil Penginderaan Jauh	10
2.2. Sensor MODIS	12
2.2.1. Komponen-komponen MODIS	12
2.2.2. MODIS Atmosphere Processing	15
2.2.2.1. Refleksi dari Permukaan	15
2.2.2.2. Prinsip Interaksi	17
2.2.3. Data MODIS	18
2.2.4. ATBD	19
2.3. Aerosol	21
2.3.1. Efek Aerosol	22
2.3.2. Sifat Aerosol	23
2.3.3. AOD atau AOT	24
2.3.4. Parameter untuk Menghitung Aerosol	25
2.4. Aerosol Product (MOD-04)	28
2.4.1. Penelitian dan Aplikasi	28
2.4.2. Set Data Evolusi	29
2.4.3. Informasi Tambahan MOD-04	29
2.5. International MODIS-AIRS Processing Package (IMAPP)	30

2.6. Format File HDF.....	32
2.7. Geoserver dan WMS.....	33
2.7.1. Geoserver.....	33
2.7.2. Web Map Server (WMS).....	33
BAB 3. METODOLIGI PENELITIAN	35
3.1. Penginderaan Jauh Aerosol.....	35
3.2. Diagram Alir Algoritma.....	35
3.3. Pengolahan Data.....	38
3.3.1. Membuat Data Level 2 HDF.....	39
3.4. Membangun Aplikasi Aerosol dengan Geoserver.....	40
BAB 4. HASIL DAN ANALISA	42
4.1. Data Terra.....	42
4.2. Data Aqua.....	44
4.3. Perbandingan Hasil dan Analisa Data.....	45
4.3.1 Perbandingan Hasil Data Nilai AOD tinggi dan Nilai AOD rendah.....	45
4.3.2 Perbandingan Data Satelit Terra/Aqua pada Hari yang Sama.....	46
4.4. Kelemahan MODIS dalam Menentukan Nilai AOD.....	48
4.5. Data AOD dalam Aplikasi Geoserver.....	49
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	51
5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	51
DAFTAR ACUAN	52
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penginderaan jauh.	5
Gambar 2.2. Spectral signature.	8
Gambar 2.3. Spektrum elektromagnetik.	8
Gambar 2.4. Interaksi energi.	10
Gambar 2.5. Bi-directional reflectance distribution function (BRDF).	15
Gambar 2.6. Dua tipe ekstrim untuk pantulan permukaan.	16
Gambar 2.7. Refleksi dari permukaan Lambertian.	16
Gambar 2.8. Spektral khas reflectances (albedo) dari berbagai permukaan.	17
Gambar 2.9. Atmospheric layer.	18
Gambar 3.1. Diagram alir untuk pengambilan data aerosol (dan parameter atmosfer lainnya) dari MODIS.	37
Gambar 3.2. Diagram alir pengolahan data.	38
Gambar 3.3 Data AOD format GeoTIFF dalam aplikasi geoserver menggunakan mode pratampil.....	41
Gambar 4.1. Hasil pengolahan data Terra pada tanggal 22 Jan 2010.....	43
Gambar 4.2. Citra Asli dengan efek <i>sunlint</i>	44
Gambar 4.3. Hasil pengolahan data Aqua pada tanggal 17 Jan 2010.....	44
Gambar 4.4. Contoh hasil perolehan data AOD, (a) tidak ada, (b) ada.....	45
Gambar 4.5. Nilai AOD pada tanggal 18 Januari 2010 (a) Terra, (b) Aqua.....	46
Gambar 4.6. Nilai AOD pada tanggal 19 Januari 2010 (a) Terra, (b) Aqua.....	47
Gambar 4.7. Citra yang mengalami overlap.....	49
Gambar 4.8. Penyesuaian data AOD (a) format geoTIFF pada geoserver dengan (b) format JPEG berindeks.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penggunaan dan Spektral kanal MODIS.	13
Tabel 2.2. Karakteristik saluran MODIS yang digunakan untuk pengambilan alih nilai aerosol di atas Laut; $Ne\Delta p$ berkaitan dengan suatu matahari di zenith ($\theta_s = 0^\circ$).....	26
Tabel 2.3. Sensitivitas nilai AOT hanya dari radiometric noise. Kondisi debu dan maritime dipertimbangkan.....	26
Tabel 2.4. Parameter dari distribusu ukuran modus kecil.	27
Tabel 2.5. Parameter dari distribusi ukuran untuk modus besar.	27
Tabel 4.1. Sumber data yang digunakan	42

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Salah satu yang paling penting mengenai isu-isu ekologi planet kita adalah perubahan iklim. Awan dan aerosol keduanya memainkan peran utama dalam iklim karena keduanya mempengaruhi dan dipengaruhi oleh dinamika darat dan laut. Dalam rangka untuk mengembangkan konsep dan model-model prediksi iklim global, properti ini sangat penting untuk dipantau atau diteliti. Namun, sampai saat ini, pemantauan perubahan dalam parameter pada skala global ini masih sulit.

Bumi semakin panas (*global warming*), terjadi pula pendinginan (*global dimming*). Dalam sebuah konferensi internasional mengenai bujet radiasi (suatu istilah yang merujuk pada memanaskan/mendinginnya bumi akibat perubahan di atmosfer) dan parameter aerosol, ternyata menyimpulkan bahwa bumi semakin dingin [1]. Hujan asam dan gangguan kesehatan akibat asap tebal kebakaran hutan disebabkan karena terjadinya suatu perubahan pada atmosfer, dan yang terdapat pada atmosfer tersebut adalah udara. Namun jika diteliti lebih lanjut dengan mengarahkan teleskop dengan pembesaran hingga berskala mikron ke atmosfer, akan ditemukan adanya aerosol.

Peran teknologi dan informasi sangat penting untuk mengetahui kandungan yang terdapat di atmosfer secara optimal. Sehingga kita dapat mengetahui daerah yang memiliki kandungan aerosol di atmosfer. Beberapa aerosol muncul secara alamiah, seperti yang berasal dari letusan gunung berapi, badai pasir, kebakaran hutan dan padang rumput, vegetasi yang hidup dan percikan/buih air laut. Di samping itu, aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar minyak dan perubahan tutupan permukaan alam juga menghasilkan aerosol. Secara keseluruhan, aerosol yang merupakan hasil dari aktivitas manusia pada saat ini terhitung sekitar 10% dari total jumlah aerosol di atmosfer.

Salah satu teknologi yang dapat dimanfaatkan adalah teknologi Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*). Dengan penginderaan jauh pemantauan keadaan aerosol di

atmosfer dapat dilakukan melalui satelit, tanpa pemantauan langsung ke lapangan (In Situ). Pemantauan dengan satelit ini menjadikan pemantauan keadaan aerosol di atmosfer ini dapat dilakukan secara menyeluruh dan dalam waktu singkat.

Saat ini teknologi di bidang penginderaan jauh telah berkembang dengan pesat dan banyak satelit yang dapat digunakan dengan gratis. Salah satu satelit tersebut adalah satelit yang dibuat NASA, yaitu satelit EOS (*Earth Observing System*) jenis Terra dan Aqua dengan menggunakan sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*). Sensor MODIS memiliki 36 spektrum kanal (*spectral band*), sehingga dapat dimanfaatkan untuk berbagai macam aplikasi dan keperluan.

Salah satu contoh pemanfaatan data MODIS dalam monitoring kandungan aerosol di atmosfer. Pemberian prioritas pada pengumpulan dan analisa data lingkungan global juga didorong oleh faktor peningkatan populasi global, pentingnya merumuskan strategi praktis pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*), peningkatan kualitas peramalan cuaca seperti fenomena El Niño-, dan pengkajian potensi dan dampak nyata bencana alam [2]. Karenanya data global ini sangat diperlukan dalam kebijakan pengambilan keputusan, perencanaan dan riset.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- a. Memanfaatkan data MODIS untuk mengetahui kandungan aerosol di atmosfer dan pemetaannya yang berada di sebagian wilayah Indonesia.
- b. Menyediakan monitoring atau analisa kecenderungan (*trend analysis*) kandungan aerosol di suatu kawasan tertentu menggunakan aplikasi berbasis web sebagai informasi yang ditampilkan untuk masyarakat.

1.3. Batasan Masalah

Dalam tugas akhir ini menggunakan data MODIS dengan kanal 1 sampai 7 untuk semua scene aerosol, serta menggunakan sebagian kanal pendukung untuk menghasilkan data yang lebih baik.

- a. Pengolahan data MODIS level 1b menggunakan program IMAPP (*International MODIS/AIRS Processing Package*)
- b. Memasukkan data ke dalam aplikasi geoserver dan dilihat dalam mode pratampil

1.4. Metode Penulisan

Metode penulisan ini berdasarkan penelitian sebagai berikut :

- a. Studi Literatur

Metode ini digunakan untuk memperoleh informasi yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan mengacu kepada data dan hasil yang di dapat selama riset di LAPAN, buku-buku, informasi dari internet, dan lain-lain.

- b. Perancangan

Pada tahap ini penulis berusaha untuk membuat suatu rancangan Penginderaan Jauh (remote sensing) yang hendak dibuat di dalam penelitian. Di sini penulis mempelajari penginderaan jauh yang telah ada dan menganalisa kembali kelebihan dan kekurangannya agar dapat memperoleh sebuah rancangan sistem yang lebih baik.

- c. Penulisan Hasil Penelitian

Hasil dari pengujian dan pengumpulan data kemudian dianalisa. Dan di dapat kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan. Beberapa saran juga dapat diajukan sebagai bahan perbaikan untuk penelitian lebih lanjut.

1.5 Sistematika Penulisan

Tugas akhir ini ditulis dengan sistematika :

BAB 1. PENDAHULUAN

Bab ini berisi tentang latar belakang, tujuan penelitian, pembatasan masalah, metode penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2. DASAR TEORI

Bab ini berisi tentang konsep yang mendasari Penginderaan Jauh, Sensor Modis, Kandungan Aerosol di Atmosfer, dan *International MODIS-AIRS Processing Package* (IMAPP).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

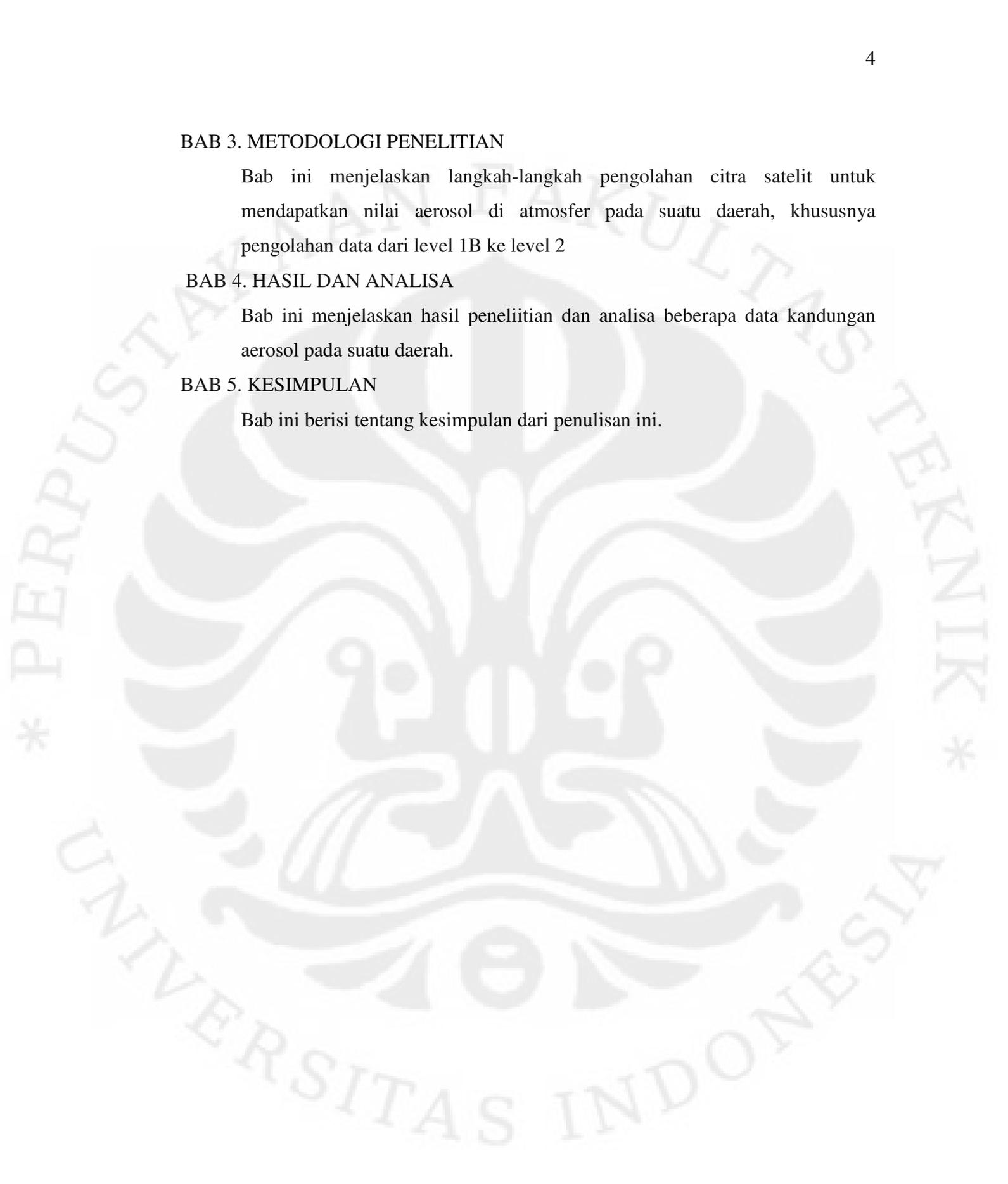
Bab ini menjelaskan langkah-langkah pengolahan citra satelit untuk mendapatkan nilai aerosol di atmosfer pada suatu daerah, khususnya pengolahan data dari level 1B ke level 2

BAB 4. HASIL DAN ANALISA

Bab ini menjelaskan hasil peneliitian dan analisa beberapa data kandungan aerosol pada suatu daerah.

BAB 5. KESIMPULAN

Bab ini berisi tentang kesimpulan dari penulisan ini.

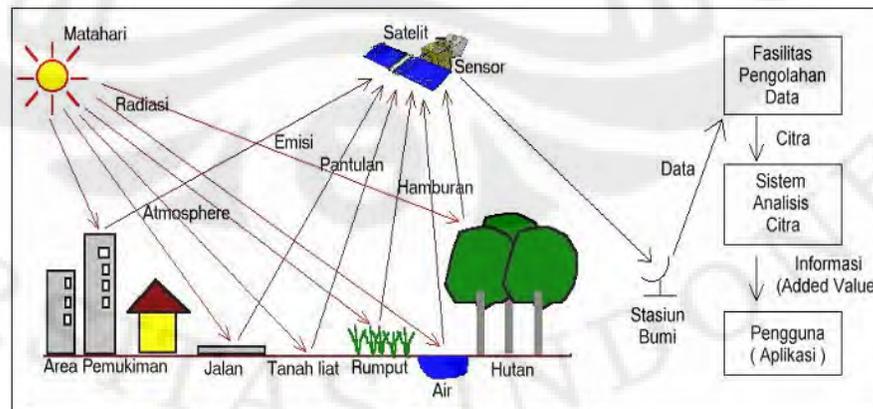


BAB 2 TEORI DASAR

Dalam bab ini akan dijelaskan landasan yang digunakan, meliputi tentang penginderaan jauh, sensor MODIS, aerosol, dan *International MODIS-AIRS Processing Package* (IMAPP), serta Geoserver dan *Web Map Server* (WMS). Pembahasan mengenai penginderaan jauh secara lengkap. Kemudian penjelasan tentang sensor MODIS yang merupakan salah satu contoh teknologi penginderaan jauh yaitu mencakup tentang pengenalan sensor MODIS, spesifikasi teknisnya, data dan produk MODIS, serta tentang *Algorithm Theoretical Basic Documents* (ATBD). Pembahasan selanjutnya yaitu tentang aerosol, metode pengukuran aerosol, produk yang dihasilkan dari MODIS untuk aerosol (MOD-04). Dan terakhir adalah pembahasan tentang IMAPP mengenai aerosol, dan Geoserver dan WMS.

2.1. Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh berkembang sangat pesat. Perkembangannya meliputi aspek sensor, wahana atau media pembawa sensor, jenis citra serta liputan dan ketersediaannya, alat dan analisis data, dan jumlah pengguna serta bidang penggunaannya. Komponen dasarnya meliputi objek (bumi), sumber energi (matahari), alur transmisi dan sensor. Gambar 2.1 adalah gambar selengkapnya mengenai penginderaan jauh.



Gambar 2.1 Penginderaan jauh

2.1.1 Pengertian Penginderaan Jauh

Pengertian dari penginderaan jauh (*remote sensing*), yaitu berbagai teknik yang dikembangkan untuk memperoleh dan menganalisis informasi tentang bumi. Informasi tersebut khusus berbentuk radiasi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan dari permukaan bumi dari suatu objek. Pengukuran atau perolehan data pada objek di permukaan bumi dari satelit atau instrument lain di atas jauh dari objek yang diindera. Foto udara, citra satelit, dan citra radar adalah beberapa bentuk penginderaan jauh.

2.1.2 Konsep Penginderaan Jauh

Empat konsepsi dasar yang mencirikan penginderaan jauh sebagai ilmu, yaitu:

a. Diskriminasi

Merupakan pembedaan obyek yang dilakukan melalui tiga kegiatan yang mencerminkan tingkat kerinciannya, yaitu deteksi (global), identifikasi (setengah rinci), dan analisis (rinci).

b. Resolusi

Merupakan kerincian informasi yang disadap dari data penginderaan jauh.

Ada empat resolusi, yaitu:

a. Resolusi spasial, merupakan ukuran obyek terkecil yang dapat disajikan, dibedakan, dan dikenali pada citra, mencerminkan rincian data tentang obyek yang disadap dari suatu sistem pengeinderaan jauh.

b. Resolusi spektral, menunjukkan kerincian spektrum elektromagnetik, makin banyak spektrum elektromagnetik dan dipantulkan oleh obyek maka akan semakin jelas obyek terlihat pada citra.

c. Resolusi radiometrik, menunjukkan kepekaan sistem sensor terhadap perbedaan terkecil kekuatan sinyal.

d. Resolusi temporal, merupakan frekuensi perekaman ulang bagi daerah yang sama.

c. Strategi Jamak

Konsepsi / strategi jamak itu antara lain berupa:

- a. Multitingkat, merupakan penginderaan jauh yang dilakukan dengan ketinggian yang berbeda-beda. Misalnya pesawat terbang dengan ketinggian sekitar 24 km di atas permukaan bumi, sedangkan dari satelit dengan ketinggian antara 150 km sampai 40.000 km.
- b. Multitemporal, merupakan penginderaan jauh yang dilakukan dengan waktu yang berbeda-beda.
- c. Multipenajaman, penginderaan jauh yang menggunakan lebih dari satu penajaman secara bersama.
- d. Multispektral, penginderaan jauh yang menggunakan sensor atau detektor lebih dari satu, yang masing-masing menggunakan spektrum elektromagnetik yang berbeda-beda.
- e. Multipolarisasi, merupakan penginderaan jauh yang menggunakan lebih dari satu bidang. Tenaga elektromagnetik yang mengenai obyek dapat dipandang menjalar melalui segala bidang.
- f. Multiarah, merupakan penginderaan jauh dengan sensornya yang berbeda-beda.

d. Peranan Penginderaan Jauh

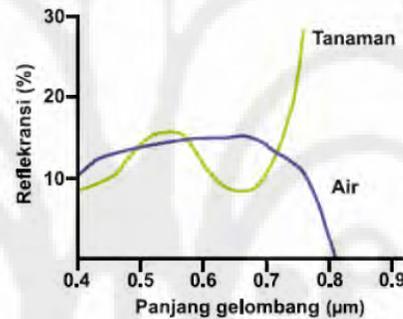
Berbeda dengan ilmu lainnya, maka peranan penginderaan jauh sangat besar di dalam sistem informasi data dan pengelolaannya, antara lain untuk mendeteksi perubahan, kalibrasi, substitusi data lain sesudah dilakukan kalibrasi, dan pengembangan model baru dalam suatu disiplin ilmu.

2.1.3 Alat Penginderaan Jauh

Alat yang dimaksud dalam batasan ini adalah alat pengindera atau sensor. Pada umumnya sensor dipasang pada wahana (media) yang berupa pesawat terbang, satelit, atau wahana lainnya. Obyek yang di indera berupa obyek permukaan bumi, dirgantara, atau antariksa. Sensor dipasang jauh dari obyek yang di indera, maka diperlukan tenaga yang dipancarkan atau dipantulkan oleh obyek tersebut. Tiap obyek mempunyai karakteristik tersendiri di dalam interaksinya terhadap tenaga. Antara tenaga dan obyek terjadi interaksi, misalnya air menyerap sinar banyak dan hanya

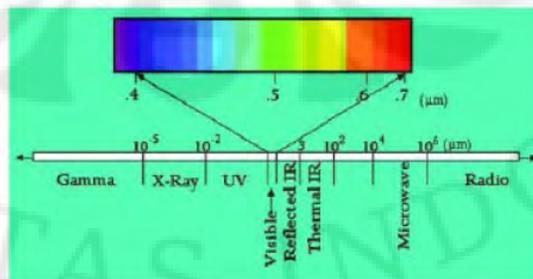
memantulkan sinar sedikit, tanah memantulkan sinar lebih banyak dan menyerap sinar sedikit.

Hasil interaksi antara tenaga dengan obyek direkam oleh sensor. Perekamannya dilakukan menggunakan kamera atau alat perekam lainnya. Hasil rekaman ini disebut data penginderaan jauh yang di dalam batasannya disebut dengan istilah data. Data harus diterjemahkan menjadi informasi tentang obyek, daerah, atau gejala yang di indera. Informasi tersebut berupa data tentang objek yang diindera dan dikenali dari hasil rekaman berdasarkan karakteristiknya dalam bentuk cahaya, gelombang bunyi, dan tenaga elektromagnetik. Gambar 2.1 memperlihatkan salah satu contoh *Spectral signature*.



Gambar 2.2 *Spectral signature*

Salah satu tenaga yang dimanfaatkan dalam penginderaan jauh antara lain berasal dari matahari dalam bentuk tenaga elektromagnetik. Matahari merupakan sumber utama tenaga elektromagnetik ini. Gelombang elektromagnetik memiliki spektrum yang sangat luas, seperti yang tampak pada Gambar 2.3 yang merupakan spektrum elektromagnetik.



Gambar 2.3 Spektrum elektromagnetik

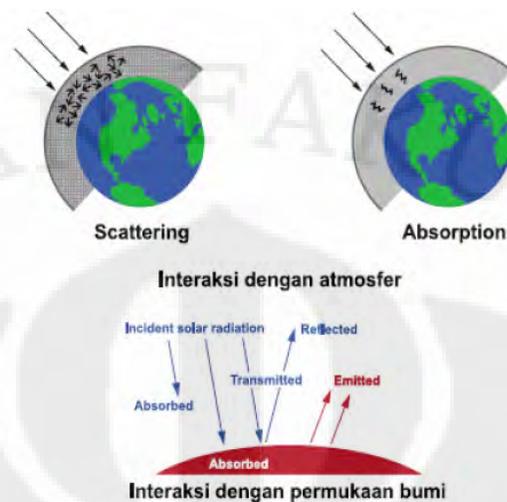
Hanya sebagian kecil dari spektrum gelombang elektromagnetik yang berupa berkas cahaya dapat dilihat oleh mata manusia, yaitu yang dikenal sebagai gelombang tampak (*visible spectrum*). Spektrum yang dapat dilihat oleh mata manusia ini terentang dari 0,4 μm hingga 0,7 μm yang dapat dilihat pada warna pelangi. Spektrum tampak ini yang digunakan pada penginderaan jauh foto udara.

2.1.4 Sistem Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh dengan menggunakan tenaga matahari dinamakan penginderaan jauh sistem pasif. Penginderaan jauh sistem pasif pancaran cahaya hanya dapat beroperasi pada siang hari saat cuaca cerah. Penginderaan jauh sistem pasif yang menggunakan pancaran tenaga thermal, dapat beroperasi pada siang dan malam hari. Kelemahan penginderaan jauh sistem ini adalah resolusi spasialnya semakin kasar karena panjang gelombangnya semakin besar.

Penginderaan jauh dengan menggunakan sumber tenaga buatan disebut penginderaan jauh sistem aktif. Penginderaan sistem aktif sengaja dibuat dan dipancarkan dari sensor yang kemudian dipantulkan kembali ke sensor tersebut untuk direkam. Pada umumnya sistem ini menggunakan gelombang mikro, tapi dapat juga menggunakan spektrum tampak, dengan sumber tenaga buatan berupa laser.

Tenaga elektromagnetik pada penginderaan jauh sistem pasif dan sistem aktif untuk sampai di alat sensor dipengaruhi oleh atmosfer. Atmosfer mempengaruhi tenaga elektromagnetik yang bersifat sektif terhadap panjang gelombang, karena itulah timbul istilah "Jendela atmosfer", yaitu bagian spektrum elektromagnetik yang dapat mencapai bumi [3]. Spektrum elektromagnetik merupakan spektrum yang sangat luas, hanya sebagian kecil saja yang dapat digunakan sebagai 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. Berikut adalah gambar mengenai interaksi energi yang terjadi, yaitu interaksi yang terjadi pada permukaan bumi maupun interaksi yang terjadi pada atmosfer. Interaksi energi tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Interaksi energi

2.1.5 Data Hasil Penginderaan Jauh

Dalam penginderaan jauh mendapat masukan data atau hasil observasi, disebut citra. Citra dapat diartikan sebagai gambaran yang tampak dari suatu objek yang sedang diamati, sebagai hasil liputan atau rekaman suatu alat pemantau. Citra menggambarkan objek, daerah, dan gejala di permukaan bumi dengan wujud dan letak objek yang mirip dengan wujud dan letaknya di permukaan bumi. Relatif lengkap, karena meliputi daerah yang luas dan bersifat permanen. Dalam bahasa Inggris ada dua istilah yang masing-masing diterjemahkan dengan citra, yaitu: “*image* dan *imagery*”. Arti untuk istilah *Image* adalah gambaran suatu obyek atau suatu perwujudan. *Image* pada umumnya berupa peta, gambar, atau foto. Sedangkan istilah *Imagery* adalah gambaran visual tenaga yang direkam dengan menggunakan perangkat penginderaan jauh.

Agar dapat dimanfaatkan maka citra tersebut harus diinterpretasikan atau diterjemahkan/ditafsirkan terlebih dahulu. Interpretasi citra adalah perbuatan mengkaji foto udara dan atau citra dengan maksud untuk mengidentifikasi obyek dan menilai arti pentingnya obyek tersebut. Penafsir citra berupaya untuk mengenali obyek yang tergambar pada citra dan menterjemahkannya ke dalam disiplin ilmu tertentu seperti: geografi, geologi, geodesi, ekologi, dan disiplin ilmu lainnya.

Menurut Lintz Jr., and Simonett (1976), ada tiga rangkaian kegiatan dalam pengenalan obyek (konsep diskriminasi pada penginderaan jauh), yaitu:

- a. Deteksi adalah pengamatan atas adanya suatu obyek yang terdapat pada citra. Penentuan ada atau tidaknya suatu obyek yang merupakan tahap awal dalam interpretasi citra. Keterangan yang diperoleh bersifat global.
- b. Identifikasi adalah upaya mencirikan obyek yang telah dideteksi dengan menggunakan keterangan yang cukup. Pada tahap identifikasi keterangan yang diperoleh bersifat setengah rinci.
- c. Analisis adalah proses pengumpulan data atau keterangan lebih lanjut dan rinci. Tahap ini merupakan akhir dari suatu interpretasi terhadap obyek yang ada pada citra.

Citra merupakan alat dan sumber pembuatan peta, baik dari segi sumber data maupun sebagai kerangka letak. Hasil teknologi penginderaan jauh berupa data seperti berikut ini:

- a. Data penginderaan jauh dapat berupa data digital atau data numerik untuk dianalisis dengan menggunakan komputer
- b. Selain itu, berupa data visual yang pada umumnya dianalisis secara manual.
- c. Data visual dibedakan lagi menjadi data citra dan noncitra.
- d. Data citra merupakan gambaran planimetrik. Data noncitra ialah grafik yang mencerminkan beda suku yang direkam di sepanjang daerah penginderaan.
- e. Di dalam penginderaan jauh yang tidak menggunakan tenaga elektromagnetik, contoh data noncitra antara lain berupa grafik yang menggambarkan gravitasi ataupun daya magnetik di sepanjang daerah penginderaan. Citra dapat dibedakan menjadi citra foto (photographic image) atau foto udara dan citra nonfoto (nonphotographic image).

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

- a. Koreksi Radiometrik

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

b. Koreksi Atmosferik

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

c. Koreksi Geometrik

Memperbaiki kemiringan, rotasi dan perspektif citra sehingga orientasi, proyeksi dan anotasinya sesuai dengan yang ada pada peta. Koreksi geometri terdiri dari koreksi sistematik (karena karakteristik alat) dan non sistematik (karena perubahan posisi penginderaan).

2.2 Sensor MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)

MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) merupakan sensor multi spektral yang terdiri dari 36 kanal spektral dengan kanal 1-19 dan 26 berada pada kisaran gelombang tampak dan infra merah dekat, sedangkan kanal-kanal lainnya berada pada kisaran gelombang termal. MODIS merupakan sensor yang menggunakan kisaran spektrum yang luas dan memiliki resolusi temporal yaitu 1-2 hari. Ini merupakan tingkat kunjungan dengan frekuensi tinggi atau dikenal dengan resolusi temporal yang tinggi.

Satelit Terra berhasil diluncurkan pada Desember 1999 dan satelit Aqua diluncurkan pada tahun 2002. MODIS memiliki beberapa kelebihan dibanding NOAA-AVHRR. Diantara adalah lebih banyaknya spektral panjang gelombang (resolusi radiometrik) dan lebih telitnya cakupan lahan (resolusi spasial) serta lebih kerapnya frekuensi pengamatan (resolusi temporal).

2.2.1 Komponen-komponen MODIS

Kisaran gelombang pada kanal-kanal yang dimiliki MODIS lebih sempit sehingga dapat menghasilkan informasi/parameter yang lebih baik dan akurat. Pada waktu mengorbit, MODIS berupa kalibrasi radiometrik, spasial dan spektral, peningkatan akurasi/presisi radiometrik, peningkatan akurasi posisi geografis serta

lebih telitnya cakupan lahan (resolusi spasial). MODIS memiliki resolusi radiometrik yang cukup tinggi yaitu 12 bit.

Untuk data MODIS selengkapnya seperti dibawah ini:

Orbit	: 705 km, 10:30 a.m. (Terra) atau 1:30 p.m. (Aqua), <i>circular, sun-synchronous, near-polar.</i>
Kecepatan Scan	: 20.3 rpm, <i>cross track</i>
Dimensi Swath	: 2330km (<i>cross track</i>) sepanjang 10km (sepanjang jalur nadir)
Teleskop	: 17.78 cm, <i>afocal (collimated)</i> , dengan daerah pemberhentian menengah
Ukuran	: 1.0 x 1.6 x 1.0 m
Berat	: 228.7
Daya	: 162.5 W (<i>single orbit average</i>)
Kecepatan Data	: 10.6 Mbps (<i>peak daytime</i>); 6.1 Mbps (<i>orbital average</i>)
Kuantisasi	: 12 bits
Resolusi Spasial	: 250 m (bands 1-2), 500 m (bands 3-7), 1000 m (bands 8-36)
Rancangan Usia pakai:	6 tahun

Berikut ini adalah keterangan untuk penggunaan dan spectral kanal MODIS yang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Penggunaan dan Spectral kanal MODIS

Primary Use	Band number	Central wavelength [nm]	Bandwidth [nm]	Spatial resolution [m]
Land / Cloud / Aerosols / Boundaries	1	645	620 - 670	250
	2	858.5	841 - 876	
Land / Cloud / Aerosols Properties	3	469	459 - 479	500
	4	555	545 - 565	
	5	1240	1230 - 1250	
	6	1640	1628 - 1652	
	7	2130	2105 - 2155	
Ocean Colour /	8	421.5	405 - 420	1000

Phytoplankton / Biogeochemistry	9	443	438 - 448
	10	488	483 - 493
	11	531	526 - 536
	12	551	546 - 556
	13	667	662 - 672
	14	678	673 - 683
	15	748	743 - 753
	16	869.5	862 - 877
Atmospheric Water Vapour	17	905	890 - 920
	18	936	931 - 941
	19	940	915 - 965
Surface / Cloud Temperature	20	3750	3660 - 3840
	21	3959	3929 - 3989
	22	3959	3929 - 3989
	23	4050	4020 - 4080
Atmospheric Temperature	24	4465.5	4433 - 4498
	25	4515.5	4482 - 4549
Cirrus Clouds / Water Vapour	26	1375	1360 - 1390
	27	6715	6535 - 6895
	28	7325	7175 - 7475
Cloud Properties	29	8550	8400 - 8700
Ozone	30	9730	9580 - 9880
Surface / Cloud Temperature	31	11030	10780 - 11280
	32	12020	11770 - 12270
Cloud Altitude Top	33	13335	13185 - 13485
	34	13635	13485 - 13785
	35	13935	13785 - 14085
	36	14235	14085 - 14385

2.2.2 MODIS Atmosphere Processing

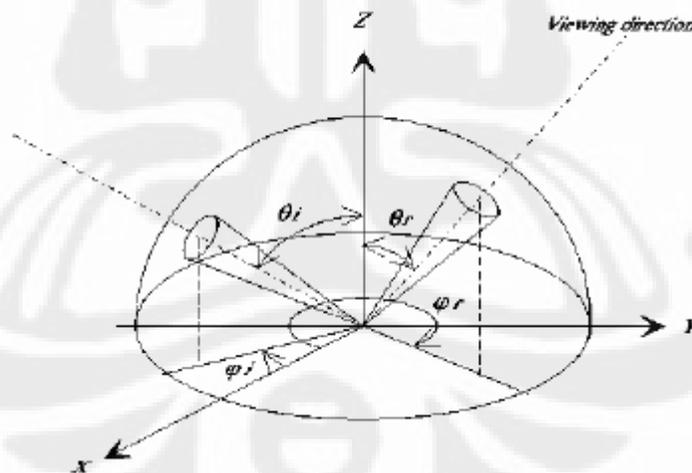
MODIS mengambil data dari atmosfer dengan melakukan proses refleksi, sehingga terjadi interaksi antara sensor dengan media yang diambil datanya. Maka MODIS dapat menghasilkan data yang berupa data mentah yang kemudian di aplikasikan sesuai dengan kebutuhan data yang akan di ambil.

2.2.2.1 Refleksi dari permukaan

Bi-directional reflectance distribution function (BRDF) diperkenalkan sebagai karakterisasi sudut yang bergantung pada refleksi permukaan dan didefinisikan sebagai rasio intensitas (cahaya) yang tercermin pada radiasi fluks (radiasi) bekas insiden seperti yang terlihat pada persamaan 2.1 berikut ini:

$$\mathbf{R}(\mu_r, \varphi_r, \mu_i, \varphi_i) = \frac{\pi dI^\uparrow(\mu_r, \varphi_r)}{I^\downarrow(\mu_i, \varphi_i)\mu_i d\Omega_i} \quad (2.1)$$

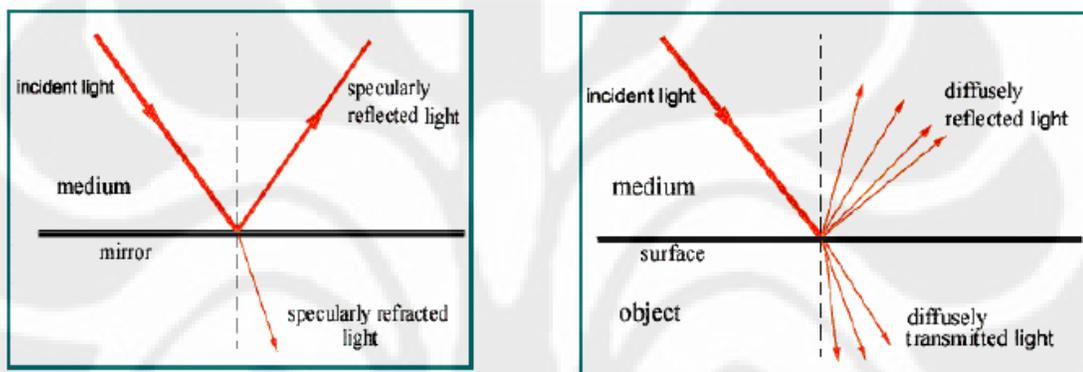
dimana $\mu_i = \cos(\theta_i)$ dan θ_i adalah insiden sudut puncak, φ_i adalah insiden sudut azimut, dan $\mu_r = \cos(\theta_r)$ dan θ_r adalah melihat sudut zenit, φ_r adalah melihat sudut azimuth. Ilustrasi BRDF ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.5 Bi-directional reflectance distribution function(BRDF)

Dua tipe ekstrim untuk pantulan permukaan yaitu specular reflectance dan diffuse reflectance. Pantulan specular adalah reflektansi dari permukaan yang sangat halus (misalnya, cermin): **Sudut datang = Sudut pantulan**

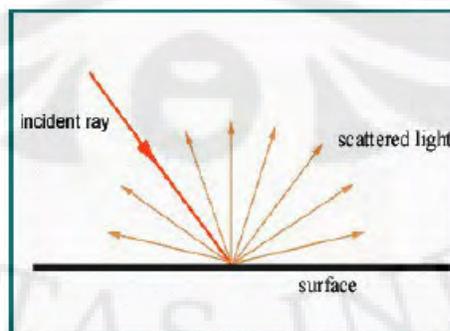
- a. Refleksi umumnya specular ketika “kekasaran” permukaan lebih kecil dari panjang gelombang yang digunakan. Dalam spektrum matahari (sekitar $0,4 - 2 \mu\text{m}$), Oleh karena itu refleksi specular terjadi pada permukaan halus seperti logam yang dipoles, air atau cermin.
- b. Hampir semua permukaan nyata yang tidak lancar dan pantulan permukaan tergantung pada insiden sudut dan sudut pantul. Pantulan dari permukaan tersebut disebut sebagai diffuse reflektansi. Dua tipe ekstrim untuk pantulan permukaan ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Dua tipe ekstrim untuk pantulan permukaan

Khusus kasus diffuse refleksi: refleksi Lambertian. Permukaan yang disebut permukaan Lambert jika menaati Hukum Lambert yang menyatakan bahwa cahaya *diffusely* yang tercermin adalah isotropik dan tak terpolarisasi (yaitu, cahaya alami) secara independen dari keadaan polarisasi dan sudut cahaya yang terjadi.

Refleksi dari permukaan Lambertian adalah isotropik (keseragaman di segala penjur, tergantung pada wilayah subjek) terlihat pada Gambar 2.7 :

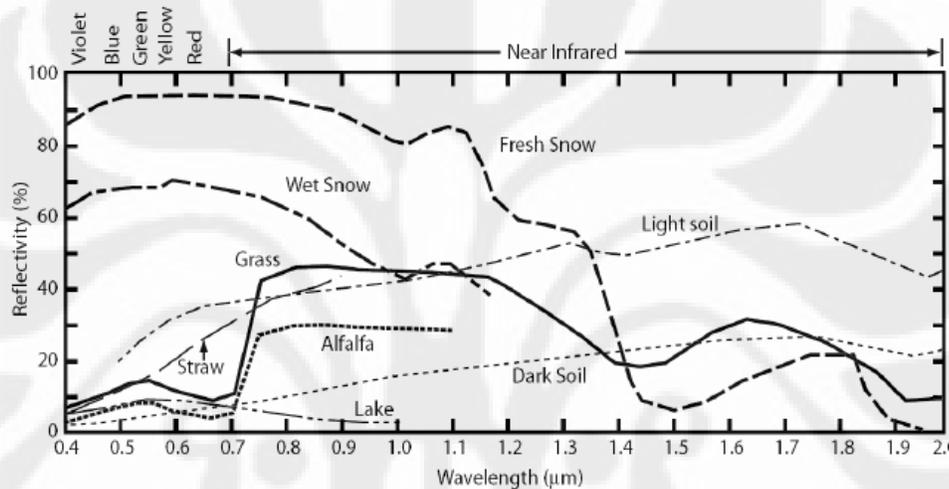


Gambar 2.7 Refleksi dari permukaan Lambertian

$$\mathbf{R}(\mu_r, \varphi_r, \mu_i, \varphi_i) = \mathbf{R}_L \quad (2.2)$$

dimana R_L adalah reflektansi Lambert (juga disebut permukaan albedo), yang, secara umum, tergantung pada panjang gelombang, selengkapnya pada persamaan 2.2.

Secara umum, reflektansi permukaan merupakan fungsi dari panjang gelombang. Contoh dari permukaan albedo di ~ 550 nm: salju segar / es = 0,8 - 0,9; padang pasir = 0,3, tanah = 0,1 - 0,25; laut = 0,05. Gambar 2.8 menunjukkan spektral khas reflectance (albedo) dari berbagai permukaan.



Gambar 2.8 Spektral Khas reflectances (albedo) dari berbagai permukaan.

Setiap jenis permukaan memiliki spesifik spektral sidik jari yang berasal dari refleksi permukaan yang memiliki ketergantungan pada panjang gelombang tertentu. Hal ini memainkan peran penting dalam penginderaan jauh pada permukaan planet.

2.2.2.2 Prinsip interaksi.

Lapisan atmosfer dapat mencerminkan dan memancarkan radiasi insiden.

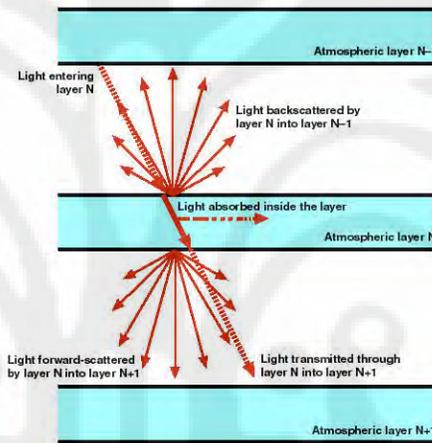
Refleksi $\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right)$, fungsi transmisi $T\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right)$ radiasi diffuse didefinisikan sebagai:

$$\mathbf{I}_{\text{reflected}}\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right) = \mathbf{R}\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right) \mathbf{I}\left(\vec{\Omega}'\right) d\Omega' \quad (2.3)$$

$$\mathbf{I}_{\text{transmitted}}\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right) = \mathbf{T}\left(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}'\right) \mathbf{I}\left(\vec{\Omega}'\right) d\Omega' \quad (2.4)$$

dimana $I_{\lambda}(\vec{\Omega}_i)$ adalah intensitas kejadian diarahkan ke $\vec{\Omega}_i (\mu', \phi')$. Jika lapisan atmosferic diterangi oleh banyak sumber radiasi dari bawah dan atas dengan $I_{\lambda}(\vec{\Omega}_k)$ sumber k-th di bawah ini dan $I_{\lambda}(\vec{\Omega}_j)$ sumber ke-j di atas, maka intensitas yang muncul dari lapisan dalam arah $\vec{\Omega}$ adalah :

$$I(\vec{\Omega}) = \sum_j R(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}_j) I(\vec{\Omega}_j) + \sum_k T(\vec{\Omega}, \vec{\Omega}_k) I(\vec{\Omega}_k) d\Omega_k \quad (2.5)$$



Gambar 2.9 Atmospheric layer.

Intensitas yang dihasilkan muncul dari permukaan lapisan adalah superposisi dari tercermin dan intensitas yang ditransmisikan. Persamaan untuk hamburan orde pertama diturunkan untuk *non-reflecting* permukaan (disebut permukaan hitam) Prinsip interaksi memungkinkan penggabungan radiansi tercermin dari permukaan. Gambar 2.9 menunjukkan layer di atmosfer.

2.2.3 Data MODIS

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

a. Data level 0

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

b. Data level 1A

Data telah diperiksa dan di rekonstruksi. Data ini telah mempunyai informasi waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta parameter *georeference*.

c. Data level 1B

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

d. Data level 2

Data level 1 diproses untuk menghasilkan produk data geofisik seperti aerosol, *brightness temperature, 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 ke algoritma produk geofisika apa saja. Data ini bisa diolah sehingga menghasilkan produk informasi sesuai dengan yang diinginkan. Data level 1B untuk satelit MODIS mempunyai format file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi ".*hdf*". Maka data yang dihasilkan dari level 2 ini berupa Geotif yang berekstensi ".*tif*", dan juga berupa data .jpeg.

2.2.4 ATBD (*Algorithm Theoretical Basic Documents*).

Algorithm Theoretical Basis Documents (ATBD) dimaksudkan untuk menggambarkan fisik dan deskripsi matematis dari algoritma yang akan digunakan dalam produk-produk data. ATBD termasuk deskripsi varians dan ketidakpastian perkiraan serta pertimbangan kalibrasi dan validasi, kecuali kontrol, dan diagnostik. Dalam beberapa kasus, data internal dan eksternal aliran produk sangat diperlukan. GLAS ATBD yang sedang dikaji, harus dianggap sebagai konsep dari dokumen. Versi terbaru dapat diidentifikasi berdasarkan tanggal.

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

Penomoran ATBD dilakukan secara berurutan sesuai pembuatannya. Satu produk dapat diturunkan dari lebih dari satu ATBD, sehingga nomor ATBD tidak harus sama dengan nomor produk data MODIS. Alasan dari teknik penggabungan sebuah band rasio dan kriteria batas yang berbasis algoritma, yaitu sebagai berikut:

- a. Keakuratan yang telah diuji melalui berbagai relatif permukaan terhadap lapisan atmosfer yang diperoleh peta.
- b. ini berjalan secara otomatis, tanpa campur tangan manusia.
- c. Hal ini dapat digunakan secara global.
- d. Bahasa komputasi hemat juga bersahabat, dan dengan demikian mudah bagi pengguna untuk memahami dengan tepat bagaimana produk yang dihasilkan.

Sedangkan algoritma lain mungkin memiliki akurasi yang lebih besar pada skala regional dan lokal, tidak memenuhi persyaratan relatif terhadap penggunaan komputer, otomatisasi dan kemampuan untuk memetakan aerosol secara global.

ATBD yang digunakan untuk aerosol adalah MOD-04. Rumus dan operasi matematis terhadap citra digital ini banyak fungsinya, diantaranya adalah :

- a. Mengimplementasikan konsep aljabar peta yaitu: kemampuan untuk memodifikasi nilai-nilai piksel *band* citra (DN) secara aritmatika dengan sebuah konstanta ; kemampuan untuk mentransformasikan nilai-nilai piksel *band* citra (DN) secara matematis dengan menggunakan operasi standar (fungsi matematis) ; kemampuan untuk mengkombinasikan *band-band* yang berbeda dengan memanfaatkan operator dan fungsi matematis untuk menghasilkan data raster yang baru.
- b. Mereduksi volume data citra; dengan teknik analisis komponen-komponen utama PCA (Principal Components Analysis).
- c. Mengekstrak informasi dari multi-*band*; sebagai contoh adalah untuk mendapatkan informasi indeks vegetasi.

Nilai-nilai piksel milik setiap *band* citra digital dapat diperlakukan sebagaimana pada umumnya sebuah bilangan, bisa dikenakan operasi dan operator matematis. Peta (dalam hal ini citra digital) diperlakukan sebagai objek aljabar. Tentu

saja, jika operasi dan operator matematis ini dilakukan terhadap nilai-nilai piksel, maka distribusinya (histogram) akan bergeser dan kenampakan visual citranya akan berubah. Perubahan inilah yang menjadi motif setiap pengguna citra, selalu diusahakan operasi-operasi matematis sedemikian rupa hingga perubahannya memiliki makna baru yang signifikan.

2.3 Aerosol

Istilah aerosol digunakan untuk menyebut partikel-partikel halus yang tersebar di atmosfer Bumi dalam ukuran yang berbeda-beda pada kisaran 0.001 micrometer hingga 1000 micrometer (1 micrometer = satu per sejuta meter). Beberapa aerosol muncul secara alamiah, seperti yang berasal dari letusan gunung berapi, badai pasir, kebakaran hutan dan padang rumput, vegetasi yang hidup dan percikan/buih air laut. Di samping itu, aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar minyak dan perubahan tutupan permukaan alam juga menghasilkan aerosol. Aerosol yang merupakan hasil dari aktivitas manusia pada saat ini terhitung sekitar 10% dari total jumlah aerosol di atmosfer, yang sebagian besar terkonsentrasi terutama di lokasi-lokasi industri, kawasan-kawasan pertanian yang dibakar/perladangan, dan padang rumput.

Aerosol atmosfer adalah partikel padat atau cairan yang tersuspensi di udara, dalam ukuran yang kecil/ halus. Aerosol yang sangat bervariasi dalam ukuran, sumber, komposisi kimia, jumlah dan distribusinya terhadap ruang dan waktu, serta berapa lama kemampuannya dapat bertahan di udara. Berdasarkan sumbernya, aerosol dapat dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu aerosol alami dan aerosol antropogenik. Aerosol alami dapat dihasilkan oleh tumbuhan, proses di laut, ataupun oleh letusan gunung berapi. Sedangkan aerosol antropogenik merupakan aerosol yang dihasilkan oleh aktivitas yang dilakukan manusia, baik itu aktivitas industri, pertambangan, rumah tangga ataupun transportasi. Jenis aerosol dapat pula dibedakan berdasarkan ukurannya. Ukuran partikel aerosol biasanya dinyatakan dalam radius partikel dengan mengasumsi partikel berbentuk bulatan. Menurut versi Aitken ukuran partikel dibedakan dalam tiga kategori yaitu :

- a. *partikel Aitken (nucleation mode)* range ukuran diantara 0.001–0.1 μm ,

- b. *large particles (accumulation mode)* berukuran antara 0.1–1 μm , dan
- c. *giant particles (coarsa particle mode)* yang ukurannya $> 1 \mu\text{m}$ radius.

Terdapat pula *superfine aerosol*, yaitu partikel yang terkecil dengan diameter yang hanya beberapa nanometer dan dapat bertahan di atmosfer dalam waktu yang cukup lama.

Aerosol mempunyai peranan yang cukup signifikan dalam mempengaruhi perubahan iklim, karena aerosol memberikan efek radiatif, baik memancarkan atau menyerap radiasi. Hal tersebut tergantung pada jenis aerosol. Beberapa jenis aerosol seperti debu dapat menyerap radiasi sehingga memanaskan udara dimana aerosol itu berada. Beberapa jenis aerosol lain (terutama aerosol yang berukuran kecil) dapat memancarkan radiasi matahari yang mengenainya, sehingga radiasi matahari yang sampai ke permukaan bumi dapat berkurang. Jenis aerosol ini dapat memberikan efek *dimming* yang berlawanan dengan efek rumah kaca. Besarnya pengaruh aerosol terhadap radiasi dapat dinyatakan dalam *AOD* atau *Aerosol Optical Depth* (tanpa satuan). Semakin tinggi nilai *AOD*, berarti semakin besar pengaruhnya terhadap pengurangan radiasi, yang mengindikasikan semakin tinggi konsentrasi aerosol.

2.3.1 Efek aerosol

- a. Efek aerosol pada Kesehatan

Pada waktu dihirup, partikel-partikel aerosol dapat menyingkirkan pertahanan alami dari sistem pernafasan dan lodge deep dalam paru-paru. Aerosol sangat berbahaya untuk orang dengan penyakit seperti asma, bronkitis, dan emfisema (bengkak pada paru-paru karena pembuluh darah kemasukan udara), sama berbahayanya untuk orang dengan penyakit hati. Tingginya kadar benda-benda tersebut dalam udara dapat memicu serangan asma, merusak paru-paru, serta mendukung *carcinogenesis*, dan kematian dini.

- b. Efek aerosol pada Lingkungan

Aerosol dapat merusak tanaman, pohon-pohon, dan semak-semak, juga dapat menyebabkan kerusakan pada permukaan metal, kain, dan lain-lain. Partikel-partikel halus juga merusak pandangan dengan menyebarkan cahaya dan

mengurangi jarak pandang. Pengaburan yang disebabkan oleh partikel-partikel halus dapat menurunkan hasil panen pertanian dengan mengurangi cahaya matahari.

2.3.2 Sifat Aerosol

Aerosol memiliki peran penting dalam sistem iklim. Partikel-partikel aerosol memiliki sifat yang dapat menghamburkan (atau memantulkan) dan/atau menyerap radiasi sinar matahari. Sifat menyerap radiasi mengakibatkan memanasnya lapisan atmosfer yang mengandung aerosol, sementara sifat menghambur radiasi (*scattering*) menyebabkan redistribusi (penyebaran kembali) radiasi, termasuk membaliknya radiasi matahari itu ke arah luar bumi (luar angkasa). Efek radiasi langsung aerosol tergantung pada sifat fisis yang disebut sebagai *single scattering albedo* (SSA). SSA didefinisikan sebagai perbandingan antara radiasi yang dihambur dengan yang diserap oleh partikel-partikel aerosol.

Sifat refraktif dan absorpsi yang dimiliki aerosol, sangat tergantung pada jenis dan ukurannya. Di atmosfer, partikel-partikel berukuran 0.1-1 μ meter merupakan partikel yang paling efektif menghambur radiasi, sehingga sangat penting peranannya dalam mengatur cuaca global. Ukuran partikel aerosol yang sangat halus berkisar antara 1 nm (1 nanometer = satu per satu milyar meter) (disebut partikel ultra-halus/*superfine*) terbentuk melalui proses-proses konversi gas-ke-partikel di atmosfer. Begitu partikel-partikel terbentuk, mereka bisa berkumpul dalam gugusan (*clusters*) dalam ukuran yang lebih besar (antara 50-100 nm) sehingga bisa mempengaruhi secara langsung bujet radiasi. Asap (*haze*) dan kabut (*smog*) yang sering terlihat meliputi kota-kota besar diakibatkan efek radiasi aerosol ini.

Pengukuran aerosol sangat penting untuk mengetahui seberapa besar dampak aerosol pada sistem kehidupan manusia,. Pengukuran dan penelitian aerosol di Indonesia sudah dimulai sejak lama, namun pada umumnya pengukuran yang dilakukan adalah pengukuran secara in-situ, sehingga informasi data yang diperolehnya pun terbatas dan hanya khusus untuk lokasi-lokasi tertentu saja. Untuk memperoleh gambaran aerosol dalam skala yang lebih luas hanya dapat diperoleh melalui pemanfaatan teknologi satelit.

2.3.3 Aerosol Optical Depth (AOD), atau Aerosol Optical Thicknes (AOT)

Optical depth, atau *optical thicknes* adalah kedalaman optik, atau ketebalan optik merupakan ukuran transparansi, dan didefinisikan sebagai logaritma negatif dari fraksi radiasi (misalnya, cahaya) yang tidak tersebar atau terserap di jalan. Kedalaman optik adalah ukuran proporsi radiasi yang diserap atau yang tersebar di sepanjang jalan melalui sebagian media yang transparan. Kedalaman optik untuk daerah yang tertutup oleh obyek adalah nol, maka jarak ke objek meningkat, demikian juga kedalaman optik.

Kedalaman optik mengungkapkan jumlah cahaya dihapus dari balok oleh hamburan atau penyerapan pada jalan melalui medium. Jika I_0 adalah intensitas radiasi pada sumber dan I adalah intensitas diamati setelah jalan diberikan, maka kedalaman optik τ didefinisikan oleh persamaan berikut:

$$I/I_0 = e^{-\tau} \quad (2.6)$$

Dalam fisika atom, kedalaman optik awan atom dapat dihitung dari sifat mekanik kuantum atom, yaitu :

$$\tau = \frac{d^2 \nu N}{2c \eta \epsilon_0 A \lambda} \quad (2.7)$$

dimana d menunjukkan transisi momen dipol, γ adalah linewidth alam transisi, ν frekuensi, N jumlah atom, dan A penampang balok.

Dalam ilmu atmosfer, kedalaman optik sering dijadikan acuan karena atmosfer sesuai dengan jalur vertikal dari permukaan bumi ke angkasa luar, selain itu pada jalur optik dari pengamatan ketinggian untuk luar angkasa. Sejak τ mengacu pada jalur vertikal, kedalaman optik untuk jalan miring adalah $= \tau \cdot m$, di mana m disebut faktor airmass, dan suasana pesawat-paralel itu ditentukan sebagai $m = 1 / \cos\theta$, di mana θ adalah sudut zenit sesuai dengan jalur yang diberikan. Karena itu

$$I/I_0 = e^{-m\tau} \quad (2.8)$$

Kedalaman optik atmosfer dapat dibagi dalam beberapa komponen, berasal hamburan Rayleigh, aerosol, dan penyerapan gas. Kedalaman optik dari atmosfer dapat diukur dengan alat pengukur cahaya untuk pencitraan.

Contoh lain terjadi dalam astronomi yaitu fotosfer bintang yang didefinisikan sebagai permukaan dari kedalaman optik sebesar 2 / 3. Ini berarti bahwa setiap foton dipancarkan di fotosfer mengandung rata-rata kurang dari satu hamburan sebelum tiba. Pada suhu di kedalaman optik 2 / 3, energi yang dipancarkan oleh bintang (turunan asli untuk matahari) sesuai dengan pengamatan total pancaran energi.

Perhatikan bahwa media kedalaman optik yang diberikan akan berbeda untuk berbagai warna (panjang gelombang) cahaya. Untuk cincin planet, kedalaman optik adalah proporsi cahaya yang diblokir oleh cincin ketika terletak di antara sumber dan pengamat. Hal ini biasanya diperoleh dengan pengamatan *occultations* bintang.

2.3.4 Parameter untuk menghitung Aerosol

Ada 3 parameter fisis yang sangat penting dalam mengukur sifat radiatif aerosol, yakni: distribusi ukuran (*size distribution*), indeks refraktif dan kepadatan (densitas).

Noise Equivalent Differential Spectral Luminance ($Ne\Delta L$ dalam $W/m^2/\mu m/sr$) diikuti-sertakan, serta dihitung dari $Ne\Delta\rho$.

$$Ne\Delta\rho = Ne\Delta L \frac{\pi}{F_0 \cos(\theta_s)} \quad (2.9)$$

dimana F_0 adalah extraterrestrial radiasi matahari dan $\theta_s = \cos^{-1}(\mu_s)$ adalah solar zenith sudut. Pada Tabel 2.2, $Ne\Delta\rho$ diberikan untuk *overhead* matahari ($\theta_s = 0^\circ$).

Karena *loading* aerosol biasanya dinyatakan oleh ketebalan optik aerosol bukan cahaya pantulan atau nilai-nilai, maka menghitung $Ne\Delta\tau$ yang sesuai dengan menggunakan pendekatan *single scattering*,

$$\begin{aligned} Ne\Delta\tau &= Ne\Delta\rho \frac{4\mu_v\mu_s}{\omega_0 P(\theta)} \\ &= \frac{\pi Ne\Delta L}{F_0} \frac{4\mu_v}{\omega_0 P(\theta)} \end{aligned} \quad (2.10)$$

dimana $\mu_v = \cos \theta_v$ (θ_v), θ_v adalah sudut pandang, kemudian ω_0 dan $P(\theta)$ *single scattering Albedo* dan fungsi fase. $Ne\Delta\tau$ berada dalam Tabel 2.3 adalah perkiraan kondisi yang paling tidak menguntungkan, yaitu dalam saluran 2,13 μm di mana

ketebalan optik aerosol diharapkan minimal. *Signal to Noise Ratio* SNR ($Ne\Delta\tau / \tau$). Dari karakteristik satelit MODIS, Tujuh karakteristik spektral band-band, berguna untuk penginderaan jauh untuk aerosol dapat dilihat pada Tabel 2.2 dan 2.3.

Tabel 2.2. Karakteristik saluran MODIS yang digunakan untuk pengambilan alih nilai aerosol di atas Laut; $Ne\Delta p$ berkaitan dengan suatu matahari di zenith ($\theta_s = 0^\circ$).

Central wavelength [nm]	$Ne\Delta L$	$Ne\Delta p$	Maximum Reflectance	SNR	Spatial resolution [m]
470	0.145	$2.35 \cdot 10^{-4}$	0.96	243	500
550	0.127	$2.11 \cdot 10^{-4}$	0.86	228	500
659	0.169	$3.39 \cdot 10^{-4}$	1.38	128	250
865	0.123	$3.99 \cdot 10^{-4}$	0.92	201	250
1240	0.045	$3.12 \cdot 10^{-4}$	0.47	120	500
1640	0.027	$3.63 \cdot 10^{-4}$	0.94	275	500
2130	0.009	$3.06 \cdot 10^{-4}$	0.75	110	500

Tabel 2.3. Sensitivitas nilai AOT hanya dari radiometric noise. Kondisi debu dan maritime dipertimbangkan.

Grid Size (Km^2)	$Ne\Delta\tau$ (debu)	SNR	$Ne\Delta\tau$ (maritime)	SNR
0.5 x 0.5	$2.4 \cdot 10^{-2}$	2.0	$1.5 \cdot 10^{-2}$	0.66
10 x 10	$1.2 \cdot 10^{-3}$	42	$0.8 \cdot 10^{-3}$	13
50 x 50	$2.4 \cdot 10^{-4}$	208	$1.5 \cdot 10^{-4}$	66

Untuk model distribusi ukuran aerosol, fungsi *log multi-mode* diasumsikan normal. Dibawah ini adalah distribusi normal fungsi log one-mode, contoh persamaan 2.11:

$$\mathbf{n}(\mathbf{r}) = \frac{dN(r)}{dr} = \frac{N}{(2\pi)^{1/2} \sigma 2.3r} \exp \left\{ -\frac{(\log r - \log r_m)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (2.11)$$

dimana N merupakan jumlah kepadatan/densitas (cm^{-3}), r_m jari-jari rata-rata (μm) dan σ standar deviasi $\log(r)$, i.e., $\sigma^2 = \langle (\log r - \log r_m)^2 \rangle$. Setelah koreksi untuk aerosol stratosfir, model aerosol troposfer dapat dijelaskan oleh bi-modal log-normal distribusi, yaitu sejumlah akumulasi dan mode kasar, yang dinyatakan sebagai:

$$\mathbf{n}(\mathbf{r}) = \frac{dN(r)}{dr} = \sum_{j=1}^2 \frac{dN_j(r)}{dr} \quad (2.12)$$

di mana

$$\frac{dN_j(r)}{dr} = \frac{N_j}{(2\pi)^{1/2} \sigma 2.3r} \exp \left\{ -\frac{(\ln r - \ln r_m)^2}{\ln(10)} \right\} \quad (2.13)$$

modus inti tidak dianggap karena terlalu kecil untuk dideteksi dari cahaya yang tersebar. Parameter dari dua mode (biasa disebut mode kecil (Si) dan mode besar (Li)), seperti yang ada pada tabel berikut, median radius, standar deviasi dan indeks bias. Parameter dalam modus kecil terlihat pada tabel 2.4, dan untuk modus besar pada tabel 2.5.

Tabel 2.4 Parameter dari distribusi ukuran untuk modus kecil.

Aerosol Model	Median $r^s m$	Radius	Standard Deviation σ^s	Refractive Index
S_A	0.035		0.40	1.45 – 0.0035i
S_B	0.07		0.40	1.45 – 0.0035i
S_C	0.06		0.60	1.45 – 0.0035i
S_D	0.08		0.60	1.40 – 0.0035i
S_E	0.10		0.60	1.40 – 0.0035i

Tabel 2.5 Parameter dari distribusi ukuran untuk modus besar.

Aerosol Model	Median $r^l m$	Radius	Standard Deviation σ^l	Refractive Index
L_A	0.40		0.60	1.40 – 0.003Li
L_B	0.60		0.60	1.40 – 0.003Li
L_C	0.80		0.60	1.45 – 0.003Li
L_D	0.40		0.60	1.45 – 0.003Li
L_E	0.50		0.80	1.50 – 0.003Li
L_F	1.00		0.80	1.50 – 0.003Li

Pada prinsipnya jika total cahaya L^c_λ terdeteksi oleh satelit dapat ditulis sebagai

$$L^c_{j(\pi s, \mu v, \Phi v)} = \eta L^s_{\lambda(\pi s, \mu v, \Phi v)} + (1-\eta) L^l_{\lambda(\pi s, \mu v, \Phi v)} \quad (2.14)$$

dimana $L_{\lambda(\pi_s, \mu_v, \Phi_v)}^s$ dan $L_{\lambda(\pi_s, \mu_v, \Phi_v)}^l$ adalah radiances kecil (Si) dan besar (Li) mode masing-masing. Tujuannya adalah untuk mengambil rasio η dan ukuran partikel mode kecil dan mode besar yang memberikan hasil terbaik sesuai dengan pengukuran ketebalan aerosol optik (AOT) pada 550 nm diturunkan sebagai produk.

Pemilihan model aerosol dilakukan dengan meminimalkan nilai kuantitas ϵ_{sl} , yaitu:

$$\epsilon_{sl} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \left(\frac{L^m j(\mu_s, \mu_v, \phi_v) - L^c j(\mu_s, \mu_v, \phi_v)}{L^m j(\mu_s, \mu_v, \phi_v) + 0.01} \right)^2} \quad (2.15)$$

dimana $L_{j(\pi_s, \mu_v, \Phi_v)}^m$ dan $L_{j(\pi_s, \mu_v, \Phi_v)}^c$ diukur dan dihitung dari radiasi saluran j . Radiasi dinormalkan untuk unit reflectance. Ditambahkan nilai konstan 0,01 untuk mengurangi bobot panjang gelombang di wilayah di SWIR. Untuk kondisi clear-sky, dengan menggunakan nilai variasi spektral yang kuat, $L_{2130}^m(\mu_s, \mu_v, \Phi_v)$ yaitu nilai terdekat dengan angka ketidakpastian nilai relatif yang tinggi 0,0. Nilai konstan 0,01 pada rumus. 10 meminimalkan dampak ketidakpastian dalam pengambilan data.

2.4 Aerosol Product (MOD-04)

MODIS Produk Aerosol memantau ketebalan optik aerosol *ambien* global diatas lautan dan diatas benua. Selanjutnya, distribusi ukuran aerosol adalah diturunkan atas lautan, dan jenis aerosol ini berasal dari benua-benua. "Baik" aerosols (anthropogenic / polusi) dan "program" aerosol (partikel alam, misalnya, debu) juga diturunkan. Harian data Level 2 (MOD 04) yang dihasilkan pada resolusi spasial 10 x 10 1-Km (di titik nadir) - array pixel. Produk aerosol termasuk algoritma "deep-blue" dikembangkan kembali untuk mendapatkan ketebalan optik aerosol diatas lahan yang terang. MODIS Aerosol mempunyai dua file data produk: MOD04_L2, berisi data yang dikumpulkan dari platform Terra; dan MYD04_L2, mengandung data yang dikumpulkan dari platform Aqua.

2.4.1 Penelitian dan Aplikasi

Aerosol adalah salah satu sumber ketidakpastian terbesar dalam pemodelan iklim. Aerosol bervariasi dalam waktu dalam ruang dan dapat menyebabkan variasi

awan di mikrofisika, yang dapat mempengaruhi sifat awan radiasi dan Iklim MODIS produk aerosol digunakan untuk mempelajari klimatologi aerosol, sumber dan jenis aerosol tertentu (misalnya, sulfat aerosol dan pembakaran biomas), interaksi aerosol dengan awan, dan koreksi jarak jauh yang dirasakan atmosfer reflektansi permukaan atas tanah.

2.4.2 Set Data Evolusi

Sebelum MODIS, pengukuran satelit terbatas pada pengukuran reflektansi dalam satu (GOES, METEOSAT) atau dua (AVHRR) saluran. Tidak ada upaya nyata untuk mengambil isi aerosol atas tanah dalam skala global. Algoritma telah dikembangkan untuk digunakan hanya pada vegetasi gelap. Saluran biru pada MODIS, tidak ada pada AVHRR, hal ini menawarkan kemungkinan untuk memperpanjang derivasi ketebalan optik atas tanah ke permukaan tambahan. Algoritma akan menggunakan kanal MODIS 1 sampai 7 dan 20 dan memerlukan pemeriksaan awan sebelum menggunakan data MODIS. Diatas tanah, model aerosol dinamis akan diturunkan dari langit berdasarkan pengukuran-tanah dan digunakan dalam proses pengambilan bersih.

Dilaut, tiga parameter yang menggambarkan *loading* dan distribusi ukuran aerosol akan diambil sebagai distribusi. Pra-asumsi umum pada struktur ukuran yang dibutuhkan dalam metoda inversi dengan data MODIS, dan ukuran distribusi volume akan dijelaskan dengan dua log normal mode-: mode tunggal untuk menggambarkan modus akumulasi partikel (radius $<0,5 \mu\text{m}$) dan mode kasar tunggal untuk menggambarkan debu dan / atau partikel garam (radius $> 1,0 \mu\text{m}$). Karena itu untuk parameter aerosol untuk pengambilan data adalah: rasio antara dua mode, ketebalan optik spektral, dan ukuran partikel rata-rata. Kontrol kualitas produk ini akan didasarkan pada perbandingan dengan stasiun tanah dan klimatologi.

2.4.3 Informasi Tambahan MOD-04

Berikut ini adalah informasi tambahan mengenai MOD-04 produk aerosol.

Cakupan : Global atas lautan, sebagian global atas tanah.

Karakteristik Spasial / temporal : 10 km untuk Level 2.

Kunci Sains Aplikasi	: Aerosol klimatologi, pembakaran biomas, koreksi atmosfer, sifat radiasi awan, pemodelan iklim.
Kunci Parameter Geofisika	: Atmosfer kedalaman optik aerosol (global) dan distribusi ukuran aerosol (lautan)
Pengolahan Level	: 2
Tipe Produk	: Standar, at-launch
Maksimum Ukuran File	: 11 MB
File Frekuensi	: 144/day
Format Data Primer	: HDF-EOS

2.5 International MODIS-AIRS Processing Package (IMAPP)

International MODIS/AIRS Processing Package (IMAPP) memungkinkan stasiun bumi mampu menerima siaran langsung EOS untuk menciptakan produk seperti:

- a. MODIS Level 1 dikalibrasi dan meradiasi geolokasinya (Terra atau Aqua)
- b. MODIS Level 2 berupa produk (Terra atau Aqua)
- c. AIRS/AMSU/HSB Level 1 dikalibrasi dan geolokasinya diradiasi (Aqua saja)

IMAPP berasal dari operasional software untuk pengolahan EOS yang dikembangkan di NASA GSFC dan JPL, dan telah diubah agar kompatibel dengan data siaran langsung. Perbedaan utama antara IMAPP dan operasional software, yaitu:

- a. IMAPP telah porting ke berbagai platform UNIX,
- b. satu-satunya alat yang diperlukan oleh IMAPP adalah NCSA HDF4 ,
- c. lingkungan pengolahan IMAPP sangat sederhana,
- d. wahana, sarana dan sifat data dapat digunakan untuk menentukan Geolocation secara real-time,
- e. ukuran yang berlebihan dapat diproses.

Produk MODIS Level 2 memerlukan data MODIS Level 1B .hdf berupa cahaya dan file Geolocation baik IMAPP atau GSFC / format DAAC. Data .hdf yang diambil dalam file biner datar dan digunakan sebagai masukan untuk perangkat lunak

produk sains. Beberapa produk juga membutuhkan file eksternal tambahan yang dinamis sebagai masukan. Data pada format ini dikenal sebagai Production Data Set (PDS).

Pada 5 Oktober 2004 diluncurkan produk Aerosol (MODIS Level 2 v1.6) Aqua/Terra:

- a. Pertama dirilis perangkat lunak produk aerosol MODIS (MOD04) untuk Aqua dan Terra.
- b. Aerosol ini disiarkan secara langsung serta dirilis bersamaan dengan versi DAAC aerosol MOD04 operasional 4.0.1.
- c. Hanya 6 Set Data output yang menggunakan software ini, yaitu:
 - a. Latitude = Lintang
 - b. Longitude = Garis bujur
 - c. Optical_Depth_Land_And_Ocean - AOT (micron) untuk laut (terbaik) dan tanah (dikoreksi)
 - d. Optical_Depth_Ratio_Small_Land_And_Ocean - Rasio kedalaman optik mode kecil di 0,55 mikron
 - e. Corrected_Optical_Depth_Land (3 bands) - Corrected optical thickness pada 0.47, 0.55, and 0.66 micron
 - f. Effective_Optical_Depth_Average_Ocean (7 bands)
- d. Baru ANCILLARY.tar dan FLATFILE.tar disertakan dan membuat input yang diperlukan untuk software aerosol.

Format IMAPP MODIS Level 1B file ini sangat mirip (tapi tidak identik) dengan format- file output Level 1B DAAC GSFC. Secara khusus, file output IMAPP hanya ditulis menggunakan .hdf (bukan HDF-EOS), dan file output data IMAPP atribut global ditempatkan secara terpisah. Perbedaan yang terbaik dapat dilihat dengan membandingkan suatu daftar secara abjad dari HDF SDS dan Vdata dalam file IMAPP Level 1B 1000 meter dan file sesuai DAAC IMAPP. Demikian pula, format dari file yang dihasilkan oleh Geolocation sangat mirip (tapi tidak identik) ke format DAAC GSFC.

Produk sains MODIS Level 2 file IMAPP tidak hanya dalam format .hdf. Mereka juga terdiri dari file dengan *bit unsigned integer-8 (cloud mask)* atau *bit floating point-32 (cloud top properties)* ditambah dengan *header file* yang dihasilkan. Kualitas file juga terjamin. Sinar/pantulan/Geolocation dan *flat file cloud top properties*, dapat ditampilkan dengan menggunakan pendistribusian secara bebas, aplikasi *FreeLook* atau dengan aplikasi komersial ENVI. IMAPP / AMSU / HSB Level 1B file dalam format HDF-EOS, identik dengan format operasional diproduksi oleh NASA / GSFC.

2.6 Format file HDF

File produk MOD04_L2 (Produk aerosol Level 2) disimpan dalam Hierarchical Data Format (HDF). HDF adalah multi-objek format file untuk data ilmiah yang disajikan di multi-platform kemudian didistribusikan ke file lingkungan. HDF hanya harus diakses melalui perpustakaan subroutine HDF dan pemanggilan fungsinya.. Masing-masing dari 53 grid parameter (tercantum di Lampiran 1) disimpan sebagai Scientific Data Set (SDS) dalam file HDF.

Nilai negatif Aerosol Optical Depth (AOD) yang kecil digunakan untuk menghindari bias negatif yang rancu pada statistik akhir AOD yang rendah untuk jangka panjang. Hal ini terjadi karena MODIS tidak memiliki kepekaan atas tanah untuk mengambil nilai aerosol lebih dari $\pm 0,05$. Ini berarti dalam kondisi algoritma yang sangat bersih, tidak dapat menentukan apakah AOD yang = 0; 0,05 atau -0,05. Jika semua angka negatif dihilangkan dan menjaga semua angka yang positif, maka dihasilkan sebuah bias buatan. Dengan demikian, pengambilan negatif hingga -0,05 dapat digunakan. Hal ini sangat tergantung pada aplikasi. Namun, nilai negatif AOD baik yang kecil tetap melakukan pengambilan data yang berisi informasi.

Berikut ini adalah Daftar Dimensi MOD04_L2 (produk aerosol level 2):

1. Cell_Along_Swath = 203 (ukuran biasa)
2. Cell_Across_Swath = 135 (ukuran biasa)
3. Solution_1_Land = 2
4. Solution_2_Land = 3
5. Solution_3_Land = 3

6. Solution_Ocean = 2
7. MODIS_Band_Land = 7
8. MODIS_Band_Ocean = 7
9. QA_Byte_Land = 5
10. QA_Byte_Ocean = 5
11. Solution_Index = 9
12. Number_of_Instrument_Scans = 203 (ukuran biasa)
13. Maximum_Number_of_1km_Frames = 1354 (ukuran biasa)

Sedangkan untuk Daftar MOD04_L2 *Scientific Data Set* (SDS), dapat dilihat pada Lampiran 1.

2.7. Geoserver dan WMS

GeoServer adalah implementasi referensi dari Open *Geospatial Consortium* (OGC) *Fitur Web Service (WFS)* dan *Web Coverage Service (WCS)* standar, serta kinerja tinggi bersertifikat *compliant Web Map Service (WMS)*. GeoServer bentuk komponen inti dari Web Geospasial.

2.7.1 Geoserver

GeoServer adalah perangkat lunak dengan server open source ditulis di Java yang memungkinkan pengguna untuk berbagi dan mengedit data geospasial. Dirancang untuk interoperabilitas dan menerbitkan data dari sumber data utama spasial dengan menggunakan standar *opensource*. GeoServer menjadi proyek berbasis masyarakat yang dikembangkan, diuji, dan didukung oleh berbagai kelompok individu dan organisasi dari seluruh dunia.

2.7.2 Web Map Service (WMS)

Web Map Service (WMS) adalah standar protokol untuk melayani georeferensi gambar peta melalui internet yang dihasilkan oleh server peta menggunakan data dari GIS database. Spesifikasi ini dikembangkan dan pertama kali diterbitkan oleh Open Geospatial Consortium pada tahun 1999 .

Open Geospatial Consortium (OGC) menjadi terlibat dalam mengembangkan standar untuk pemetaan web setelah sebuah makalah diterbitkan pada tahun 1997

oleh Allan Doyle, "*WWW Pemetaan Framework*". Strategi yang datang dari OGC membentuk gugusan tugas, dan secara inisiatif mengorganisir "*Web Mapping testbed*", serta memanggil proyek percontohan pemetaan web yang dibangun atas gagasan Doyle dan gugusan tugas OGC.

WMS menentukan sejumlah tipe permintaan yang berbeda, dua di antaranya dibutuhkan oleh server WMS, yaitu:

- a. GetCapabilities - parameter tentang WMS dan lapisan-lapisan yang tersedia
- b. GetMap - parameter yang diberikan, gambar peta

Permintaan jenis penyedia WMS yang dapat mendukung secara opsional meliputi:

- a. GetFeatureInfo
- b. DescribeLayer
- c. GetLegendGraphic

Open source software yang memberikan kemampuan layanan peta web meliputi GeoServer dan MapServer .

WMS adalah format yang didukung secara luas untuk peta dan data GIS yang diakses melalui internet dan dimasukkan ke dalam perangkat lunak GIS, di sisi klien GIS komersial Mayor dan software pemetaan WMS termasuk MATLAB dan Pemetaan Toolbox , Bentley Systems 'produk GIS, ESRI 's ArcGIS produk, Cadcorp SIS produk suite, MapInfo Profesional , GeoMedia , GlobalMapper , dan Sistem manifold , bersama dengan Google Bumi software open source yang mendukung WMS termasuk Quantum GIS , uDig , OpenJUMP , MapGuide Open Source , NASA World Wind , GRASS GIS , dan gvSIG . Ka-Map , GeoServer OpenLayers , sebuah Ajax perpustakaan, yang mendukung WMS untuk mengintegrasikan maps WMS ke dalam halaman web.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan metodologi penelitian yang digunakan dalam penulisan ini. Pertama akan dijelaskan mengenai algoritma yang di gunakan untuk menentukan kandungan aerosol di atmosfer. Algoritma ini terdiri dari diagram alir proses - proses yang dilakukan. Selanjutnya penjelasan tiap proses, hingga menghasilkan data aerosol yang diinginkan, membuat data yang berformat geotif dan jpeg, serta membangun aplikasi data aerosol tersebut dengan Geoserver.

3.1 Penginderaan Jauh Aerosol

Algoritma akan digunakan untuk memantau ketebalan optik aerosol (aerosol sebanding dengan total loading) dan ukuran distribusi (kolom vertikal yang terintegrasi) dari ambien (tanpa gangguan) aerosol. Algoritma ini mengambil keuntungan dari jangkauan lebar spektral MODIS dan ruang resolusi yang tinggi dengan cakupan global harian (misalnya, 500 m pada 0,47-2,13 mm dengan 250 m di 0,66 dan 0,86 mm dan 1 km di 3,8 mm).

Selama cahaya laut diukur dalam kisaran spektrum yang luas (0,55-2,13 mm) maka ketebalan optik aerosol terbalik dan distribusi volume (dalam kisaran 0,08-5 mm jari-jari). Sebaliknya, distribusi diasumsikan bahwa ukuran aerosol bi-modal log-normal. Rasio antara log-mode normal dan rata-rata partikel ukuran modus dominan ditentukan dari radiasi spektral MODIS.

3.2 Diagram Alir Algoritma

Algoritma ini untuk menentukan kandungan aerosol yang berada di atmosfer. Data yang di dapat pertama kali dari *atmosphere processing* berupa data mentah yang didapatkan langsung dari satelit (sensor MODIS) dalam format data transmisi yang dikirimkan ke instrument paket data. Data ini masih berupa data level 0.

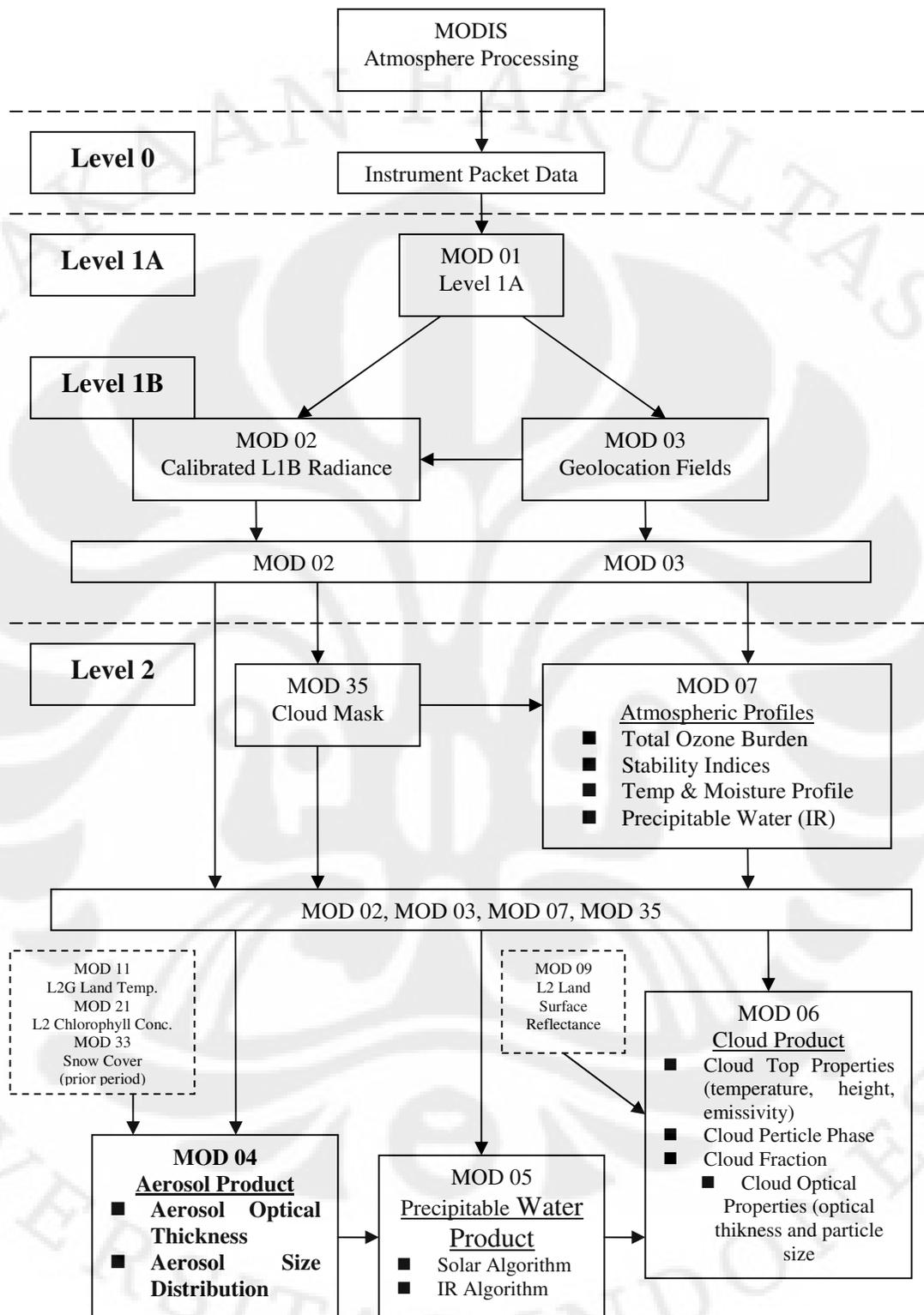
Kemudian data-data tersebut diolah ke data level 1A maupun level 1B. Di level 1A, data tersebut di periksa dan di rekonstruksi, selain itu data ini telah mempunyai informasi mengenai waktu dan keterangan koefisien kalibrasi serta

parameter *georeference*. Selanjutnya data telah disisipkan beberapa sub-file tersendiri berupa data lokasi geografis, data kalibrasi sensor untuk konversi perhitungan digital. Data ini sudah berupa data level 1B. Data yang sudah berformat level 1B ini sudah siap untuk diimplementasikan ke algoritma produk geofisika. Data level 1B untuk satelit MODIS mempunyai format file HDF (*Hierarchical Data Format*) yang berekstensi “.hdf”.

Setelah data pada level 1 telah diproses, maka menghasilkan produk data yang diinginkan yaitu aerosol. Maka data yang dihasilkan dari level 2 ini juga berformat “.hdf”, dan berupa Geotif yang berekstensi “.tif”, dan juga berupa data .jpeg. Semua proses ini harus dilakukan secara berurutan sesuai dengan diagram alirnya yang terlihat pada Gambar 3.1.

Untuk mendeteksi partikel aerosol, harus lebih terang/bercahaya dari background (permasalahannya dengan penginderaan jauh aerosol diatas permukaan yang terang). ATBD memberikan penjelasan rinci tentang model aerosol dan prosedur yang digunakan dalam pengambilan data. Setiap sensor memiliki ATBD sendiri.

Semua proses diatas dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak untuk pengolahan data *remote sensing* dan satelit. Dan pengolahan data tersebut dilakukan terhadap data *singlescane*. Sehingga di dapatkan hasil pemetaan konsentrasi dalam satu wilayah dan waktu *singlescane* tersebut. Maka hasil akhir yang diinginkan adalah data yang berupa produk aerosol dengan nilai *Aerosol Optical Thickness* (AOT) dan *Aerosol Size Distribution*. Untuk menghasilkan MOD04_L2 (produk aerosol level 2) yang berupa nilai AOD atau AOT, parameter untuk algoritmanya sudah tersaji pada Scientific Data Set (SDS) untuk format HDF agar mempermudah algoritma untuk mengolah data. Sehingga nilai AOD atau AOT dapat ditentukan secara otomatis dapat diketahui.

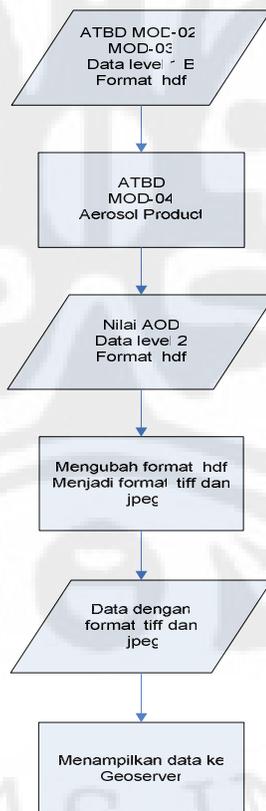


Gambar 3.1 Diagram alir untuk pengambilan data aerosol (dan parameter atmosfer lainnya) dari MODIS.

Diagram alir di atas merupakan alur pengolahan data yang telah distandardkan oleh GSFC NASA. Adapun pada percobaan kali ini proses yang dilakukan dibatasi pada pengolahan data level 1b untuk menghasilkan data level 2 berformat *.hdf*.

3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data ini dilakukan dengan aplikasi teknologi pasif penginderaan jauh menggunakan metode *extinction* (kepunahan) dan hamburan. Pada tahun 2009 NASA GSFC mengeluarkan program yang di jadikan sebagai standard untuk melakukan pengolahan data MODIS. Program IMAPP_SPA ini merupakan algoritma standard untuk melakukan pengolahan data MODIS khususnya di bidang atmosfer. Pengolahan data yang dibuat hanya sebatas data level 1B awal, sehingga dilanjutkan dengan pengolahan data untuk mendapatkan data level 2, yang kemudian data tersebut diubah formatnya menjadi geotif dan jpeg. Berikut ini adalah diagram alir pengolahan data.



Gambar 3.2 Diagram alir pengolahan data

3.3.1 Membuat Data Level 2 HDF

Untuk membuat data MODIS Level 2 memerlukan data MODIS Level 1B .hdf berupa cahaya dan file *Geolocation* IMAPP, serta menggunakan software IMAPP_SPA V 2.0. Kepanjangan dari IMAPP_SPA adalah *International MODIS/AIRS Processing Package Science Processing Algorithm*. Data yang digunakan sebagai input IMAPP_SPA adalah sebagai berikut:

- Data MODIS 1km, 500 m dan 250 m level 1b dalam format .hdf
- Data MODIS Geolocation berformat .hdf
- File-file ancillary untuk *snow/ice extent, sea-ice concentration, sea-surface temperature, ozone dan weather*.

Sedangkan untuk data keluaran yang dihasilkan dari pengolahan adalah data level 2:

- Aerosol (MOD04)
- Cloudmask (MOD35)
- Cloud Properties dan Cloud Phase (MOD06)
- Atmospheric Profiles (MOD07)

Maka algoritma yang mengolah data level 1B menjadi Level 2, yaitu :

```

$WRAPPERHOME/IMAPP/run \
  modis.mxd021km $MODT1KM \
  modis.mxd02hkm $MOD02HKM \
  modis.mxd02qkm $MOD02QKM \
  modis.mxd03 $MOD03 \
  scantime $SCANTIME \
  ssmi_nise $NISE \
  ssmi_seaice $SEAICE \
  ncep_met $GDAS \
  noaa_toast $OZONE \
  noaa_oisst $OISST \
  platform $SatsPA \
  
```

} Data MODIS level 1b

} Data pendukung

```

modis.aerosols $AEROSOOUTPUT \
modis.cloudmask $CLOUDMASKOUTPUT \
modis.cloudtop $CLOUDTOPOUTPUT \
modis.atmprofile $PROFILESOUTPUT \

```

} Data output

dimana `modis.mxd021km` adalah data MODIS level 1B 1000 meter yang sudah dikalibrasi, `modis.mxd02hkm` adalah data MODIS level 1B 500 meter sudah dikalibrasi, dan `modis.mxd02qkm` adalah data MODIS level 1B 250 meter sudah dikalibrasi. Sedangkan maksud dari `$MOD03` adalah geolokasi data MODIS. Untuk *scantime* merupakan waktu mulainya pengambilan/perekaman data MODIS yang berformat “YYYYMMDDhhmm”.

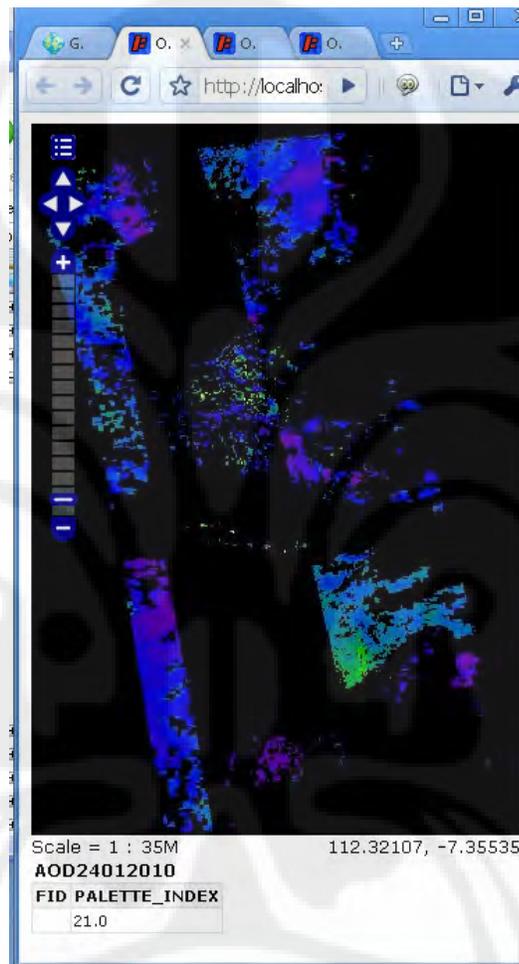
Data MODIS level 1B merupakan input data yang masih berformat hdf, yang kemudjian di tambahkan data pendukung sebagai data tambahan agar memperoleh data level 2 yang juga masih berformat hdf. Dari skrip diatas akan menghasilkan data level 2 yang baik, maka di perlukan skrip yang mengatur format yang diinginkan seperti yang terlihat diatas pada data output. Maka dihasilkanlah data level 2 yang berformat hdf, yang kemudian dilakukan pengolahan data untuk menghasilkan data yang berformat geotiff dan jpeg, agar bisa di olah ke dalam geoserver.

Sebelum melakukan pengolahan, terlebih dahulu perlu ditentukan data satelit yang akan diolah yaitu terra atau aqua dengan men-set *platform* di IMAPP_SPA. Hal ini dikarenakan setiap data dari kedua satelit (terra/aqua) memiliki *file ancillary* yang berbeda. Maka Produk data yang dihasilkan yaitu, **MOD04_L2**, berisi data yang dikumpulkan dari platform Terra dan **MYD04_L2** dari platform Aqua.

3.4 Membangun Aplikasi Aerosol dengan Geoserver

Untuk pengolahan data pada tahap ini merupakan proses tambahan setelah pengolahan data level 1 ke level 2 selesai dilakukan. Pada penelitian untuk tahap ini bertujuan menampilkan hasil pengolahan data agar bisa dikonsumsi oleh masyarakat. Data yang ditampilkan ke dalam geoserver adalah data level 2 berformat geotiff. Hal ini karena geoserver menentukan format file yang dapat ia tampilkan. Format file geotiff seperti halnya data raster TIFF, namun data ini memiliki informasi tambahan

seputar geolokasi dan informasi terkait lainnya. Untuk mengubah data HDF ke format geotiff dapat dilakukan dengan melakukan konversi menggunakan beberapa perangkat lunak untuk pengolahan citra dan penginderaan jauh. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Data AOD format GeoTIFF dalam aplikasi geoserver menggunakan mode pratampil

Data hasil ditampilkan menggunakan *Layer Preview*. Fasilitas memungkinkan kami sebagai administrator melihat tampilan contoh yang akan dilihat oleh user nantinya. Di bawah ini adalah contoh pratampilan data AOD yang telah dimasukkan dalam aplikasi geoserver.

BAB 4 HASIL DAN ANALISA

Dalam bab ini akan menampilkan data-data yang akan diperoleh dari penelitian yang dilakukan. Kemudian akan dilihat hasil dan analisisnya terhadap karakteristik dinamika perubahan konsentrasi aerosol di suatu daerah. Besarnya pengaruh aerosol terhadap radiasi dapat dinyatakan dalam *AOD* atau *Aerosol Optical Depth* (*tanpa satuan*). Data-data yang akan digunakan ini didapatkan dari LAPAN selama sepuluh hari dari masing-masing satelit Terra dan Aqua pada bulan Januari tahun 2010. Berikut ini adalah sumber data yang digunakan beserta rinciannya yang dapat dilihat pada tabel 4.1.

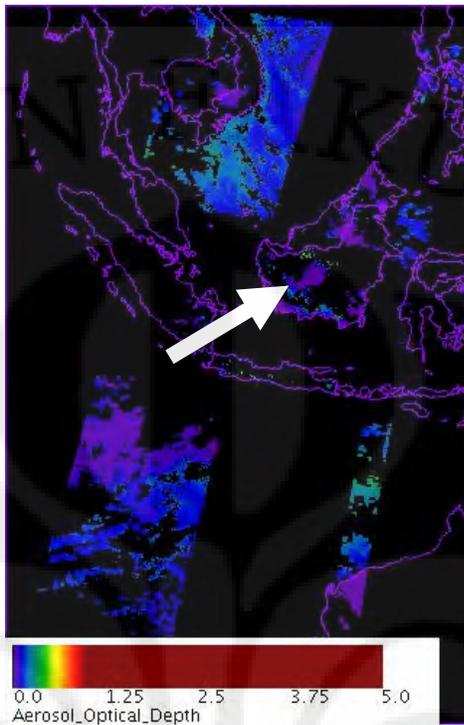
Tabel 4.1 Sumber Data yang Digunakan

No	Data Terra	Data Aqua
1	201001180330	201001140649
2	201001190236	201001150735
3	201001200318	201001170543
4	201001210400	201001170722
5	201001220304	201001180625
6	201001240432	201001190531
7	201001250200	201001210655
8	201001260419	201001230643
9	201001270330	201001240549
10	201001280230	201001240729

Data diatas diberi nama dengan format “YYYYMMDDhhmm”, yaitu empat digit pertama (YY) menunjukkan tahun, dua digit berikutnya (MM) adalah bulan, (DD) adalah tanggal, (hh) jam, dan (mm) menit. Hasil tersebut adalah pengolahan data yang menggunakan algoritma IMAPP_SPA.

4.1. Data Terra

Data Terra ini dihasilkan pada siang hari dari platform **MOD04_L2**. Data ini berupa data level 2 yang telah berformat geotiff. Dari gambar ini terlihat bahwa nilai AOD yang tertangkap di wilayah Indonesia berada di daerah Kalimantan. Tampilan hasil pengolahan data Terra tanggal 22 Januari 2010 dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Hasil pengolahan data Terra pada tanggal 22 Januari 2010

Terlihat pula bahwa sebagian data yang dihasilkan hilang (terdapat bagian yang hitam pada tengah gambar), khususnya di tempat perairan. Hal ini biasa disebut dengan *sun glint* seperti tampak pada Gambar 4.2.

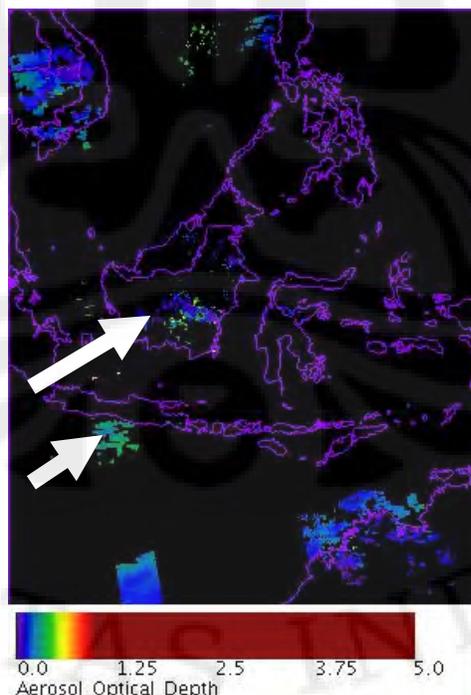


Gambar 4.2 Citra asli dengan efek *sun glint*

Sunglint merusak sinyal warna laut yang membawa informasi yang penting. Pada Terra MODIS, bagian yang terkena pancaran (*sunglint*) berada di bagian Timur dari garis tengah karena Terra melintasi ekuator pada pagi hari ketika matahari sedikit condong ke arah bagian Timur dari sensor. Efek *sunglint* lebih berdampak pada MODIS karena sensor MODIS tidak dapat memiringkan penyinaran untuk menghindari bagian *sunglint*.

4.2. Data Aqua

Data Aqua ini dihasilkan pada malam hari dari platform MYD04_L2, berupa data level 2 yang telah berformat geotiff. Gambar 4.3 menunjukkan salah satu contoh hasil dari satelit Aqua tanggal 17 Januari 2010. Nilai AOD yang tertangkap di wilayah Indonesia pada daerah Kalimantan dan Pantai Selatan Jawa. Nilai AOD untuk Terra maupun Aqua bagi wilayah Indonesia tidak jauh berbeda, yaitu sebagian data yang dihasilkan hilang (terdapat bagian yang hitam pada tengah gambar), khususnya di tempat perairan, di Aqua pun juga terjadi *sunglint*. Pada citra Aqua, cahaya mempengaruhi bagian barat dari penyinaran. Ini karena Aqua melintasi garis ekuator pada siang hari ketika matahari sedikit condong ke arah barat dari sensor.



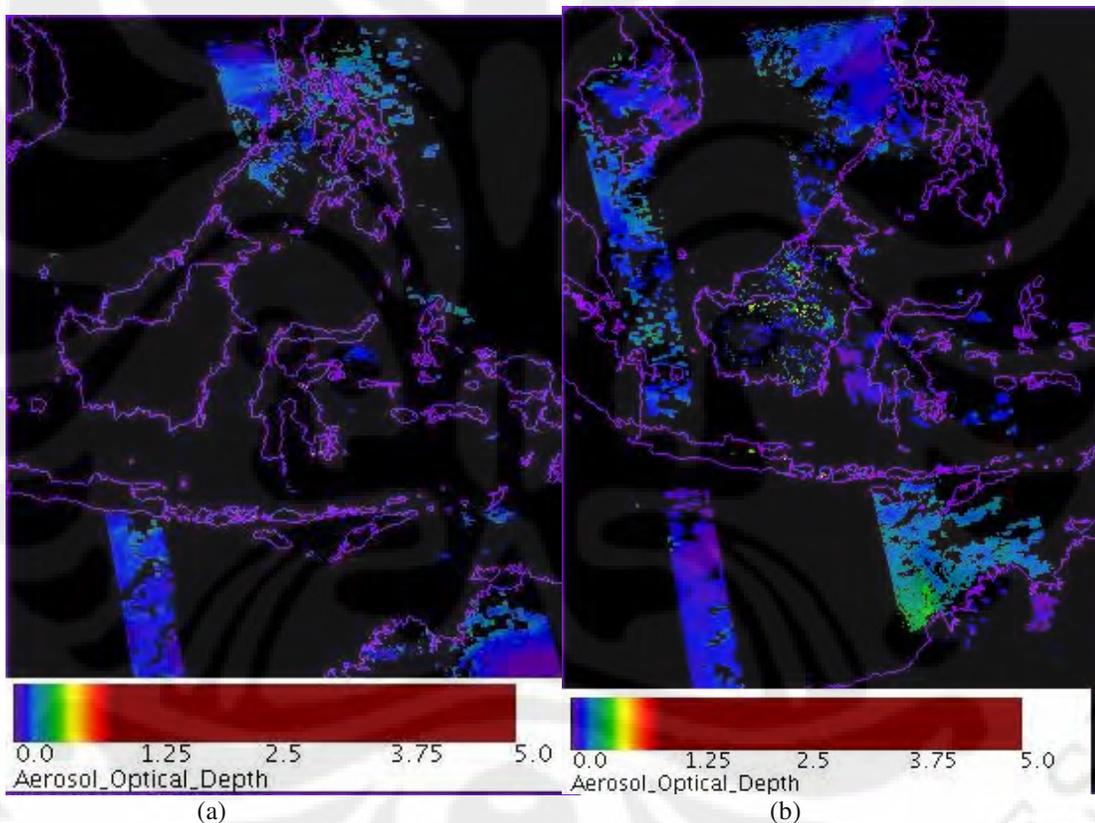
Gambar 4.3 Hasil pengolahan data Aqua pada tanggal 17 Januari 2010

4.3. Perbandingan Hasil dan Analisa Data

Agar hasil dari pengolahan data ini dapat di analisa, maka perlu dilakukan perbandingan dari data-data yang dihasilkan.

4.3.1 Perbandingan Hasil Data Nilai AOD tinggi dan Nilai AOD rendah

Aerosol mempunyai peranan yang cukup signifikan dalam mempengaruhi perubahan iklim, karena aerosol memberikan efek radiatif, baik memancarkan atau menyerap radiasi. Semakin tinggi nilai AOD, berarti semakin besar pengaruhnya terhadap pengurangan radiasi, yang mengindikasikan semakin tinggi konsentrasi aerosol.



Gambar 4.4 Contoh hasil perolehan data AOD, (a) tidak ada nilai AOD, (b) ada nilai AOD

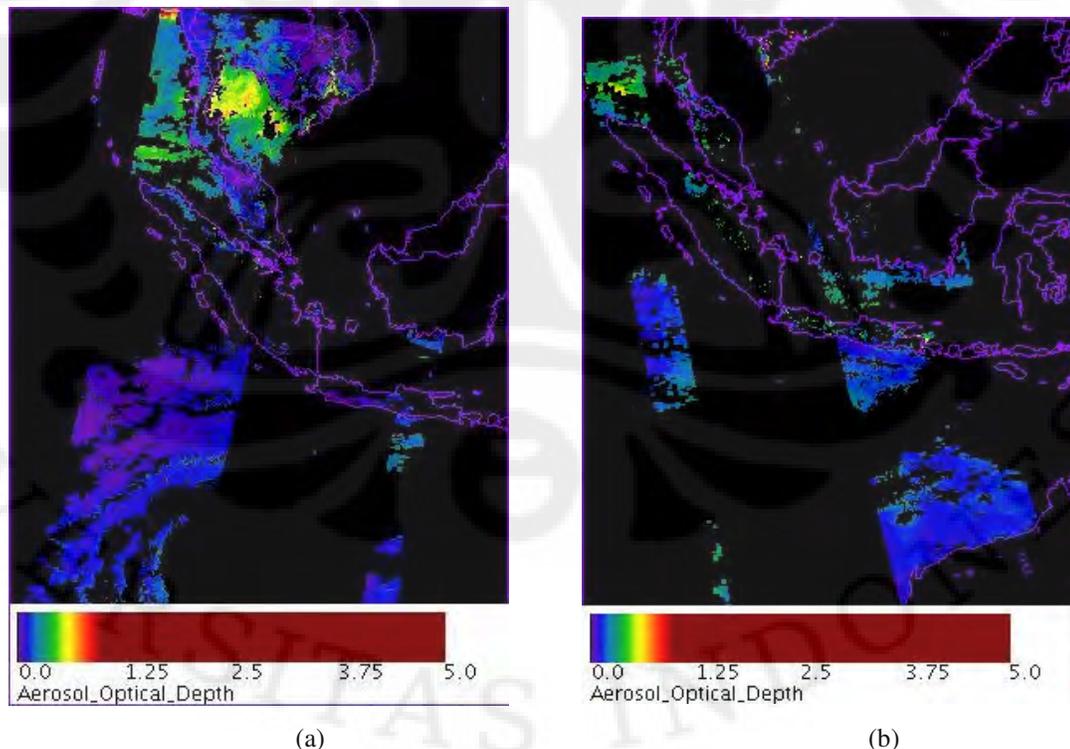
Gambar 4.4.a adalah data hasil yang didapat pada tanggal 19 Januari 2010 dari satelit Aqua. Sedangkan Gambar 4..b adalah data hasil yang didapat pada tanggal 24 Januari 2010 juga dari satelit Aqua. Berdasarkan gambar di atas dapat dilihat bahwa Gambar 4.4.a menampilkan tidak ada nilai (AOD) yang terdeteksi di atmosfer

untuk wilayah Indonesia. Hal ini dikarenakan keadaan iklim pada tanggal 19 Januari 2010 adalah hujan. Nilai indeks aerosol kecil pada saat musim hujan dan kemarau.

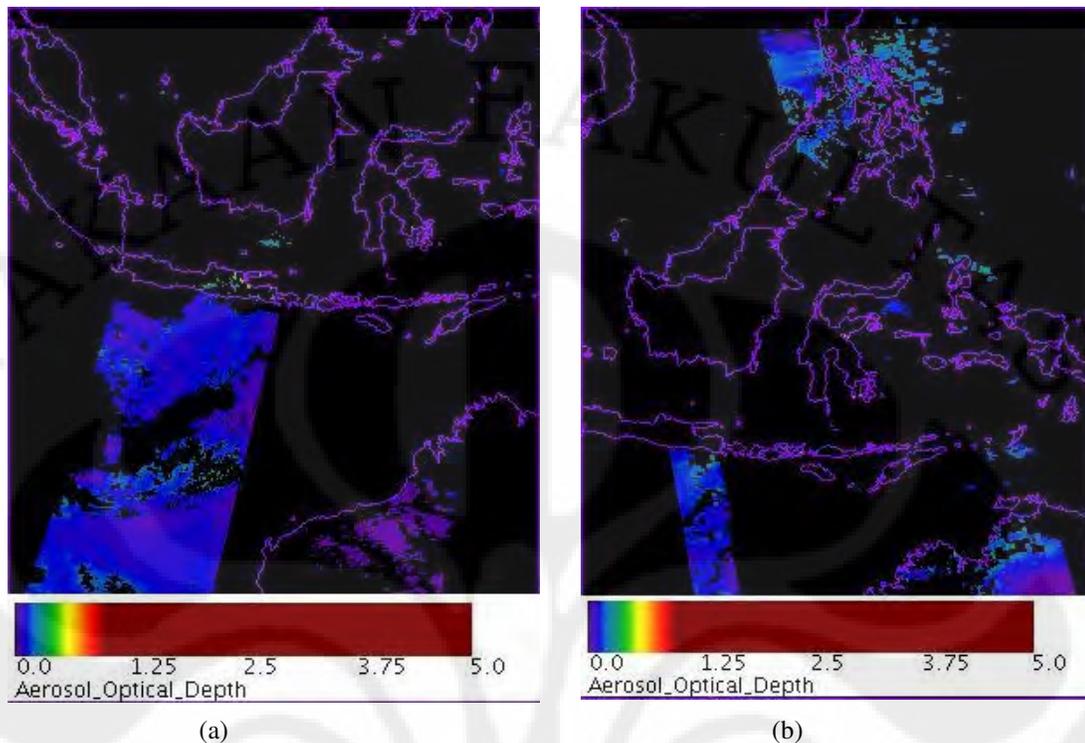
Gambar 4.4.b menunjukkan keadaan Indonesia pada tanggal 24 Januari 2010. Gambar tersebut memperlihatkan adanya nilai AOD di atmosfer yang ditangkap oleh sensor MODIS. Hal ini menunjukkan bahwa keadaan pada saat itu adalah saat transisi dari musim hujan ke musim kemarau, karena tetes air mempunyai peran menaikkan indeks aerosol.

4.3.2 Perbandingan Data Satelit Terra/Aqua pada Hari yang Sama

Berikut ini akan ditampilkan perbandingan nilai AOD yang ditangkap oleh satelit Terra dan Aqua pada hari yang sama. Tujuannya untuk mendapatkan informasi karena aerosol ini akan digunakan untuk mempelajari aerosol klimatologi, untuk memantau sumber dan jenis aerosol tertentu (misalnya, sulfat dan industri / aerosol perkotaan dan aerosol pembakaran biomas). Gambar 4.5 menunjukkan kandungan nilai AOD tanggal 18 Januari 2010 untuk satelit Terra dan Aqua, sedangkan Gambar 4.6 menunjukkan nilai kandungan AOD tanggal 19 Januari 2010.



Gambar 4.5 Kandungan nilai AOD pada tanggal 18 Januari 2010 (a) Terra, (b) Aqua



Gambar 4.6 Kandungan nilai AOD pada tanggal 19 Januari 2010 (a) Terra, (b) Aqua

Gambar 4.5 merupakan data dari satelit Terra (a) dan Aqua (b) yang menampilkan kandungan nilai AOD pada tanggal 18 Januari 2010 di sebagian wilayah Indonesia. Kedua gambar tersebut memperlihatkan nilai AOD dari satelit Terra (pada siang hari) mempunyai indeks aerosol yang kecil akibat terjadinya hujan. Dan terlihat pula pada satelit Aqua (malam hari) indeks aerosol pun kecil, tetapi masih mempunyai nilai AOD di beberapa kawasan Indonesia, maka terjadi kenaikan indeks aerosol yang mengakibatkan adanya kemungkinan di beberapa kawasan tersebut mengalami masa transisi dari musim hujan ke musim kemarau. Dari gambar tersebut hampir bisa dipastikan bahwa di beberapa daerah di atas terjadi hujan yang cukup lebat bahkan ada pula yang mengalami musim kemarau.

Perlu diingat bahwa nilai indeks aerosol yang kecil, tidak hanya menggambarkan keadaan suatu wilayah sedang terjadi hujan, karena nilai indeks yang kecil pun dapat menggambarkan keadaan suatu wilayah yang mengalami musim kemarau. Nilai indeks aerosol yang naik menggambarkan masa transisi dari musim hujan ke musim kemarau, karena tetes air mempunyai peran menaikkan indeks

aerosol. Maka untuk Gambar 4.6 yang merupakan data dari kedua satelit (Terra dan Aqua) yang menampilkan nilai AOD pada tanggal 19 Januari 2010. Kedua gambar (a) dan (b) juga menunjukkan kemiripan keadaan dari dua satelit yang berbeda pada hari yang sama. Sehingga dapat dikatakan kandungan aerosol pada wilayah Indonesia ini memiliki nilai AOD yang kecil.

Adanya kenyataan tersebut menunjukkan kecocokan antara satelit Terra dan Aqua. Dengan kata lain, informasi yang didapat dari satelit Terra juga dapat menjadi gambaran kasar data hasil satelit Aqua di hari yang sama pada keadaan normal dan begitu pula sebaliknya.

4.4. Kelemahan MODIS dalam Menentukan Nilai AOD

Data MODIS memiliki kelemahan dalam menentukan kandungan aerosol suatu tempat secara akurat. Peran data penginderaan jauh citra MODIS dalam mendapatkan data distribusi aerosol belum maksimal, 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, dengan demikian mengakibatkan kehilangan informasi di dalamnya. Kesalahan dalam penentuan radiometrik terdiri dari *sunlint* (kanal 20,22 dan 23), absorpsi uap air atmosfer (kanal 31 dan 32), gas-gas minor di atmosfer (semua kanal), dan tiupan debu di laut (semua kanal).

Sunlint tampak sebagai garis putih bercahaya pada citra level 1. Ini merupakan pantulan spektrum dari permukaan air laut. Sinyal yang dipantulkan lebih besar dari yang dipantulkan sinar matahari di permukaan bumi yang mengembalikan informasi tentang parameter laut. *Sunlint* merusak sinyal warna laut yang membawa informasi yang penting.

Hambatan dalam menentukan nilai AOD dikarenakan tingginya liputan awan di wilayah tropis, sehingga jumlah informasi yang diproduksi tidak dapat mencapai target yang diharapkan yaitu informasi harian. Untuk menghitung atau mengolah data AOD dilakukan hanya pada piksel yang bebas dari awan. Proses pengambilan data oleh sensor penginderaan jauh MODIS tidak akan mungkin terlepas dari pengaruh awan. Untuk sensor pasif seperti MODIS awan dapat menutupi benda-benda yang

ada di atau di dekatnya sehingga interpretasi tidak memungkinkan. Masalah ini dapat diatasi dengan mengkombinasikan citra MODIS dengan citra dari sensor aktif (misalnya Radarsat) untuk keduanya saling melengkapi.

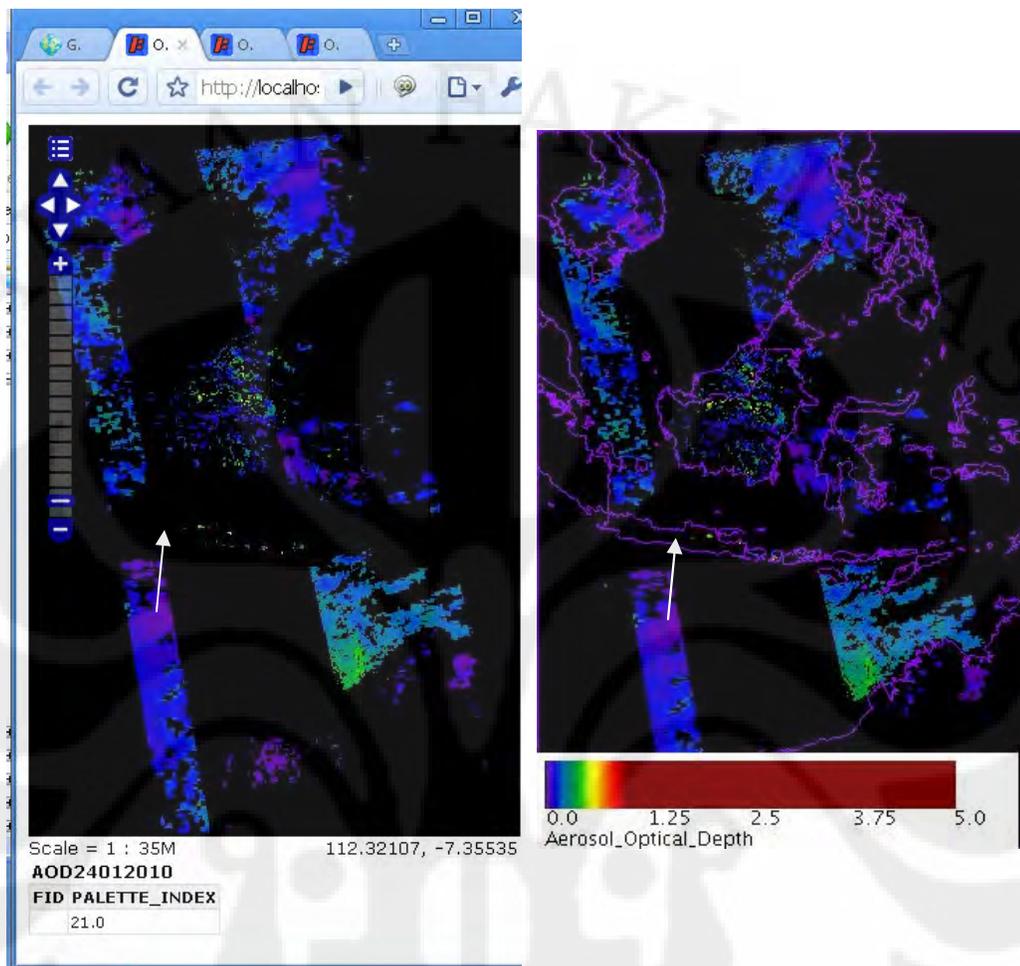
Kelemahan lain dari MODIS yaitu terjadinya duplikasi baris dimana bagian citra mengalami *overlap* terutama yang jauh dari nadir. *Overlap* terjadi karena terdapat peningkatan Instantaneous Field of View (IFOV). Contoh citra yang mengalami *over lap* dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Citra yang mengalami Overlap

4.5 Data AOD dalam Aplikasi Geoserver

Seperti telah disinggung sebelumnya dalam BAB 3, pada percobaan ini juga dilakukan proses tambahan selain dari pengolahan data yaitu menampilkan data hasil pengolahan ke dalam aplikasi geoserver. Sementara ini percobaan yang dilakukan baru mencapai tahap uji coba pratampilan. Berikut ini adalah contoh pratampil data AOD pada geoserver disesuaikan dengan gambar serupa yang berformat JPEG berindeks, Gambar 4.7.



(a) (b)
 Gambar 4.8 Penyesuaian data AOD (a) format geoTIFF pada geoserver dengan (b) format JPEG berindeks

Pada Gambar 4.8.a ditunjukkan pointer berada pointer di koordinat 112.32107, -7.35535 (seperti ditunjukkan oleh panah berwarna putih) dengan skala 1:35M. Titik itu bertepatan dengan daerah Jawa bagian Timur (ditunjukkan pada Gambar 4.8.b).

Keterangan dalam index Gambar 4.8.a menunjukkan angka 21.0 (tanpa satuan). Pada Gambar 4.7.b, warna yang ditunjukkan oleh pointer juga menunjukkan nilai ketebalan yang sama berdasarkan warna pada indeks (di atas 5 dan di bawah 10cm). Angka ini menunjukkan nilai AOD di wilayah pulau Jawa bagian Timur.

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran yaitu:

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

- a. Nilai AOD mempengaruhi perubahan cuaca.
- b. Pola sebaran secara spatial tidak terlihat jelas karena tingginya penutupan awan dan adanya efek sunglint
- c. Monitoring atau analisa kecenderungan (trend analysis) kandungan aerosol di suatu kawasan tertentu dapat dilakukan karena hasil pengolahan data bisa diakses oleh masyarakat dengan dibuatnya aplikasi aerosol dengan Geoserver.

5.2 Saran

Saran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan ini adalah :

- a. Sehubungan dengan algoritma yang digunakan menggunakan IMAPP_SPA yang dibuat berdasarkan kondisi iklim dan lingkungan di Amerika Serikat, maka diharapkan untuk penelitian selanjutnya, algoritma yang dibuat bisa disesuaikan dengan iklim dan kondisi lingkungan yang ada di Indonesia sehingga data yang dihasilkan adalah data sesungguhnya.
- b. Pada penelitian yang telah dilakukan ini, data yang dihasilkan hanya dalam periode 10 hari. Maka penelitian untuk dapat mengetahui kandungan aerosol di Indonesia terbatas.
- c. Pemilihan citra dilakukan lebih baik sehingga diperoleh citra yang bersih dari gangguan awan dan efek *sunglint*, sehingga interpretasi data dapat dilakukan dengan baik.
- d. Sementara ini percobaan yang dilakukan baru mencapai tahap uji coba pratampilan untuk aplikasi Geoserver nya (bersifat tambahan), diharapkan untuk selanjutnya dapat di selesaikan.

DAFTAR ACUAN

- NASA (2008, Januari). *MODIS*. 21 April 2010. <http://modis.gsfc.nasa.gov/>
- NASA (2008, Januari). *Info NASA*. 21 April 2010. <http://ladsweb.nascom.nasa.gov/>
- NASA (2008, Januari). *HDF*. 28 April 2010.
ftp://ftp.ncsa.uiuc.edu/HDF/HDF/HDF_Current/bin.
- NASA (2008, Januari). *IMAPP_SPA (Algoritma) NASA*.. 28 April 2010.
<http://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/index.cfm?section=contact%20usAlgorithm>
- NASA (2008, Januari). *Deskripsi Produk IMAPP_SPA*. 28 April 2010.
<http://directreadout.sci.gsfc.nasa.gov/index.cfm?section=technology>
- Remer, Tanré, Kaufman, Levy, & Mattoo, 2009: Algoritma untuk Penginderaan Jauh dari Tropospheric Aerosol dari MODIS untuk Koleksi 005: Revisi 2 *Produk: 04_L2, ATML2, 08_D3, 08_E3, 08_M3*
- Kaufman, Y. J., D. Tanre, and O. Boucher (2002), A satellite view of aerosols in the climate system, *Nature*, 419, 215– 223.
- Loeb, G. N., and N. Manalo-Smith (2005), Top-of-atmosphere direct radiative effect of aerosols over global oceans from merged CERES and MODIS observations, *J. Clim.*, in press.
- Remer, L. A., et al. (2005), The MODIS aerosol algorithm, products and validation, *J. Atmos. Sci.*, 62, 947–973.
- Frouin R., M. Schwindling and P.Y. Deschamps, Spectral Reflectance of Sea Foam in the Visible and Near-Infrared: In-situ Measurements and Implications for Remote Sensing of Ocean Color and Aerosols, *J. Geophys. Res.*, in press, 1996.
- Hegg, D.A. P.V. Hobbs, R.J. Ferek and A. P. Waggoner, Measurements of some aerosol properties relevant to radiative forcing on the east coast of the United States, *J. Appl. Meteor.*, 34, 2306-2315, 1995
- Holben B.N., T.F. Eck and R.S. Fraser, 1991: Temporal and spatial variability of aerosol optical depth in the Sahel region in relation to vegetation remote sensing, *Int. Rem. Sens.*, 12, 1147-1163.
- Y.J. Kaufman, T. Nakajima, F Lavenu and I. Jankowiak, Multi-Band Automatic

Sun and Sky Scanning Radiometer System for Measurements of Aerosols, *Rem. Sens. Environ.*, in press, 1996.

Mishchenko M. I. , A. A. Lacis, B. E. Carlson and L. D. Travis, Nonsphericity of dustlike tropospheric aerosols: implications for aerosol remote sensing and climate modeling, *Geophys. Res. Lett.*, 22, 1077-1080, 1995

Penner, J. E., R.E. Dickinson, C.A. O'Neill, 1992: Effects of aerosol from biomass burning on the global radiation budget, *Science*, 256, 1432-1434.

Danoedoro, Projo, 1996. Pengolahan Citra Digital Teori dan Aplikasinya dalam Bidang Penginderaan Jauh. Yogyakarta: Fakultas Geografi Universitas Gadjah Mada.



LAMPIRAN

Daftar MOD04_L2 Scientific Data Set (SDS)

Geolocation dan Waktu Parameter

1. Longitude / Garis bujur
Keterangan: Geodetic Longitude (Bujur Geodetik)
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: -180 sampai 180 derajat timur
 2. Latitude / Lintang
Keterangan: Geodetic Latitude
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: -90 ke 90 derajat utara
 3. Scan_Start_Time
Keterangan: Waktu Atom Internasional di mulai dari Scan direplikasi di petak
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0.0 ke 3.1558E 9 detik sejak 1 Januari 1993 00:00:00
- Solar dan Viewing Geometry Parameters
4. Solar_Zenith
Keterangan: Sudut Zenith Solar, Cell Sun
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-180 derajat
 5. Solar_Azimuth
Keterangan: Sudut Azimuth Solar, Cell Sun
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: -180 sampai 180 derajat
 6. Sensor_Zenith
Keterangan: Zenith Angle Sensor, Cell untuk Sensor
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-180 derajat
 7. Sensor_Azimuth

Keterangan: Azimuth Angle Sensor, Cell untuk Sensor

Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: -180 sampai 180 derajat

Ilmu Parameter

Gabungan Tanah dan Samudera

8. Scattering_Angle

Keterangan: Sudut Hamburan

Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-180 derajat

9. Optical_Depth_Land_And_Ocean Optical_Depth_Land_And_Ocean

Description: Aerosol Optical Thickness at 0.55 μm for both Ocean (best) and Land (corrected) Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol di 0,55 μm untuk kedua Samudera (terbaik) dan Lahan (dikoreksi)

Dimensions: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath) Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

Hanya Tanah

10. Aerosol_Type_Land

Deskripsi: Jenis Aerosol

Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0 to 4 (0 = campuran, 1 = debu, 2 = sulfat, 3 = asap, 4 = berat menyerap asap)

11. Continental_Optical_Depth_Land

Keterangan: Ketebalan Optik Continental di 0,47 dan 0,66 μm

Dimensi: (Solution_1_Land, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

12. Corrected_Optical_Depth_Land

Keterangan: Ketebalan Optik dikoreksi pada 0,47, 0,55, dan 0,66 μm

Dimensi: (Solution_2_Land, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

13. **Estimated_Uncertainty_Land**
Deskripsi: Ketidakpastian Ketebalan Optik di 0,47 dan 0,66 μm
Dimensi: (Solution_1_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-2
14. **Mass_Concentration_Land**
Deskripsi: Massa Konsentrasi Atas Tanah
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-1000 $1.0\text{e-}6\text{g/cm} \times ^2$
15. **Angstrom_Exponent_Land**
Keterangan: eksponen Angstrom di 0,47 dan 0,67 μm
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: -0,5 sampai 3
16. **Reflected_Flux_Land**
Keterangan: Fluks Tercermin Dinormalisasi di 0,47 dan 0,66 μm
Dimensi: (Solution_1_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-1
17. **Transmitted_Flux_Land**
Keterangan: Fluks Menular Dinormalisasi di 0,47 dan 0,66 μm
Dimensi: (Solution_1_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-1
18. **Cloud_Fraction_Land**
Keterangan: Fraksi Awan (%)
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0 sampai 100%
19. **Dust_Weighting_Factor_Land**
Keterangan: Debu Aerosol Faktor Pembobotan
Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-1
20. **Number_Pixels_Percentile_Land**
Keterangan: Jumlah Pixel di Diinginkan Persentil
Dimensi: (Solution_1_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: 0-400
21. **Mean_Reflectance_Land**

Keterangan: reflektansi Mean pada 5 Band

Dimensi: (MODIS_Band_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

22. STD_Reflectance_Land

Deskripsi: Standar Deviasi reflektansi pada 5 Band

Dimensi: (MODIS_Band_Land, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-2

Samudera Hanya

23. Solution_Index_Ocean_Small Solution_Index_Ocean_Small

Deskripsi: Solusi nomor indeks (1 sampai 4) untuk aerosol partikel kecil (dan rata-rata untuk solusi terbaik) penimbunan. Indeks lautan model 1 hingga 4 sesuai dengan (kecil) modus dengan model 0,10 efektif, jari-jari 0,15; 0,20; 0,25 μm , masing-masing.

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 1-5

24. Solution_Index_Ocean_Large

Deskripsi: Solusi nomor indeks (5 sampai 9) untuk partikel aerosol besar (dan rata-rata untuk solusi terbaik) garam. Indeks lautan model 5 sampai 7 sesuai dengan kasar (besar mode) model laut laut () partikel dengan 1,0 efektif, jari-jari 1,5 , 2.0 μm , masing-masing. Indeks laut model 8 dan 9 berhubungan dengan kasar (besar) modus model partikel debu mineral dengan jari-jari efektif 1,5 dan 2,5 μm , masing-masing.

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 6-11

25. Effective_Optical_Depth_Best_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

26. Effective_Optical_Depth_Average_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol untuk Solusi Rata-rata sebesar 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

27. Optical_Depth_Small_Best_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol Kecil Modus Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

28. Optical_Depth_Small_Average_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol Kecil Mode Rata-rata sebesar 7 band Solusi

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

29. Optical_Depth_Large_Best_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol untuk Mode besar Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

30. Optical_Depth_Large_Average_Ocean

Keterangan: Ketebalan Optik Aerosol di 7 band untuk modus besar rata-rata larutan

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

31. Mass_Concentration_Ocean

Deskripsi: Konsentrasi Massa Rata-rata Terbaik dan Solusi

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1000 $1.0e-6\text{g/cm} \times ^2$

32. Effective_Radius_Ocean

Keterangan: Radius Efektif Kedua Solusi di $0,55 \mu\text{m}$

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-5 μm

33. Cloud_Condensation_Nuclei_Ocean

Keterangan: Kolom Jumlah KKN dari Kedua Solusi di $0,55 \mu\text{m}$

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0,0-10000000000,0 KKN / $\text{cm} ^2$

34. Asymmetry_Factor_Best_Ocean

Deskripsi: Faktor Asimetri Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

35. Asymmetry_Factor_Average_Ocean

Deskripsi: Faktor Asimetri Solusi Rata-rata sebesar 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

36. Backscattering_Ratio_Best_Ocean

Keterangan: Rasio Backscattering Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

37. Backscattering_Ratio_Average_Ocean

Keterangan: Rata-rata Rasio Backscattering Solusi pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-3

38. Angstrom_Exponent_1_Ocean

Keterangan: eksponen Angstrom untuk 0,550 dan 0,865 μm

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: -0,5 sampai 3

39. Angstrom_Exponent_2_Ocean

Keterangan: eksponen Angstrom untuk 0,865 dan 2,130 μm

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: -0,5 sampai 3

40. Reflected_Flux_Best_Ocean

Keterangan: Dinormalisasi Tercermin Fluks dari Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

41. Reflected_Flux_Average_Ocean

Keterangan: Dinormalisasi Tercermin Fluks dari rata-rata sebesar 7 band Solusi

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

42. Transmitted_Flux_Best_Ocean

Keterangan: Dinormalisasi Menular Fluks dari Solusi Terbaik pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

43. Transmitted_Flux_Average_Ocean

Keterangan: Dinormalisasi Menular Fluks dari rata-rata sebesar 7 band Solusi

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

44. Ocean_Least_Squares_Error_Ocean

Keterangan: Perkiraan Kesalahan Kuadrat Terkecil

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

45. Small_Mode_Weighting_Ocean

Deskripsi: Faktor Pembobotan Kecil Mode

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

46. Optical_Depth_Ratio_Small_Ocean

Keterangan: Rasio Kedalaman Optical dari Mode Kecil vs Kedalaman Optical Efektif di 0,55 μm

Dimensi: (Solution_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

47. Cloud_Fraction_Ocean

Keterangan: Fraksi Cloud di Persentase

Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0 sampai 100%

48. Number_Pixels_Used_Ocean

Keterangan: Jumlah Pixel digunakan untuk solusi 0,55 μm

Dimensi: (Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-400

49. Mean_Reflectance_Ocean

Keterangan: Reflectances Mean pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-1

50. STD_Reflectance_Ocean

Deskripsi: Standar Deviasi Reflectances pukul 7 band

Dimensi: (MODIS_Band_Ocean, Cell_Alone_Swath, Cell_Across_Swath)

Valid Range: 0-2

Cloud Mask dan QA Parameter

51. Cloud_Mask_QA Cloud_Mask_QA
Keterangan: Awan Mask QA pada resolusi 10x10 km
Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath)
Valid Range: (topeng bit)
52. Quality_Assurance_Land
Keterangan: -Time QA Flags Jalankan Tanah
Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath, QA_Byte_Land)
Valid Range: (topeng bit)
53. Quality_Assurance_Ocean
Keterangan: -Time QA Flags Jalankan untuk Samudera
Dimensi: (Cell_Along_Swath, Cell_Across_Swath, QA_Byte_Ocean)
Valid Range: (topeng bit)