

**KLASIFIKASI TUTUPAN AWAN MENGGUNAKAN
DATA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR APT**

SKRIPSI

Oleh

GILANG ANDIKA
04 04 03 040 7



**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

**KLASIFIKASI TUTUPAN AWAN MENGGUNAKAN
DATA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR APT**

SKRIPSI

Oleh

GILANG ANDIKA
04 04 03 040 7



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

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
DEPARTEMEN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS INDONESIA
GENAP 2007/2008**

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI TUTUPAN AWAN MENGGUNAKAN DATA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR APT

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

Depok, 15 Juli 2008

Gilang Andika
NPM. 0404030407

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul:

KLASIFIKASI TUTUPAN AWAN MENGGUNAKAN DATA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR APT

dibuat untuk melengkapi sebagian persyaratan menjadi Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Skripsi ini telah diajukan pada sidang ujian skripsi pada tanggal 24 Juni 2008 dan dinyatakan memenuhi syarat/sah sebagai skripsi pada Program Studi Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Depok, 15 Juli 2008
Dosen Pembimbing

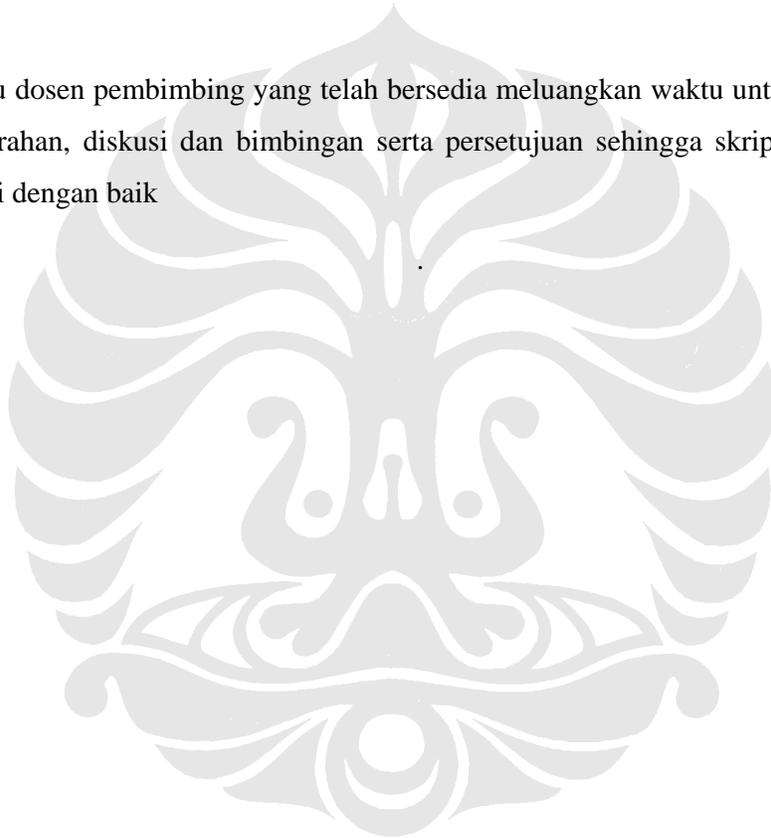
Dr. Ir. Dodi Sudiana, M. Eng.
NIP. 131 944 413

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

Dr. Ir. Dodi Sudiana, M. Eng.

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



Gilang Andika
NPM 04 04 03 040 7
Departemen Elektro
Universitas Indonesia

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

KLASIFIKASI TUTUPAN AWAN MENGGUNAKAN DATA SENSOR SATELIT NOAA/AVHRR APT

ABSTRAK

Informasi keadaan cuaca di laut lepas merupakan hal penting yang menentukan keselamatan para nelayan dalam eksploitasi sumber daya kelautan. Dan dalam hal ini, awan merupakan parameter utama untuk menentukan kadar kestabilan di atmosfer. Langit yang bebas awan menandakan kondisi atmosfer Bumi yang cenderung stabil sedangkan keadaan langit mendung dengan bentangan awan yang cukup luas menandakan ketidakstabilan atmosfer. Melalui citra sensor satelite penginderaan jauh NOAA/AVHRR berupa sinyal APT, keadaan cuaca melalui pendeteksian dan pengklasifikasian tutupan awan dapat dilakukan.

Dalam skripsi ini, pengklasifikasian tutupan awan terbatas pada awan jenis *cirrus*, *stratocumulus*, dan *cumulonimbus*. Adanya awan *cumulonimbus* dengan bentangan awan yang cukup luas pada suatu daerah dapat diasumsikan sebagai keadaan cuaca yang buruk. Sehingga sebagai peringatan bahwa daerah tersebut mempunyai kecenderungan hujan lebat. Awan *stratocumulus* menandakan daerah tersebut cenderung hujan gerimis. Namun, sering kali awan ini merupakan tanda bahwa cuaca yang lebih buruk akan datang. Awan *cirrus* tidak membawa hujan, namun jika banyak terdapat awan *cirrus* di atmosfer merupakan tanda bahwa 24 jam ke depan akan terjadi perubahan cuaca.

Data yang digunakan dalam skripsi ini adalah data level 2 APT yang diterima oleh sistem penerima radio VHF dan diolah menggunakan perangkat lunak **WxtoImg**. Awan dideteksi menggunakan persamaan pendekatan regresi temperatur terhadap nilai kecerahan pixel. Persamaan diperoleh dengan mengambil titik-titik sampel pada data citra APT kanal 4. Setelah dipisahkan dari daratan dan lautan, awan diklasifikasikan berdasarkan tingkat kecerahan albedo yang dihitung dari data APT kanal 2.

Kata Kunci : Satelit penginderaan jauh, NOAA/AVHRR, APT, Klasifikasi Awan

Gilang Andika
NPM 04 04 03 040 7
Departemen Elektro
Universitas Indonesia

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

CLOUD COVER CLASSIFICATION USING NOAA/AVHRR APT DATA

ABSTRACT

Weather reports are one of the key factors to ensure the fishermen's safety during their activities in the sea. Cloud is a potential weather element and cloud coverage is the main parameter in determining the degree of stability of the atmosphere. A cloudless sky, for example, may suggest that the Earth's atmosphere is in a stable condition, while the massive grey clouds in the sky signifies the unstability of the atmosphere. Using the remote sensing satellite NOAA/AVHRR data extracted from the APT signal, the weather reports could be produced, while cloud cover classification could also be performed.

In this research, cloud cover is classified as one of the following types: cirrus, stratocumulus and cumulonimbus. The cumulonimbus clouds with a massive horizontal stretch in a particular area can be seen as a sign of bad weather. This observation may lead to a further conclusion that heavy rains will fall. On the other hand, the appearance of stratocumulus clouds indicates the sign of drizzle. The cirrus clouds, however, do not bring any rain droplets. Nevertheless, it is highly predicted that there will be a significant weather change in the next 24 hours.

The cloud data is extracted from the NOAA/AVHRR APT signal which is processed into level 2 data using WxtoImg. The raw data in the form of analog signal was received using a VHF receiver system. The cloud covers are then achieved using a regressive approximation equation which converted the pixel intensity into temperature. Equations are derived by taking sample points in the channel 4 image. Clouds are distinguished into those from lands and sea, and are classified based on the albedo in the channel 2.

Key Word : Remote Sensing Satellite, NOAA/AVHRR, APT, Cloud Cover Classification

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
PENGESAHAN.....	iv
UCAPAN TERIMA KASIH.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR SIMBOL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 LATAR BELAKANG MASALAH.....	1
1.2 PERUMUSAN MASALAH.....	2
1.3 TUJUAN PENULISAN.....	2
1.4 BATASAN MASALAH.....	2
1.5 METODOLOGI PENELITIAN.....	2
1.6 SISTEMATIKA PENULISAN.....	3
BAB II TEORI DASAR.....	4
2.1 SATELIT.....	4
2.1.1 NOAA.....	7
2.1.2 AVHRR/3.....	12
2.1.3 <i>Direct Broadcast Downlinks</i>	13
2.2 ATMOSFER.....	13

2.2.1 Awan.....	14
2.3 PENGINDRAAN JAUH.....	21
2.3.1 WxtoImg.....	21
2.3.2 QFH Antenna.....	23
BAB III SISTEM DAN METODOLOGI PENGOLAHAN CITRA.....	25
3.1 DATA AKUISISI.....	25
3.2 PENGOLAHAN CITRA.....	27
3.2.1 Pengolahan Pada WxtoImg.....	28
3.2.2 Pengolahan Pada Perangkat Lunak Analisis Matematis.....	32
BAB IV ANALISIS HASIL PENGOLAHAN.....	36
4.1 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 3 APRIL 2008 JAM 09:39.....	36
4.2 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 7 APRIL 2008 JAM 09:46.....	41
4.3 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 16 APRIL 2008 JAM 09:38.....	44
4.4 ANALISIS KERUSAKAN DATA.....	48
BAB V KESIMPULAN.....	50
DAFTAR ACUAN.....	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Satelit NOAA [1].....	4
Gambar 2.2 Citra tutupan salju dari satelit NOAA-16 [1]	5
Gambar 2.3 Foto sensor AVHRR/3 [1].....	9
Gambar 2.4 Sensor HIRS/4 [1]	10
Gambar 2.5 Sensor AMSU-A1 dan AMSU-A2 [1]	10
Gambar 2.6 Sensor MHS [1]	11
Gambar 2.7 Sensor SBUV/2 [1]	11
Gambar 2.8 Klasifikasi awan[12].....	15
Gambar 2.9 Awan <i>Cirrus</i> [11].....	16
Gambar 2.10 Awan <i>Cirrostratus</i> [10]	16
Gambar 2.11 Awan <i>Cirrocumulus</i> [8].....	17
Gambar 2.12 Awan <i>Altostratus</i> [7]	17
Gambar 2.13 Awan <i>Alto cumulus</i> [6]	18
Gambar 2.14 Awan <i>Stratocumulus</i> , foto diambil di gunung Beskids, Czech Republic [14].....	19
Gambar 2.15 Awan <i>Stratus</i> [15].....	19
Gambar 2.16 Awan <i>Nimbostratus</i> [13]	20
Gambar 2.17 Awan <i>Cumulonimbus capillatus incus</i> [9].....	20
Gambar 2.18 <i>Snapshot</i> aplikasi wxtoimg	23
Gambar 2.19 QFH antenna [5]	24
Gambar 3.1 Radio penerima.....	25
Gambar 3.2 Blok diagram sistem penerima	26

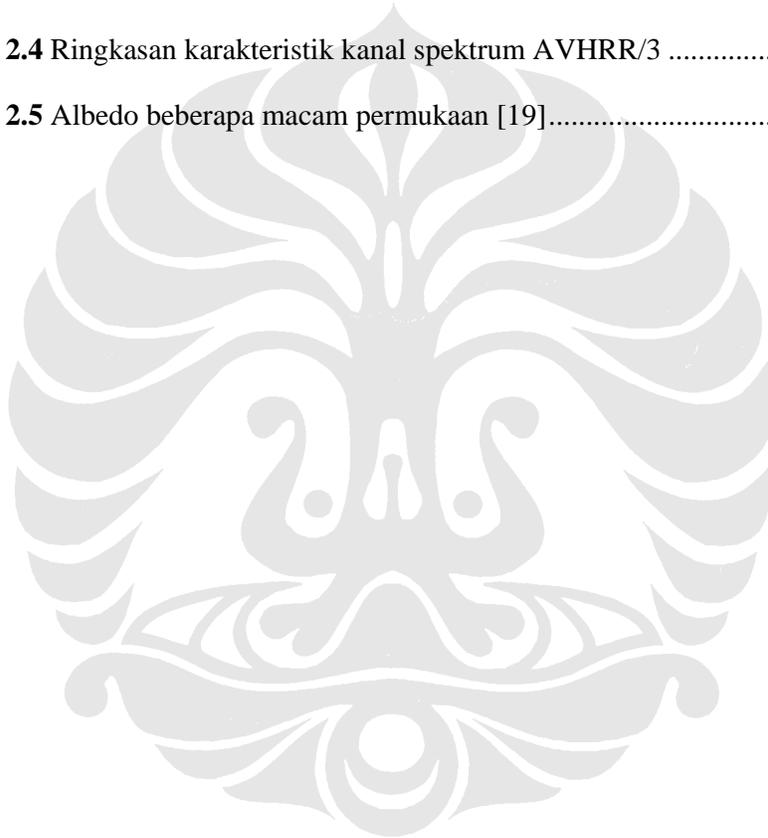
Gambar 3.3 Foto antenna QFH Dept. Elektro FTUI	26
Gambar 3.4 <i>Flowchart</i> pengolahan citra	28
Gambar 3.5 <i>Projection option</i>	29
Gambar 3.6 <i>Display WxtoImg</i>	29
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> pengolahan citra pada WxtoImg	30
Gambar 3.8 <i>Display map overlay options</i>	31
Gambar 3.9 <i>Display</i> untuk menggeser <i>map overlay</i>	31
Gambar 3.10 <i>Flowchart</i> klasifikasi jenis awan dan penentuan posisi koordinat	33
Gambar 4.1 Citra satelit noaa-17 tanggal 3 April 2008 dengan tipe <i>enhancement</i> normal	36
Gambar 4.2 Kurva regresi temperatur terhadap pixel	37
Gambar 4.3 <i>Enhancement</i> dari WxtoImg	38
Gambar 4.4 Klasifikasi awan dengan regresi linear	39
Gambar 4.5 Klasifikasi awan dengan regresi polinomial orde 2.....	39
Gambar 4.6 Perbandingan hasil dengan regresi linear dengan polinomial orde 2	40
Gambar 4.7 Citra satelit noaa-17 tanggal 7 April 2008 dengan tipe <i>enhancement</i> <i>normal</i>	41
Gambar 4.8 Kurva regresi temperature terhadap pixel.....	42
Gambar 4.9 <i>Enhancement</i> dari WxtoImg	43
Gambar 4.10 Citra hasil klasifikasi awan dengan persamaan regresi	43
Gambar 4.11 Citra satelit noaa-17 tanggal 16 April 2008 dengan tipe <i>enhancement normal</i>	44
Gambar 4.12 Kurva regresi temperatur terhadap pixel	45
Gambar 4.13 <i>Enhancement HVC false-colour</i>	46
Gambar 4.14 Klasifikasi awan dengan regresi linear	46

Gambar 4.15 Klasifikasi awan dengan regresi polinomial orde 2.....	47
Gambar 4.16 Perbandingan hasil dengan regresi linear dengan polinomial orde 2	48
Gambar 4.17 <i>Antenna alignment</i>	49

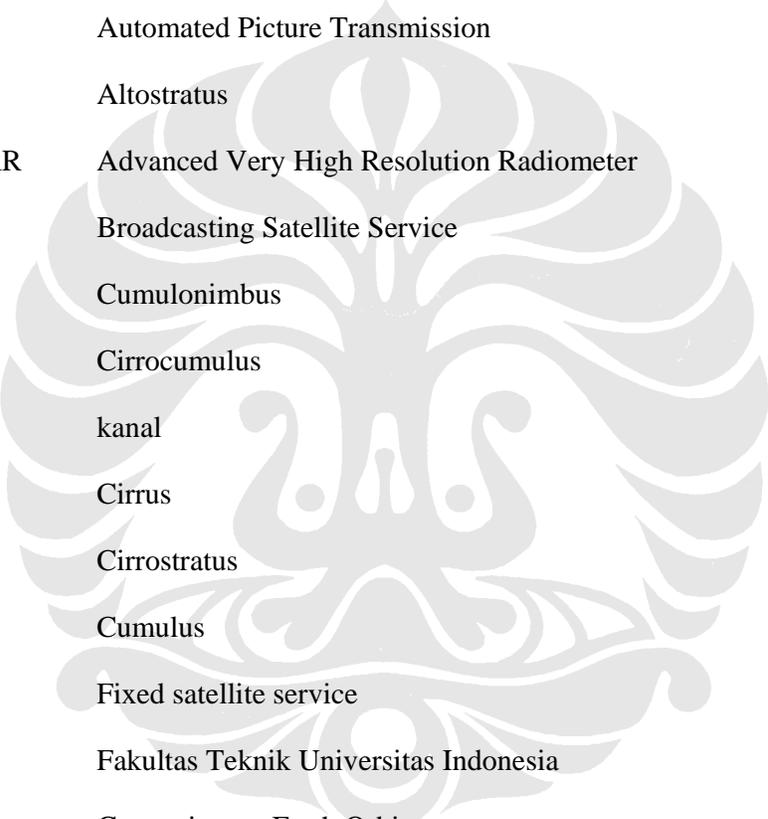


DAFTAR TABEL

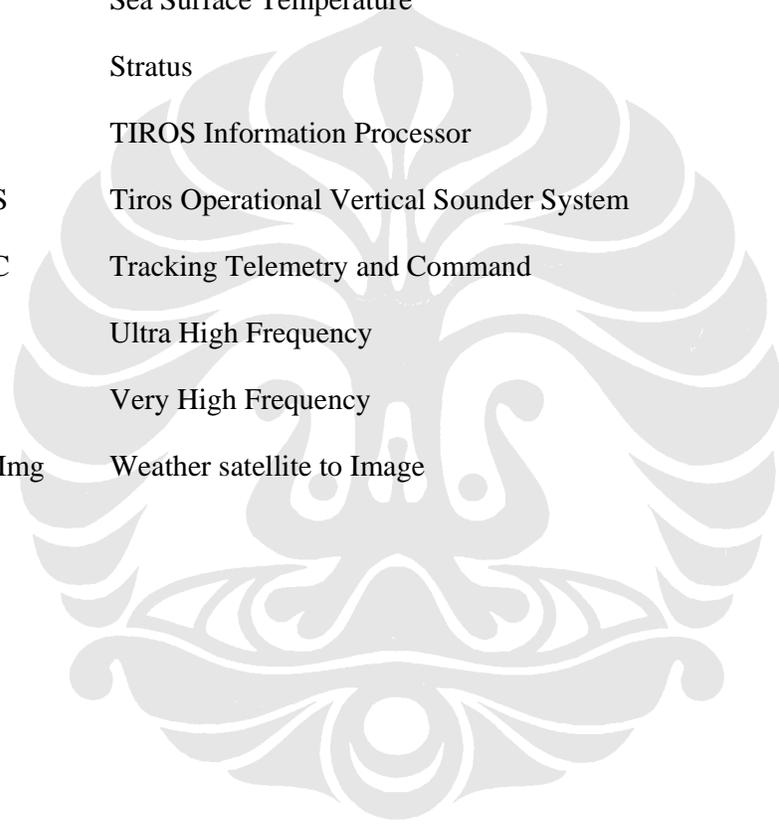
Tabel 2.1 <i>Frequency band designation</i> [18].....	6
Tabel 2.2 <i>Modern frequency band designations</i> [18].....	7
Tabel 2.3 <i>Tiros-N (ATN) Spacecraft Designations and Launch Dates</i> [18]	7
Tabel 2.4 Ringkasan karakteristik kanal spektrum AVHRR/3	12
Tabel 2.5 Albedo beberapa macam permukaan [19].....	21



DAFTAR SINGKATAN



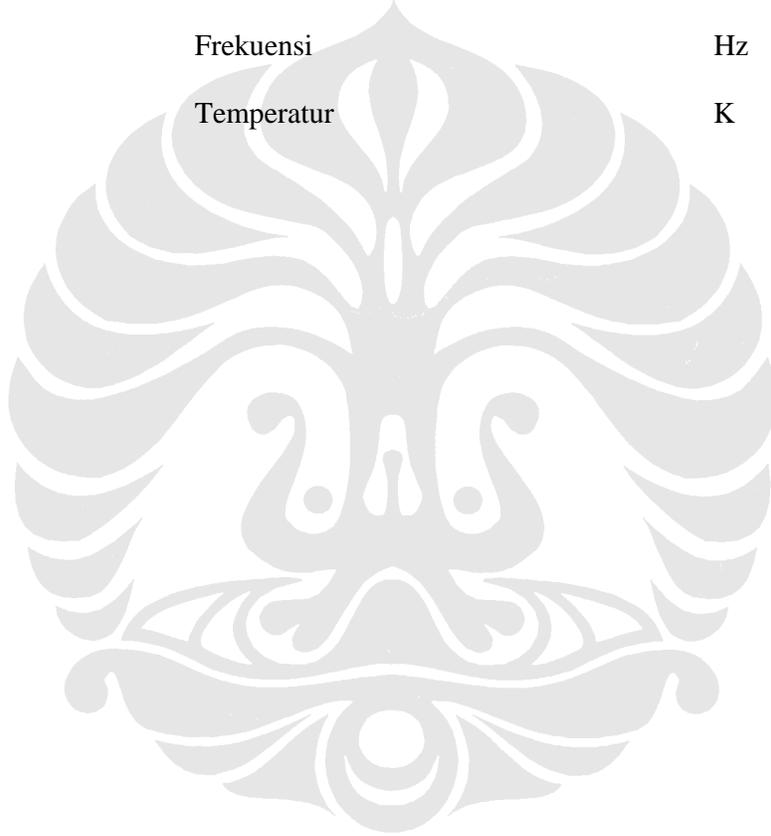
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
Ac	Alto cumulus
AIP	AMSU Information Processor
AMSU	Advanced Microwave Sounding Unit-A
APT	Automated Picture Transmission
As	Altostratus
AVHRR	Advanced Very High Resolution Radiometer
BSS	Broadcasting Satellite Service
Cb	Cumulonimbus
Cc	Cirrocumulus
<i>ch.</i>	kanal
Ci	Cirrus
Cs	Cirrostratus
Cu	Cumulus
FSS	Fixed satellite service
FTUI	Fakultas Teknik Universitas Indonesia
GEO	Geostationary Earth Orbiters
HIRS	High Resolution Infrared Radiation Sounder
HRPT	High Resolution Picture Transmission
ITU	International Telecommunication Union
LOW	Low Earth Orbiters
MEO	Medium Earth Orbiters
MHS	Microwave Humidity Sounder



Ns	Nimbostratus
QFH	Quadrafilar Helix
RHCP	Right Hand Circular Polarisation
SBUV	Solar Backscatter Ultraviolet Spectral Radiometer
Sc	Stratocumulus
SEM	Space Environmental Monitor
SST	Sea Surface Temperature
St	Stratus
TIP	TIROS Information Processor
TOVS	Tiros Operational Vertical Sounder System
TT&C	Tracking Telemetry and Command
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
WxtoImg	Weather satellite to Image

DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan	Dimensi
α	Koefisien albedo	
r	Koefisien korelasi	
f	Frekuensi	Hz
T	Temperatur	K



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 LATAR BELAKANG MASALAH

Indonesia merupakan negara kepulauan yang sebagian besar wilayahnya merupakan lautan. Sehingga sumberdaya kelautan seharusnya dapat dimanfaatkan dengan optimal. Jika kebutuhan dalam negeri telah terpenuhi, maka hasil laut ini dapat dimanfaatkan untuk diekspor sehingga dapat mendatangkan tambahan devisa bagi negara.

Selain itu, Indonesia merupakan daerah dengan gugusan pulau yang sangat banyak. Sehingga, sarana transportasi laut merupakan pilihan utama untuk transportasi antar pulau.

Keadaan cuaca merupakan faktor utama keselamatan untuk nelayan dan aktifitas pelayaran. Untuk itu diperlukan suatu sistem teknologi yang dapat mengetahui keadaan cuaca nasional dengan tepat. Teknologi satelit penginderaan jauh merupakan jawaban atas masalah ini.

Satelit merupakan kebutuhan yang tidak bisa dielakkan lagi pada saat sekarang ini. Kemampuan satelit mengalami peningkatan yang luar biasa. Mulai dari penggunaan satelit untuk pencarian sumber daya alam, komunikasi data dan telepon hingga penggunaan satelit untuk kebutuhan militer. Kelebihan utama data satelit ini adalah kecepatan dalam memperoleh data dengan cakupan luas.

Satelit NOAA (*US National Oceanographic and Atmospheric*) merupakan jawaban atas masalah perairan Indonesia tadi. Satelit ini mampu memantau wilayah perairan Indonesia dengan luas cakupan (*swath width*) 2400 km. Dalam satu hari, satelit NOAA melewati perairan laut Indonesia dua, tiga atau empat kali. Berdasarkan hal tersebut, satelit ini sangat baik untuk kepentingan pemantauan perairan Indonesia dan perlu adanya pengkajian mengenai hal ini.

Awan merupakan indikator utama dalam menentukan keadaan cuaca di suatu daerah dan masing-masing jenis awan mempunyai arti yang berbeda. Beberapa metode telah dilakukan untuk menentukan kelas awan. Diantaranya adalah penentuan melalui *fractal dimension*[21], *weather prediction model* (NWP) dengan *radiation transfer model* (RTM)[17], dan APOLLO (*Over cLouds, Land and Ocean*)[20]. Dalam skripsi ini, klasifikasi awan menggunakan metode pendekatan persamaan regresi temperatur terhadap nilai kecerahan pixel.

1.2 PERUMUSAN MASALAH

Permasalahan yang dibahas dalam skripsi ini yaitu menentukan kelas awan guna mengetahui potensi curah hujan.

1.3 TUJUAN PENULISAN

Tujuan penulisan skripsi ini adalah untuk mengklasifikasikan awan dari citra satelit sebagai dasar penentuan daerah potensi hujan dan posisi koordinat awan melalui pengolahan dengan Perangkat lunak analisis matematis. Posisi koordinat awan yang berupa teks ini nantinya akan di konversi menjadi suara.

1.4 BATASAN MASALAH

Dalam skripsi ini dilakukan beberapa batasan masalah, antara lain:

1. Citra satelit yang digunakan adalah citra dari satelit NOAA-17.
2. Sistem akuisisi yang digunakan adalah sistem penerimaan radio VHF.
3. Penentuan persamaan hubungan temperatur terhadap pixel yang digunakan adalah regresi linear dan polinomial orde 2.
4. Klasifikasi jenis awan terbatas pada awan *cirrus*, *stratocumulus*, dan *cumulonimbus*.
5. Klasifikasi terbatas pada citra yang diambil siang hari waktu lokal.

1.5 METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

2. Penentuan persamaan sebagai bahan dasar klasifikasi.
3. Analisis klasifikasi jenis awan

1.6 SISTEMATIKA PENULISAN

Berikut ini adalah sistematika penulisan seminar ini :

Pada Bab I berupa pendahuluan, akan dijelaskan latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, metodologi penelitian, dan sistematika penulisan.

Pada Bab II berupa penjelasan teori-teori yang mendukung dan melandasi penulisan skripsi, yaitu tentang konsep dasar satelit cuaca (NOAA), atmosfer, pengindraan jauh, dan beberapa komponen yang digunakan dalam sistem akuisisi.

Pada Bab III berupa penjelasan tentang sistem akuisisi dan langkah-langkah pengolahan citra yang dilakukan.

Pada Bab IV berupa penjelasan hasil akuisisi, pengolahan citra, kalibrasi dan analisisnya.

Pada Bab V berupa kesimpulan dari keseluruhan penelitian yang dilakukan dan saran untuk pengembangan lebih lanjut.

BAB II

TEORI DASAR

2.1 SATELIT

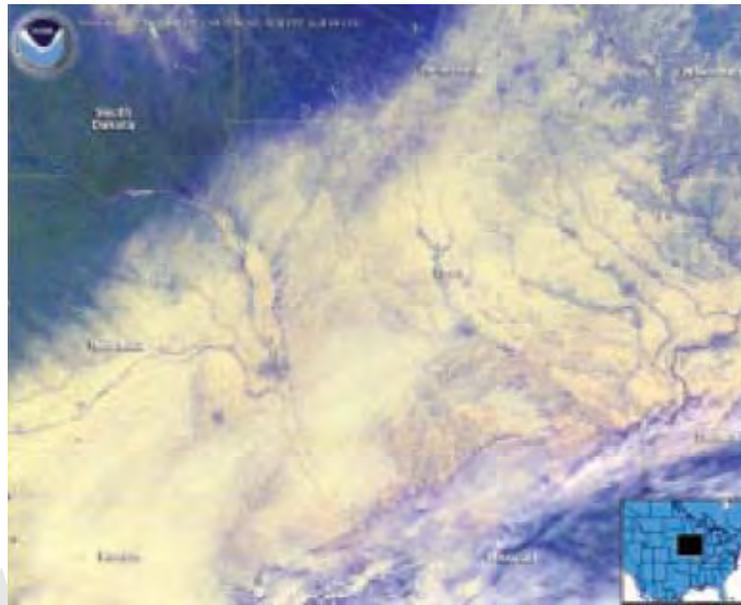
Pada awalnya, satelit digunakan untuk kebutuhan militer untuk kegiatan *spionase*/mata-mata. Seiring dengan perkembangan teknologinya, penggunaan satelit berlanjut untuk berbagai keperluan, tidak hanya militer, namun juga sipil. Kemampuan satelit mencakup daerah yang cukup luas menjadikannya sebagai kamera jarak jauh yang dapat mengumpulkan informasi tentang Bumi, di samping menjadi simpul penghubung jalur komunikasi telepon dan data pada satelit-satelit komunikasi. Gambar 2.1 menunjukkan ilustrasi foto salah satu satelit cuaca milik Amerika Serikat, yakni NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*).



Gambar 2.1 Satelit NOAA [1]

Satelit juga digunakan untuk penginderaan jauh. Misalnya digunakan untuk mendeteksi polusi air dan udara, melaporkan keadaan cuaca, mengumpulkan informasi mengenai cahaya kota, titik api/kebakaran, aurora, badai pasir dan debu, tutupan salju, dan daerah es. Gambar 2.2 adalah foto satelit

NOAA 16 yang menggambarkan daerah tutupan salju di USA pada 6 Februari 2002.



Gambar 2.2 Citra tutupan salju dari satelit NOAA-16 [1]

Sebuah sistem komunikasi satelit, secara umum dibagi menjadi dua segmen, yaitu *ground segment* dan *space segment*. Satelit itu sendiri termasuk kedalam *space segment*. Fasilitas *tracking, telemetry, and command (TT&C)* yang berada di *ground station* juga termasuk *space segment*. *Telemetry* mentransmisikan informasi tentang keadaan satelit, diantaranya adalah lingkungan satelit, arah dan intensitas medan magnet, intensitas tumbukan meteorit dengan satelit, temperatur satelit, *power supply voltage*, tekanan pada tempat penyimpanan bahan bakar. *Command subsystem* mempunyai fungsi menerima sinyal perintah dari *earth station*.

Berdasarkan orbitalnya, satelit dibagi menjadi tiga: (1) *low earth orbiters (LEO)*, (2) *medium earth orbiters (MEO)*, dan (3) *geostationary earth orbiters (GEO)*. LEO satelit berada pada *altitude* (ketinggian di atas permukaan laut) ratusan hingga ribuan kilometer. Satelit ini bergerak dengan kecepatan konstan terhadap permukaan Bumi dari kutub Bumi yang satu ke kutub Bumi yang lainnya, sehingga seringkali disebut sebagai satelit polar. *South bound* adalah pergerakan satelit dari arah selatan Bumi ke utara Bumi. *North bound* adalah arah sebaliknya. MEO satelit berada pada *altitude* sekitar 10.000 km. Sedangkan GEO

satelit berada pada *altitude* 40.000 km. GEO satelit mempunyai kecepatan revolusi satelit terhadap Bumi sama dengan kecepatan rotasi Bumi sehingga konstan selalu berada pada satu titik di atas permukaan Bumi.

Alokasi frekuensi untuk satelit diatur oleh International Telecommunication Union (ITU), dibagi menjadi tiga region [18] :

1. Region 1 : Eropa, Afrika, x-unisoviet, Mongolia
2. Region 2 : Utara dan Selatan Amerika dan Greenland
3. Region 3 : Asia, Australia, barat daya Pasifik

Secara umum, layanan satelit terbagi menjadi lima :

1. *Fixed satellite service* (FSS)
2. *Broadcasting satellite service* (BSS)
3. *Mobile satellite services*
4. *Navigational satellite services*
5. *Meteorological satellite services*

Setiap jenis layanan satelit di region yang berbeda mungkin memiliki frekuensi kerja yang berbeda pula. Layanan satelit tersebut dapat terbagi menjadi beberapa subdivisi. Misalnya, FSS melayani sambungan *fixed telephone* dan juga transmisi sinyal televisi untuk perusahaan *TV cable*.

Tabel II.1 *Frequency band designation* [18]

<i>Frequency Range, GHz</i>	<i>Band Designation</i>
0,1-0,3	VHF
0,3-1,0	UHF
1,0-2,0	L
2,0-4,0	S
4,0-8,0	C
8,0-12,0	X
12,0-18,0	Ku
18,0-24,0	K
24,0-40,0	Ka
40,0-100,0	mm

Tabel II.1 adalah daftar pita frekuensi yang biasa digunakan untuk layanan satelit. Ku band adalah pita frekuensi yang saat ini digunakan untuk broadcast satellite, selain itu juga digunakan untuk *fixed satellite service*. VHF band digunakan untuk mobile dan navigational services. Dan untuk transfer data dari weather satellite. L band digunakan untuk mobile satellite services dan navigation system. Namun tidak semua negara menggunakan alokasi pita frekuensi tersebut. Tabel II.2 adalah perubahan alokasi pita frekuensi baru.

Tabel II.2 *Modern frequency band designations* [18]

<i>Frequency Range, GHz</i>	<i>Band Designation</i>
0,1-0,25	A
0,25-0,5	B
0,5-1,0	C
1,0-2,0	D
2,0-3,0	E
3,0-4,0	F
4,0-5,5	G
5,5-8,0	H
8,0-10,0	I
10,0-20,0	J
20,0-40,0	K
40,0-60,0	L
60,0-100,0	M

2.1.1 NOAA

National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) membuat proyek seri satelit dengan nama Tiros-N (*Television and Infrared Observational Satellite*) series. Satelit NOAA termasuk satelit dengan orbit polar yaitu bidang edar berbentuk lingkaran yang melalui kutub dengan sudut inklinasi 90^0 . Orbit yang berbentuk lingkaran ini mempunyai ukuran diameter sekitar 6000 km. Tabel II.3 menjelaskan sejarah peluncuran dan misi satelit seri NOAA dan statusnya pada saat ini.

Tabel II.3 *Tiros-N (ATN) Spacecraft Designations and Launch Dates* [18]

<i>Prelaunch Designation</i>	<i>Date of Launch</i>	<i>In-Orbit Designation</i>	<i>Status</i>
<i>NOAA-A</i>	June 27, 1979	NOAA-6	Deactivated March 31, 1987
<i>NOAA-B</i>	May 29, 1980		Failed to reach orbit

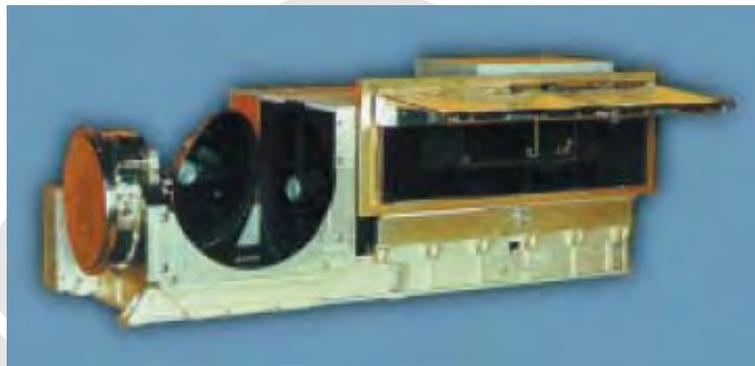
<i>NOAA-C</i>	June 23, 1981	NOAA-7	Deactivated June 1986
<i>NOAA-E</i>	March 28, 1983	NOAA-8	Lost December 1985
<i>NOAA-F</i>	December 12, 1984	NOAA-9	On-standby operation, some equipment failure
<i>NOAA-G</i>	September 17, 1986	NOAA-10	Currently in operation, some equipment failure
<i>NOAA-H</i>	September 24, 1988	NOAA-11	On-standby operation, some equipment failure
<i>NOAA-D</i>	May 14, 1991	NOAA-12	On-standby operation, some equipment failure
<i>NOAA-I</i>	August 9, 1993	NOAA-13	Failed after launching
<i>NOAA-K</i>	May 13, 1998	NOAA-15	Some equipment failure
<i>NOAA-L</i>	September 21, 2000	NOAA-16	Designation operational afternoon satellite
<i>NOAA-M</i>	June 24, 2002	NOAA-17	Designation operational morning satellite

Misi utama dari NOAA series adalah untuk *enviromental monitoring*. Dengan mengacu pada NOAA-J *satellite*, beberapa sensor dimuat dalam satelit tersebut, misalnya *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)* yaitu sensor yang digunakan untuk menentukan pergerakan, bentangan awan, tutupan vegetasi serta temperatur permukaan Bumi. *Solar Backscatter Ultraviolet Spectral Radiometer (SBUV) mod 2* yaitu mengukur *solar irradiance* dan *backscattered solar energy*, hal ini digunakan untuk menentukan kadar konsentrasi ozon. *Tiros Operational Vertical Sounder System (TOVS)* untuk mengukur *radiant energy* dari beberapa altitude di atmosfer, sehingga dapat menentukan temperatur atmosfer. *Space Environmental Monitor (SEM)* untuk mengukur populasi dari sabuk radiasi Bumi, hal ini digunakan untuk mendapatkan informasi tentang *solar particle energy* dan bahaya badai matahari.

NOAA-N *spacecraft* membawa beberapa instrumen/*sensor*. Berikut ini adalah instrumen utamanya:

1. *Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR/3)*

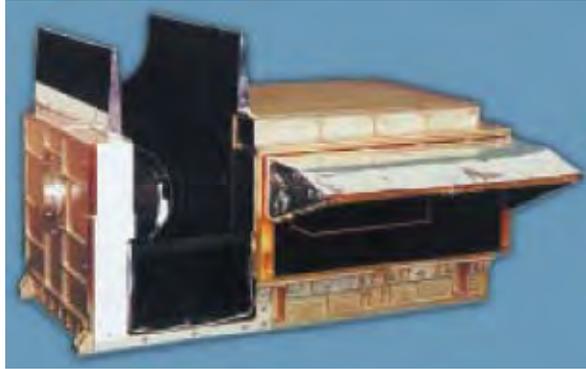
Sensor AVHRR/3 mempunyai enam kanal yang mendeteksi energi dari cahaya tampak dan IR dari spektrum gelombang elektromagnetik. Instrumen ini mengukur pantulan energi matahari dan radiasi energi panas dari daratan, laut, dan awan. Gambar 2.3 menunjukkan sensor AVHRR/3.



Gambar 2.3 Foto sensor AVHRR/3 [1]

2. *High Resolution Infrared Radiation Sounder (HIRS/4)*

Instrumen ini mengukur radiasi dari Spektrum IR. Data dari HIRS/4, bersama AMSU instrumen, digunakan untuk menghitung temperatur atmosfer secara vertikal dari permukaan Bumi hingga mencapai ketinggian 40 km. Data dari instrumen ini juga digunakan untuk menentukan temperatur permukaan air laut, kadar total kandungan ozone pada atmosfer, ketebalan dan luas cakupan awan. Gambar 2.4 menunjukkan instrumen HIRS/4.



Gambar 2.4 Sensor HIRS/4 [1]

3. *Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A)*

Instrumen ini bekerja bersama instrumen HIRS mengkalkulasi temperatur atmosfer dan kelembaban udara dari permukaan Bumi hingga ke lapisan *upper stratosphere*. Pengukuran instrumen ini juga meliputi daerah tutupan salju, konsentrasi es di laut, dan kelembaban tanah. Gambar 2.5 menunjukkan instrumen AMSU.



Gambar 2.5 Sensor AMSU-A1 dan AMSU-A2 [1]

4. *Microwave Humidity Sounder (MHS)*

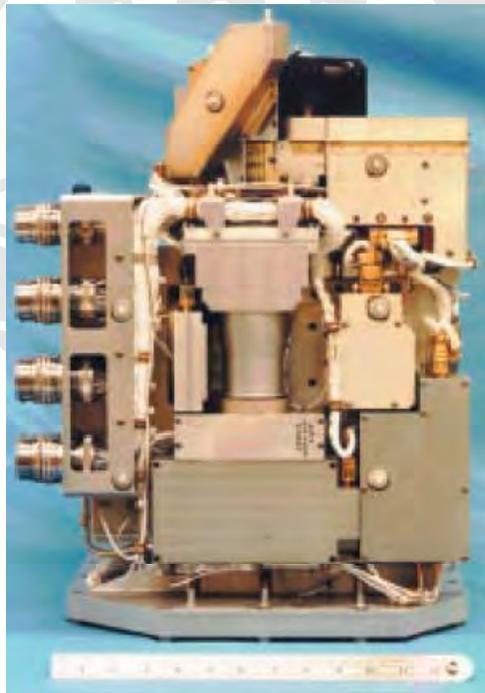
Instrumen ini digunakan untuk mengukur kelembaban atmosfer. Selain itu juga digunakan untuk mengukur kandungan air pada awan. Gambar 2.6 menunjukkan Instrumen MHS.



Gambar 2.6 Sensor MHS [1]

5. *Solar Backscatter Ultraviolet Radiometer (SBUV/2)*

Instrumen ini membawa dua modul, yaitu sensor modul dengan optical detector dan electronic modul. SBUV digunakan untuk mengukur *solar irradiance* dan *earth radiance (backscattered solar energy)*. Gambar 2.7 menunjukkan instrumen SBUV/2.



Gambar 2.7 Sensor SBUV/2 [1]

2.1.2 AVHRR/3

AVHRR/3 (*Advanced Very High Resolution Radiometer*) digunakan untuk pencitraan meteorologi. Analog data output didijitalisasi dengan rate 39936 sampel per detik per kanal. Proses *scanning* menggunakan enam kanal spektrum. Instrumen ini mempunyai bobot 33,112 kg, dimensi 31,33 x 14,35 x 11,5 inch, daya rata-rata 27 W, diameter *telescope* 8 inch, instrumen temperatur 10⁰C – 30⁰C (ketika operasi)[2]. Tabel II.4 menunjukkan karakteristik setiap kanal.

Tabel II.4 Ringkasan karakteristik kanal spektrum AVHRR/3

Parameter	Ch. 1	Ch. 2	Ch. 3A	Ch. 3B	Ch. 4	Ch. 5
<i>Spectral Range</i> (µm)	0,58-0,68	0,725-1,0	1,58-1,64	3,55-3,93	10,3-11,3	11,5-12,5
Tipe Detektor	Silicon	Silicon	InGaAs	InSb	HgCdTe	HgCdTe
Resolusi (km)	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09	1,09
S/N @ 0.5% albedo	≥9:1	≥9:1	≥20:1	-	-	-
<i>Temperature Range</i> (K)	-	-	-	180 - 335	180 - 335	180 – 335
<i>Typical use</i>	Pemetaan day time cloud dan permukaan	Batas daratan dan perairan	Deteksi es dan salju	Pemetaan night cloud, suhu permukaan laut	Pemetaan night cloud, suhu permukaan laut	Suhu permukaan laut

AVHRR/3 mempunyai enam kanal. Kanal 1 digunakan untuk pemetaan awan siang dan permukaan Bumi. Kanal 2 untuk memetakan batas dan perbedaan antara darat dan lautan. Kanal 3A digunakan untuk mendeteksi salju dan es. Kanal 3B dan kanal 4 untuk melakukan pemetaan awan pada malam hari dan suhu permukaan laut. Kanal 5 dianalisis dalam penentuan suhu permukaan laut.

2.1.3 Direct Broadcast Downlinks

Direct Broadcast merupakan layanan pemberian data satelit langsung dari satelit ke *users*. Ada tiga jenis tipe dari *Direct Broadcast* : (1) HRPT, (2) VHF *beacon transmission*, dan (3) APT.

1. High Resolution Picture Transmission (HRPT)

Sistem ini mentransmisikan data secara digital dan memiliki kandungan data dari semua instrumen yang ada pada satelit NOAA, yaitu informasi dari *sensor* TIP, AIP dan AVHRR/3. Data dari AVHRR/3 terdiri enam *kanal* dengan resolusi 1 km untuk setiap pikselnya pada titik nadir. TIP adalah data berupa posisi dan perilaku satelit, *time code*, perawatan satelit, dan data instrumen HIRS, SEM, DCS, dan SBUV. Sedangkan data AIP berupa data instrumen AMSU-A dan MHS. Sistem ini membutuhkan antena parabola berdiameter 90 cm dengan kemampuan *tracking*. Diantara ketiga jenis layanan *Direct Broadcast*, sistem ini yang paling membutuhkan peralatan kompleks dan mahal.

2. Very High Frequency (VHF) Beacon Transmission

Sistem ini mentransmisikan data TIP (HIRS, SEM, DCS, dan SBUV).

3. Automated Picture Transmission (APT) Data

Automatic Picture Transmission (APT) mentransmisikan data dari AVHRR/3. Resolusi data *stream* tersebut direduksi menjadi 4 km per *pixel*. Hanya ada dua kanal AVHRR/3 yang bisa ditransmisikan setiap kali dilakukan pengiriman data. Sistem ini bekerja secara analog pada pita frekuensi VHF, yaitu sekitar 137 MHz. Antena sederhana seperti *dipole* dan *helix* dapat digunakan. Antena ini tidak memerlukan kemampuan *tracking* untuk menerima data satelit.

2.2 ATMOSFER

Atmosfer Bumi ini mempunyai kandungan gas nitrogen (volume 78,08 %), oksigen (20,95 %), argon (0,93 %), karbon dioksida (0,033 %), dan gas-gas

lainnya dengan persentase volume yang lebih kecil (dengan jumlah kurang dari 0,003 % dari total volume) yaitu neon, helium, kripton, xenon, hidrogen, ozon, metan dan nitrogen oksida.[19]

Atmosfer terbagi menjadi empat perlapisan secara vertikal yaitu troposfer (0-12,5 km), stratosfer (12,5-50 km), mesosfer (50-80 km) dan termosfer atau ionosfer (di atas 80 km). Seluruh alam dan iklim terjadi di lapisan troposfer, yaitu lapisan atmosfer yang paling rendah. Lapisan ini mengandung 75 % dari total kandungan gas dan aerosol yang ada di atmosfer. Semakin tinggi dari permukaan laut, maka temperatur udara semakin menurun $6,4^{\circ}\text{C}/\text{km}$.

Pada lapisan stratosfer, terdapat sejumlah besar gas ozon. Lapisan ozon ini dapat menyerap sejumlah besar radiasi ultraviolet yang berasal dari matahari. Lapisan antara lapisan stratosfer dengan lapisan troposfer dikenal dengan lapisan tropopause.

Lapisan di atas lapisan stratosfer adalah lapisan mesosfer. Pada lapisan ini, temperatur rata-rata mencapai titik minimum yaitu sekitar -133°C (140 K). Di antara lapisan stratosfer dengan mesosfer terdapat lapisan stratopause. Antara lapisan stratopause dengan lapisan termosfer yang lebih rendah, lebih dikenal dengan *middle atmosphere*. Pada lapisan ini juga masih terkandung lapisan ozon dengan jumlah yang lebih sedikit dibandingkan dengan yang ada pada lapisan stratosfer. Kandungan ozon ini terdapat pada lapisan mesosfer yang paling rendah.

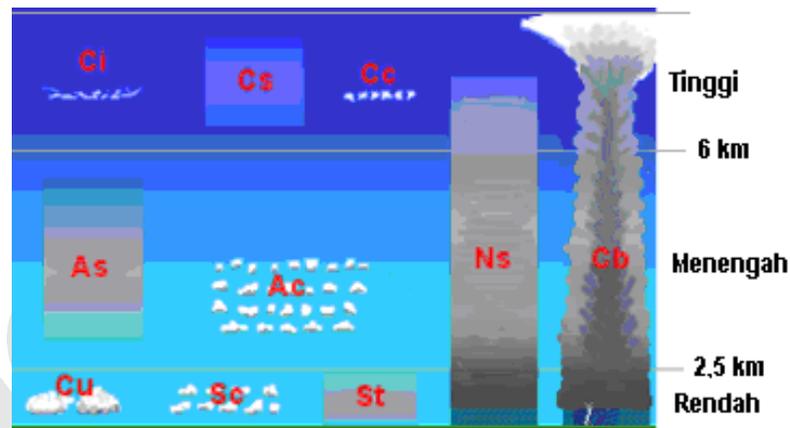
Lapisan berikutnya adalah termosfer. Lapisan ini mempunyai kepadatan udara yang sangat rendah. Pada ketinggian di atas 100 km, atmosfer mulai dipengaruhi oleh radiasi kosmik, *solar X-rays*, dan radiasi ultraviolet. Hal ini menyebabkan terjadinya ionisasi. Aurora Borealis dan Aurora Australis disebabkan oleh adanya penetrasi partikel yang terionisasi ke daerah pada ketinggian sekitar 300 km hingga 80 km. Fenomena ini terjadi terutama pada daerah 10° - 20° lintang dari kutub magnetik Bumi.

2.2.1 Awan

Di atmosfer terdapat butiran-butiran air kecil (*water droplets*) hasil kondensasi atau kristal yang membeku yang mengambang di atmosfer, biasanya berdiameter 0,01 mm. Sehingga jika ada milyaran yang berkumpul dengan

kepadatan tertentu, butiran-butiran air atau kristal ini akan menjadi kasat mata. Hal seperti ini disebut awan.

Awan merupakan nada dari kondisi stabil di atmosfer. Sehingga, langit yang bebas awan diasosiasikan dengan kondisi antisiklonik atau pengaruh dari udara kontinental yang kering, sementara itu keadaan mendung pada wilayah yang luas menunjukkan ketidakstabilan. [4]



Gambar 2.8 Klasifikasi awan[12]

Gambar 2.8 merupakan tipe-tipe utama awan. Ada sepuluh tipe utama awan, yaitu *Cirrus* (Ci), *Cirrostratus* (Cs), *Cirrocumulus* (Cc), *Altostratus* (As), *Alto cumulus* (Ac), *Cumulus* (Cu), *Stratocumulus* (Sc), *Stratus* (St), *Nimbostratus* (Ns), dan *Cumulonimbus* (Cb). Awan-awan tersebut diberi nama dengan bahasa Latin menurut karakteristiknya : *Cirrus* (rambut), *Stratus* (lapisan), *Cumulus* (Tumpukan/gumpalan), dan *Nimbus* (membawa hujan).



Gambar 2.9 Awan *Cirrus* [11]

Awan tipe *cirrus* tidak termasuk awan yang menurunkan hujan (air atau salju). Awan ini terletak pada *altitude* di atas 7 km dan berbentuk seperti rambut atau filamen tipis. Tipe ini memantulkan kembali radiasi inframerah (panas) dari permukaan Bumi (*greenhouse effect*). Tapi juga memantulkan sinar matahari kembali ke luar Bumi. Jika terdapat banyak awan *cirrus* di atmosfer, biasanya berarti akan terjadi perubahan cuaca dalam waktu 24 jam. Awan ini juga biasa muncul setelah terjadi badai. Gambar 2.8 menunjukkan foto awan *cirrus*.



Gambar 2.10 Awan *Cirrostratus* [10]

Awan tipe *cirrostatus* berada pada *altitude* di atas 6 km. Awan ini terlihat seperti tabir tipis yang menyelimuti seluruh langit sehingga dapat terjadi *halo*

phenomena. Awan ini menandakan akan turun hujan pada 12-24 jam berikutnya. Gambar 2.10 menunjukkan foto awan *cirrostratus*.



Gambar 2.11 Awan *Cirrocumulus* [8]

Awan *cirrocumulus* berada pada ketinggian di atas 6 km. Awan ini pembawa *water droplets* (potensi hujan), namun tetap tampak berwarna putih tidak seperti seperti *cumulonimbus* atau *nimbostratus* berwarna abu-abu. Awan ini bisa bertransformasi menjadi *altocumulus* atau *cirrostratus*. Gambar 2.11 menunjukkan foto awan *cirrocumulus*.



Gambar 2.12 Awan *Altostratus* [7]

Altostratus berada pada ketinggian 2-5 km serta berwarna abu-abu, lebih terang dari *nimbostratus* dan lebih gelap dari *cirrostratus*. Terkadang, terlihat sinar matahari menembus awan ini. Awan *altostratus* berpotensi membahayakan penerbangan, karena dapat terjadi *ice accretion*, yaitu terbentuknya lapisan es pada dinding luar pesawat. Gambar 2.12 menunjukkan foto awan *altostratus*.



Gambar 2.13 Awan *Altostratus* [6]

Awan *altocumulus* berada pada ketinggian 2,4-6,1 km. Awan ini mempunyai karakteristik berbentuk globular-globular pada layernya, setiap globularnya lebih luas dan gelap dari pada *cirrocumulus* dan lebih kecil dari pada *stratocumulus*. *Altostratus* sering kali didahului oleh udara dingin, dan jika kedatangannya membuat udara menjadi hangat, lembab, dan ketika pagi hari pada musim panas artinya pertanda akan terbentuknya badai disertai petir. Gambar 2.13 menunjukkan foto awan *altocumulus*.



Gambar 2.14 Awan *Stratocumulus*, foto diambil di gunung Beskids, Czech Republic [14]

Karakteristik dari awan *stratocumulus* adalah mempunyai area yang luas dan gelap, tiap elemen lebih luas dari pada *altocumulus* dan terdiri dari gumpalan-gumpalan awan yang biasanya berada dalam grup, garis, atau gelombang. Secara umum, *stratocumulus* hanya membawa hujan gerimis namun sering kali merupakan awal dari cuaca yang lebih buruk. Awan ini berada pada ketinggian di bawah 2,4 km. Gambar 2.14 menunjukkan foto awan *stratocumulus*



Gambar 2.15 Awan *Stratus* [15]

Awan *stratus* mempunyai karakteristik berupa lapisan tipis berwarna abu-abu gelap mendekati putih, membawa gerimis kecil, berada pada *altitude* di bawah 2 km. Cuaca yang berawan biasanya berarti seluruh langit ditutupi oleh awan *stratus*. Gambar 2.15 menunjukkan foto awan *stratus*.



Gambar 2.16 Awan *Nimbostratus* [13]

Awan *nimbostratus* berada pada ketinggian di bawah 2,4 km, berwarna abu-abu gelap. *Nimbo* diambil dari bahasa latin *nimbus* yang berarti hujan. Awan pembawa hujan ini mempunyai hamparan yang luas dan mempunyai ketebalan 2-3 km sehingga menghalau sejumlah besar sinar matahari untuk jatuh kepermukaan Bumi. Gambar 2.16 menunjukkan foto awan *nimbostratus*.



Gambar 2.17 Awan *Cumulonimbus capillatus incus* [9]

Karakteristik awan *cumulonimbus* (hujan besar disertai badai dan petir) adalah mempunyai ketebalan dan densitas yang besar. Gambar 2.17 menunjukkan foto awan *cumulonimbus*.

Awan dapat menyebabkan efek pembauran dari radiasi matahari yang jatuh ke permukaan Bumi. Sehingga intensitas radiasi matahari akan menurun dengan meningkatnya ketebalan/kepadatan awan. Tutupan awan ini juga

menyebabkan adanya sebagian radiasi matahari yang dipantulkan. Proporsi pemantulan radiasi ini disebut *albedo*, atau koefisien refleksi. Tabel II.5 menunjukkan tingkat albedo beberapa jenis permukaan yang berbeda.

Tabel II.5 Albedo beberapa macam permukaan [19]

Planet earth	0,31
Global surface	0,14-0,16
Global cloud	0,23
Cumulonimbus	0,9
Stratocumulus	0,6
Cirrus	0,4-0,5
Fresh snow	0,8-0,9
Melting snow	0,4-0,6
Sand	0,30-0,35
Grass, cereal crops	0,18-0,25
Deciduous forest	0,15-0,18
Coniferous forest	0,09-0,15
Tropical rainforest	0,07-0,15
Water bodies	0,06-0,10

2.3 PENGINDRAAN JAUH

Pengindraan jauh (*Remote Sensing*) merupakan suatu teknik untuk mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungannya dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Teknik ini menghasilkan beberapa bentuk citra yang selanjutnya diproses dan diinterpretasi yang selanjutnya akan menghasilkan data yang bermanfaat untuk aplikasi dibidang pertanian, perikanan, arkeologi, kehutanan, geografi, geologi, dan perencanaan. Informasi tentang objek yang disampaikan ke pengamat melalui energi elektromagnetik. Yang merupakan pembawa informasi dan sebagai penghubung komunikasi [4].

Dalam skripsi ini pengindraan jauh digunakan untuk menentukan jenis dan posisi koordinat awan. Berikut ini merupakan perangkat yang bekerja pada sistem akuisisi.

2.3.1 WxtoImg

Salah satu bagian yang terintegrasi dari sistem penerimaan data satelit adalah aplikasi perangkat lunak. Dalam hal ini, Departemen Teknik Elektro FTUI

menggunakan aplikasi **WxtoImg**. Aplikasi ini melakukan proses *recording* ketika satelit cuaca tersebut melewati *earth station* kemudian melakukan *decoding* dari sinyal satelit ke dalam bentuk citra.

WxtoImg dihubungkan ke 137-138MHz FM *communications receiver* melalui *soundcard*. Berikut ini jenis *communications receiver* yang dapat beroperasi bersama **WxtoImg** : AOR (AR3000, AR5000, etc.), Bearcat (BC895XLT, BC780XLT, BC245XLT, etc.), Yaesu (FT-817, FT-847, VR-5000, etc.), Kenwood (TS-870S, etc.), ICOM (IC-PCR100, IC-PCR1000, IC-PCR1500, IC-PCR2500, IC-R7000, IC-R7100, IC-R8500, IC-R9000, IC-R10, IC-R20, etc.) R2F, R3F, R2FX, R2ZX, RX2, Timestep PROscan, SAN 200, dan WRX-137.

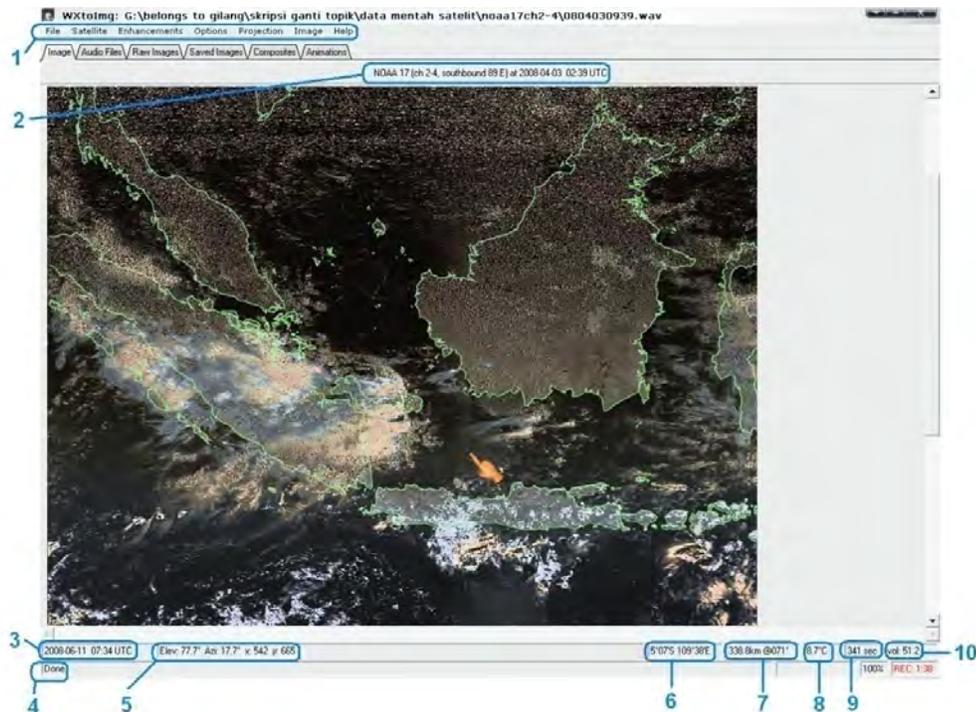
Input audio berupa file AU (.au), WAVE (.wav), atau raw (8-bit *unsigned* atau 16-bit *signed* LSB) format. Sedangkan output berupa citra dalam format JPEG, BMP, AVI, PNG, PNM, PPM, dan PBM.

Layanan yang dapat diberikan *software* ini diantaranya adalah *map overlay, colour enhancement, 3-D images, animations, multi-pass images, projection transformation, text overlay, temperature display*, dan kendali terhadap peralatan *receiver*, diantaranya adalah *communication receivers*, dan *scanners*.

Pada *menu enhancement*, citra satelit dapat diolah berdasarkan jenis informasi yang ingin diperoleh. Ada beberapa macam tipe *enhancement* untuk NOAA polar satelit, yaitu *pristine, contrast enhance, black and white, MCIR map colour IR, MSA multispectral analysis, MSA precipitation, MSA anaglyph false 3-D, HVCT false-colour, HVCT precipitaton, HVC false-colour, sea surface temp, daylight sea surface temp, vegetation, anaglyph false 3-D, colour anaglyph false 3-D, class enhancement, NO colour IR enhancement, ZA general IR enhancement, MB thunderstorm, MD warm season, BD hurricane, CC enhancement, EC enhancement, HE western US, HE new western US, JF simple sea surface/cold cloud, JJ sea surface/cold cloud, LC fog/low cloud/precip, TA enhancement*, dan *WV water vapour*.

Pada skripsi ini menggunakan *enhancement HVC false-colour*. Tipe *enhancement* ini digunakan sebagai referensi pembandingan terhadap citra hasil pendekatan dengan regresi. *HVC false-colour* menggabungkan kanal A dengan

kanal *B* untuk mendeteksi awan. Tingkatan temperatur awan pada citra diwakili oleh gradasi warna : temperatur paling rendah diwakili oleh warna paling cerah (mendekati putih) sedangkan temperatur paling tinggi diwakili oleh warna paling gelap. Gambar 2.19 menunjukkan *snapshot WxtoImg* :



Gambar 2.18 *Snapshot* aplikasi wxtoimg

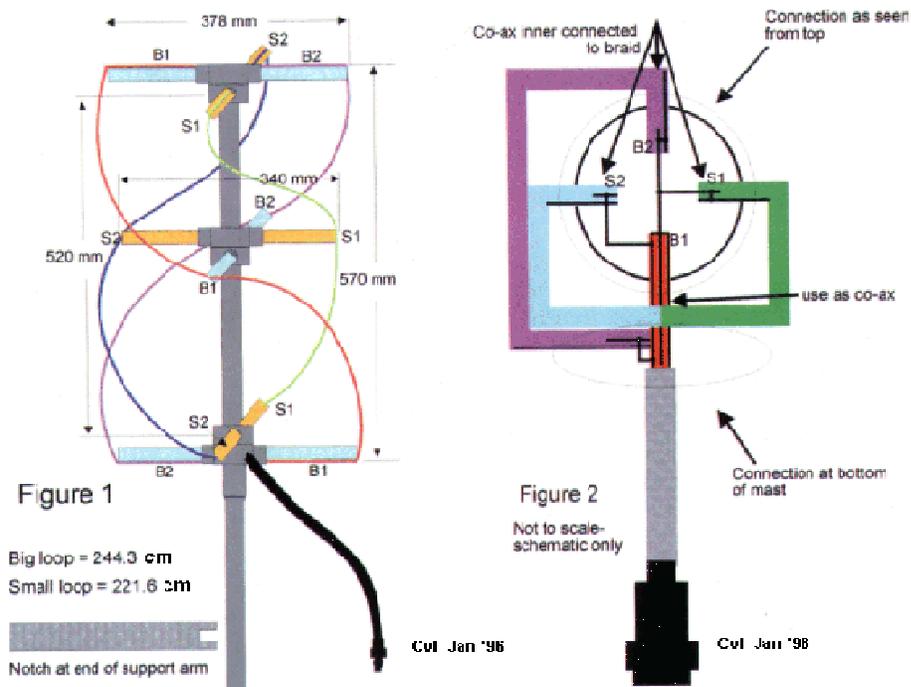
Baris pertama adalah baris *menu*. Baris berikutnya, dengan label nomor 2 adalah baris informasi. Baris ini berisi tipe satelit (arah, sudut elevasi maksimum, dan azimuth), tanggal, dan waktu pada saat proses *scanning* berlangsung. Label nomor 3 hingga 12 adalah baris status, berturut-turut : tanggal dan waktu ; status proses dan informasi peringatan ; sudut elevasi satelit, sudut azimuth, koordinat matriks ; posisi koordinat peta ; jarak dari *ground station* ke tempat yang ditunjuk *cursor* ; temperatur ; jumlah detik pada saat proses *recording* ; dan *volume* pada saat *recording*.

2.3.2 QFH Antenna

Quadrafilar Helix (QFH) antenna dapat digunakan untuk berkomunikasi dengan satelit NOAA. Antenna ini mempunyai empat filar, dua filar merupakan

loop dengan ukuran yang lebih besar (loop B) dan yang lainnya mempunyai ukuran yang lebih kecil (loop S). Masing-masing filar menggunakan kabel co-ax dan diisolasi dengan pipa PVC terhadap penyangga. Keempat filar berbentuk helix dengan arah *counter-clockwise* dengan masing-masing filar merupakan setengah lingkaran.

Arm merupakan penghubung antara filar dengan penyangga. *Arm* mempunyai panjang setengah dari panjang total dan diisolasi dengan pipa PVC. Antara *arm* yang satu dengan yang lainnya mempunyai lebar sudut 90° . Gambar 2.20 menunjukkan konstruksi antenna QFH.



Gambar 2.19 QFH antenna [5]

BAB III

SISTEM DAN METODOLOGI PENGOLAHAN CITRA

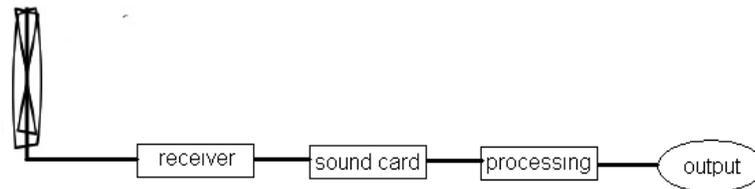
3.1 DATA AKUISISI

Sistem data akuisisi Dept. Elektro FTUI dapat secara otomatis mendeteksi dan menerima sinyal informasi dari satelit ketika melewati sistem. Sinyal informasi ditangkap oleh QFH antenna kemudian dipisahkan dari *carrier*-nya oleh radio penerima. Radio penerima yang digunakan adalah KENWOOD TS-2000. Radio ini dapat berfungsi sebagai pengirim dan penerima sinyal. *Transceiver* ini bekerja dengan frekuensi sinyal informasi dari HF hingga 1.2 GHz. Gambar 3.1 menunjukkan foto radio penerima.



Gambar 3.1 Radio penerima

Setelah sinyal informasi didapatkan, *sound card* akan bekerja untuk mengubah data analog menjadi data digital. Kemudian sinyal digital diolah dan direkam dalam bentuk file **wave**. File ini yang selanjutnya akan digunakan pada tahap selanjutnya, yaitu pengolahan citra.



Gambar 3.2 Blok diagram sistem penerima

Untuk mendapatkan data satelit melalui transmisi APT, *fillar* antenna QFH yang digunakan harus mempunyai arah *anti-clock wise* (jika dilihat dari atas). Hal ini dikarenakan transmisi APT menggunakan jenis polarisasi *right hand circular polarisation* (RHCP). Gambar 3.3 menunjukkan foto antenna QFH yang digunakan pada sistem akuisisi.



Gambar 3.3 Foto antenna QFH Dept. Elektro FTUI

3.2 PENGOLAHAN CITRA

Pengolahan citra menggunakan dua macam *software* : **WxtoImg** dan Perangkat lunak analisis matematis. Pada WxtoImg, data diolah hingga menghasilkan data level 2. Selanjutnya, Perangkat lunak analisis matematis akan mengklasifikasikan awan berdasarkan albedo dan temperatur kemudian objek akan ditentukan posisi koordinatnya. Berikut ini adalah level data satelit[3]:

1. Data Level 0

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

2. Data Level 1a

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

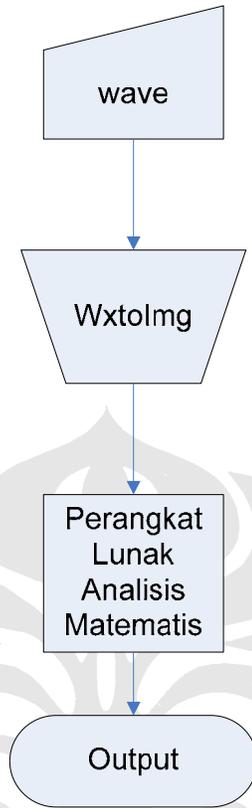
3. Data Level 1b

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

4. Data Level 2

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

Data yang digunakan untuk analisis tutupan awan ini adalah data dari kanal 2 dan 4. Data yang sudah berada dalam bentuk *file wave* diproses lebih lanjut menggunakan **WxtoImg** untuk kemudian menghasilkan citra yang mempunyai informasi temperature. Secara umum, proses pengolahan citra ditunjukkan pada Gambar 3.4.

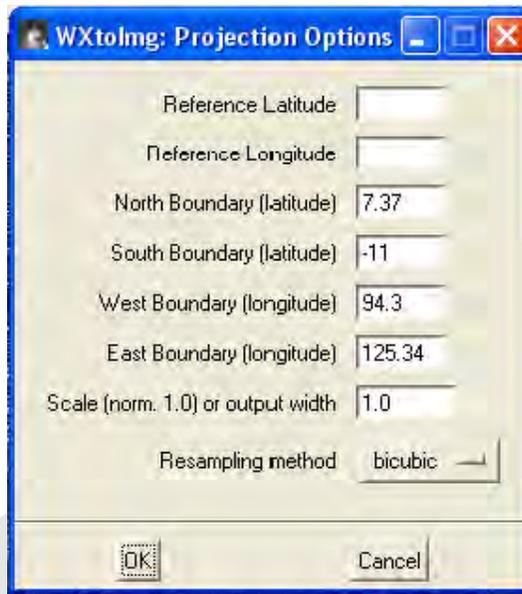


Gambar 3.4 *Flowchart* pengolahan citra

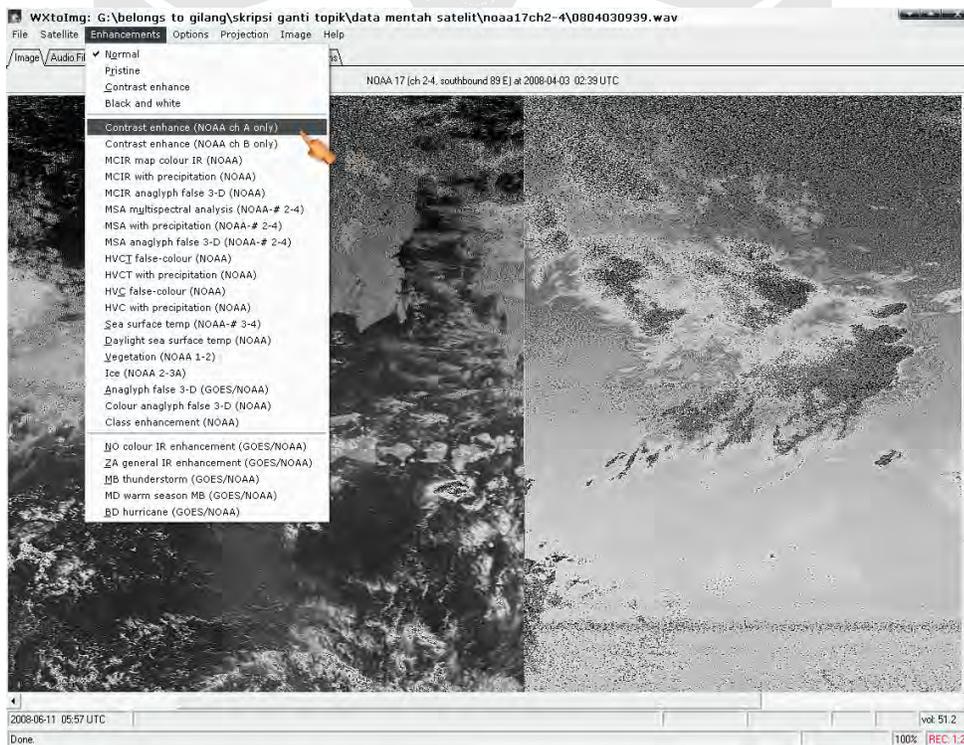
3.2.1 Pengolahan Pada WxtoImg

Untuk mengambil citra terbatas pada wilayah Indonesia saja, maka perlu menentukan batas-batas proyeksi terlebih dahulu. Hal ini dapat dilakukan pada *projection option* di *menu options* (lihat Gambar 3.5). Wilayah Indonesia yang diambil adalah dari Sumatra hingga Sulawesi, Papua tidak dimasukkan karena proses *scanning* satelit memang tidak menjangkau wilayah tersebut.

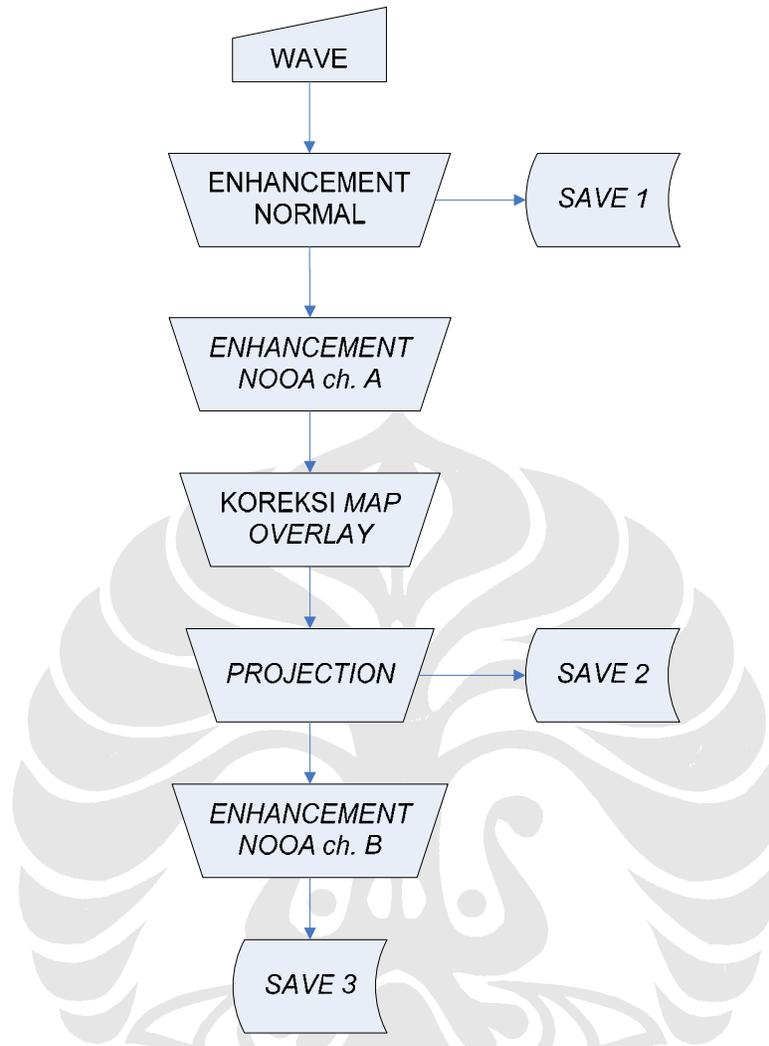
Langkah pertama pengolahan citra pada **WxtoImg** adalah membuka file **wave**, sebagai input dari proses, pada *menu open*. Selanjutnya adalah memilih *contrast enhance* (NOAA *ch. A only*) pada *menu enhancement* (lihat Gambar 3.6). Citra disimpan dalam bentuk format **bmp** (*save 1*). Gambar 3.7 adalah urutan pengolahan citra pada **WxtoImg**.



Gambar 3.5 Projection option



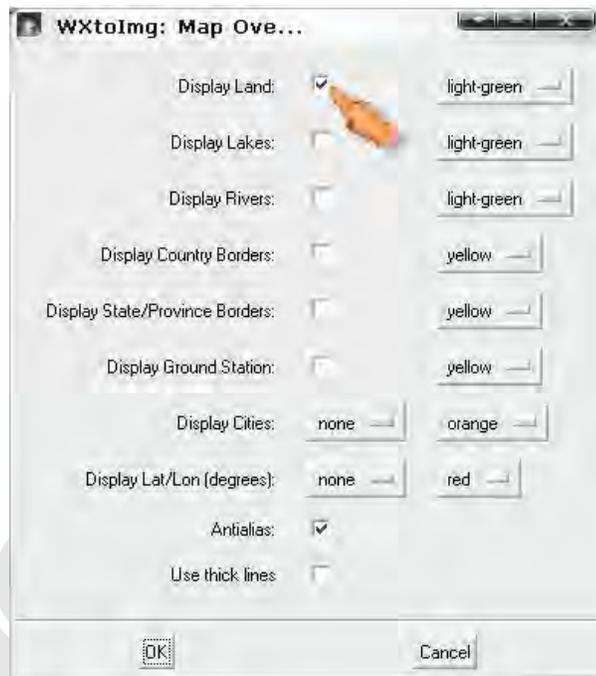
Gambar 3.6 Display Wxtolmg



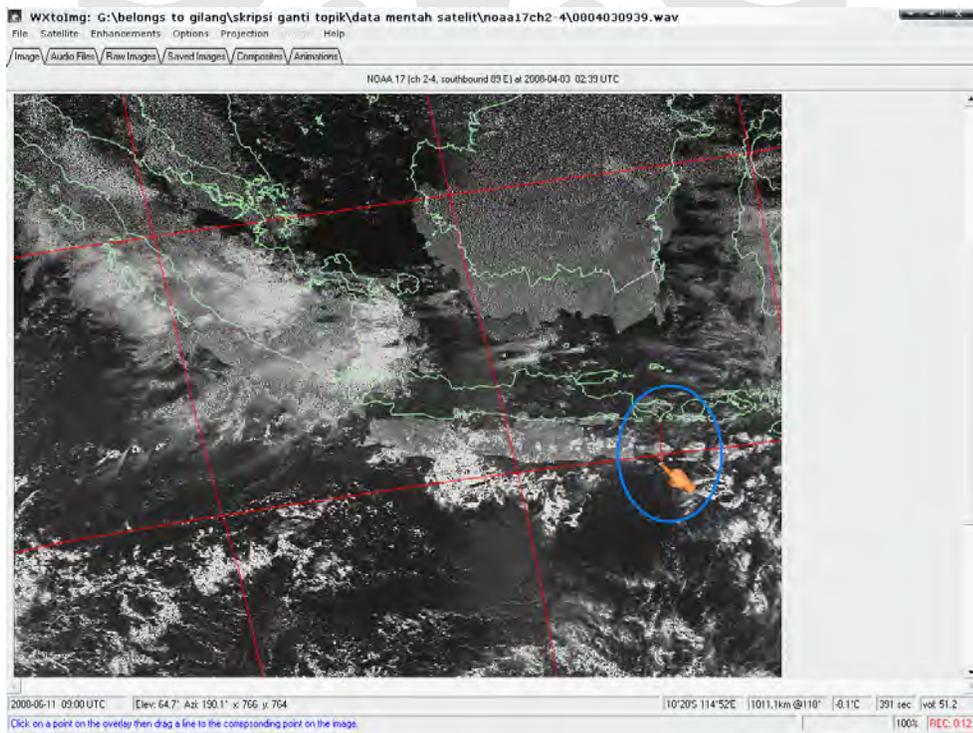
Gambar 3.7 Flowchart pengolahan citra pada WxtoImg

Untuk melakukan koreksi *map overlay*, perlu ditampilkan garis daratan terlebih dahulu. Setelah itu, koordinat dapat dikoreksi dengan menggerakkan garis daratan (berwarna hijau) ke titik yang bersesuaian pada peta. Garis daratan dapat ditampilkan pada *menu option \ map overlay options*. Gambar 3.8 menunjukkan tampilan GUI untuk *map overlay option*.

Untuk menggerakkan garis daratan dapat menggunakan *move map overlay* pada *menu image*. Bagian yang ditandai pada Gambar 3.9 menunjukkan cara untuk menggerakkan garis daratan.



Gambar 3.8 *Display map overlay options*



Gambar 3.9 *Display untuk menggeser map overlay*

Tahap berikutnya adalah memilih tipe proyeksi *mercator* pada *menu projection* untuk koreksi geometris. Kemudian image disimpan dalam bentuk format **bmp** (*save 2*). untuk mendapatkan citra kanal *B* tipe *enhancements* diganti menjadi *contrast enhance* (NOAA *ch. B only*), kemudian *file* juga disimpan dalam format **bmp** (*save 3*).

3.2.2 Pengolahan Pada Perangkat Lunak Analisis Matematis

Gambar 3.10 merupakan *flowchart* yang digunakan dalam analisis matematis. Dengan menggunakan regresi, pada Perangkat lunak analisis matematis, dapat dicari hubungan antara temperature dengan nilai pixel.

Dalam skripsi ini, menggunakan variasi regresi : regresi linear dan polinomial. Titik-titik *sample* diambil secara acak sebanyak 40 titik *sample*. Nilai temperature dilihat secara manual pada label 8 di **WxtoImg** (lihat Gambar 2.20). Sedangkan nilai pixel pada titik yang sama dapat diambil di Perangkat lunak analisis matematis.

Persamaan regresi linear yang akan didapatkan adalah :

$$y = a_1x + a_0 \dots\dots\dots(3.1)$$

dengan,

$$a_1 = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \dots\dots\dots(3.2)$$

dan,

$$a_0 = \bar{y} - a_1 \bar{x} \dots\dots\dots(3.3)$$

Sedangkan untuk regresi polinomial orde 2 adalah :

$$y = a_1x^2 + a_1x + a_0 \dots\dots\dots(3.4)$$

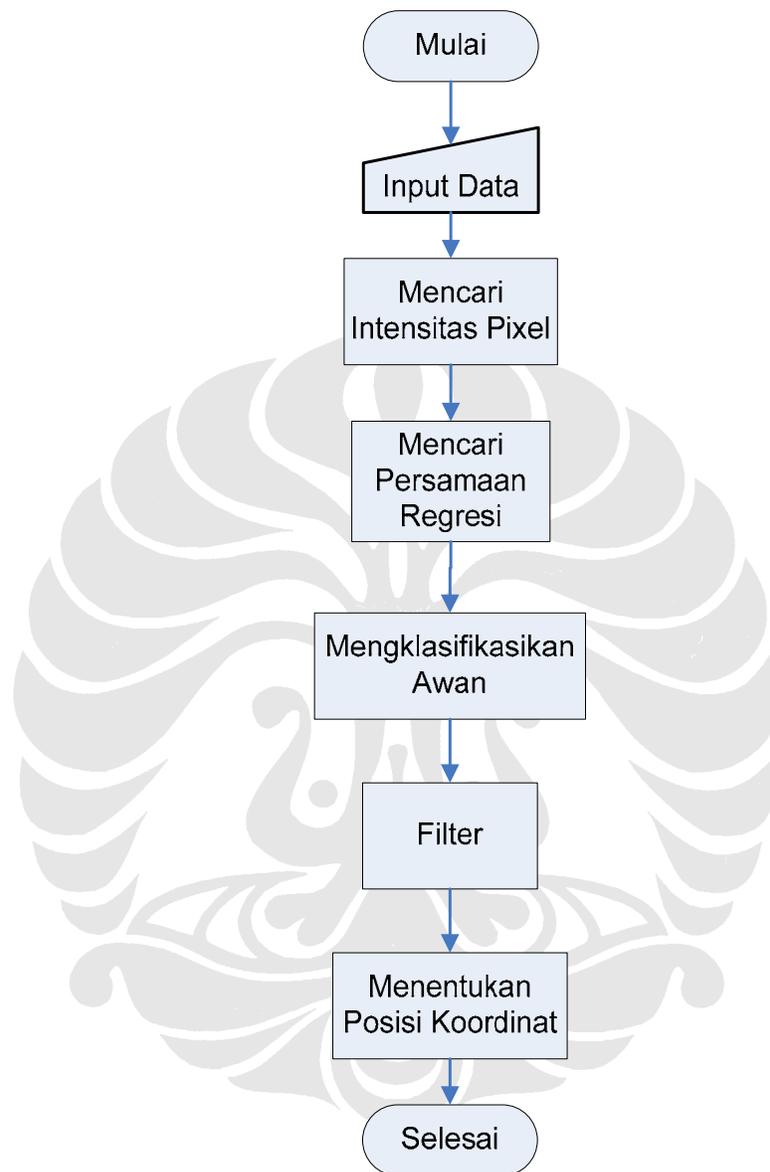
dengan,

$$a_0 + a_1 \sum x_i + a_2 \sum x_i^2 = \sum y_i \dots\dots\dots(3.5)$$

$$a_0 \sum x_i + a_1 \sum x_i^2 + a_2 \sum x_i^3 = \sum x_i y_i \dots\dots\dots(3.6)$$

$$a_0 \sum x_i^2 + a_1 \sum x_i^3 + a_2 \sum x_i^4 = \sum x_i^2 y_i \dots\dots\dots(3.7)$$

Ketiga persamaan tersebut diselesaikan dengan menggunakan eliminasi



Gambar 3.10 *Flowchart* klasifikasi jenis awan dan penentuan posisi koordinat

Untuk melihat keterkaitan antara nilai estimasi dengan nilai aktualnya, parameter yang digunakan adalah koefisien korelasi r . Besar dari koefisien korelasi ini adalah 0-1. Nilai 0 artinya persamaan hasil regresi tersebut tidak dapat dijadikan acuan untuk perhitungan, sedangkan nilai 1 adalah sebaliknya.

$$r = \sqrt{\frac{S_t - S_r}{S_t}} \dots \dots \dots (3.8)$$

dengan,

$$S_r = \sum_{i=1}^n (y_i - a_0 - a_1 x_i - a_2 x_i^2)^2 \dots \dots \dots (3.9)$$

dan,

$$S_t = (y_i - \bar{y})^2 \dots \dots \dots (3.10)$$

Setelah mendapatkan persamaan, persamaan tersebut digunakan sebagai dasar penentuan pixel pada kanal 4. Setiap titik pixel mewakili temperatur. Kemudian dilakukan determinasi awan dengan daratan dan lautan menggunakan perbedaan temperature. Temperature yang berada di bawah 270K dideteksi sebagai awan[16].

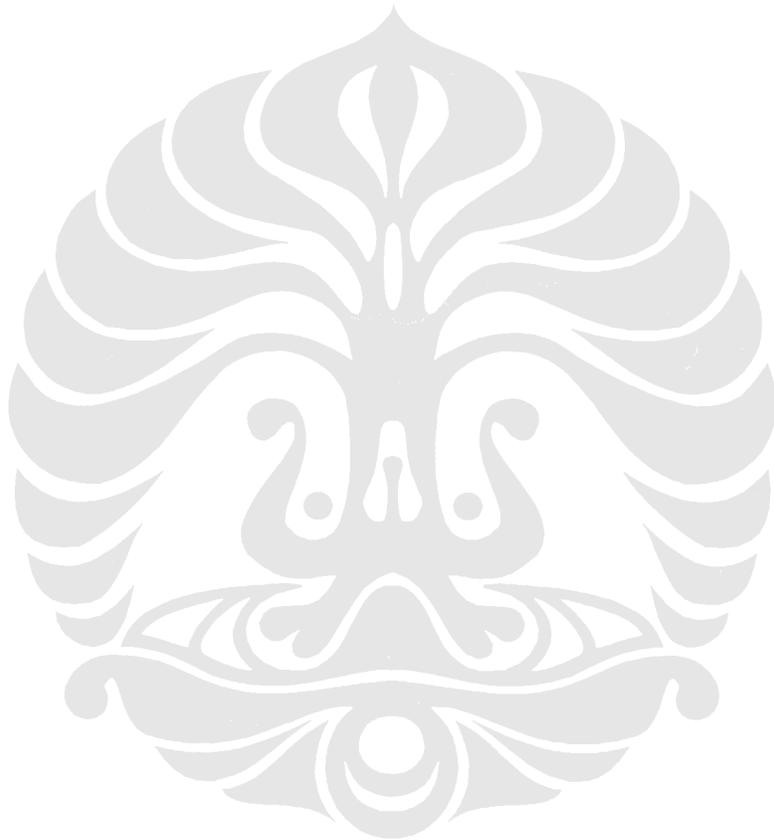
Awan diklasifikasikan menurut perbedaan *albedo* (lihat Tabel 2.5). Parameter ini mengindikasikan ketebalan awan, oleh karena itu dalam skripsi ini klasifikasi awan didasarkan pada tingkat ketebalannya. Namun, albedo tidak hanya dipengaruhi oleh ketebalan awan saja tetapi juga oleh sudut zenith matahari. Sehingga klasifikasi ini hanya terbatas pada citra yang diambil antara jam 09:30 hingga 10:00.

$$\alpha = \frac{W_r}{W_s} \dots \dots \dots (3.11)$$

Dengan W_r adalah energi yang direfleksikan dan W_s adalah energi sumber. Penentuan *albedo* menggunakan citra dari kanal 2. Albedo α mempunyai nilai 0-1. Nilai 1 artinya objek tersebut memantulkan 100% radiasi matahari. Sedangkan nilai 0 artinya objek tersebut merupakan benda hitam sempurna, menyerap seluruh radiasi matahari. Hasil klasifikasi ini adalah tiga buah citra hitam-putih yang masing-masing adalah citra untuk awan *cirrus*, *stratocumulus*, dan *cumulonimbus*.

Proses berikutnya adalah filter. Filter yang digunakan adalah fungsi **medfilt2**. Filter ini digunakan untuk menghilangkan awan-awan kecil yang

berukuran 5x5 pixel pada masing-masing citra. Kemudian masing-masing awan ditentukan batas-batas sistem koordinatnya.

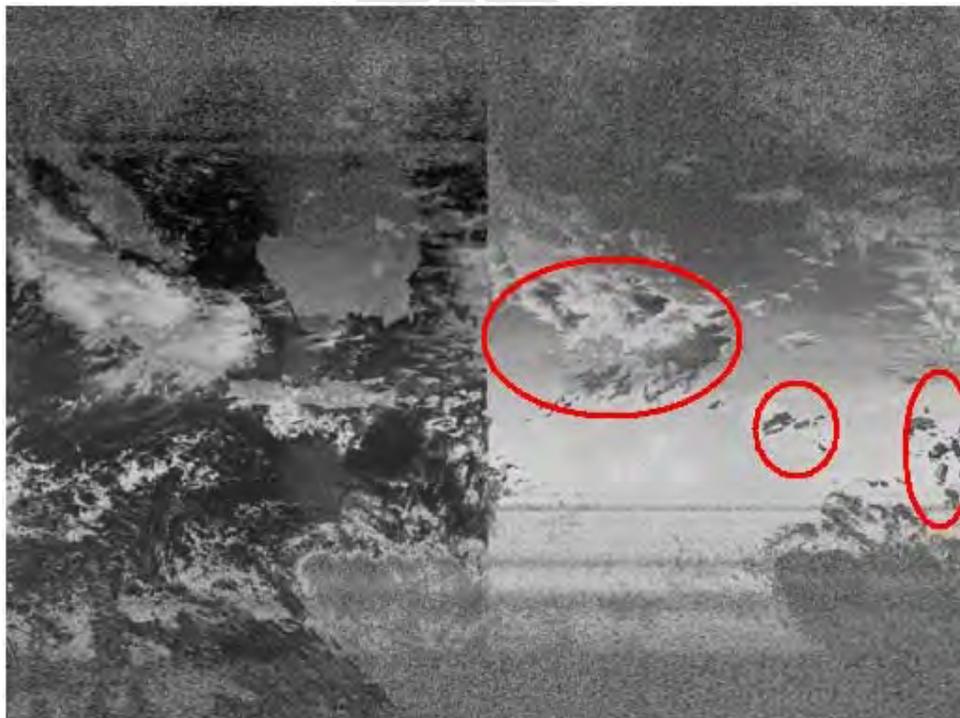


BAB IV

ANALISIS HASIL PENGOLAHAN

4.1 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 3 APRIL 2008 JAM 09:39

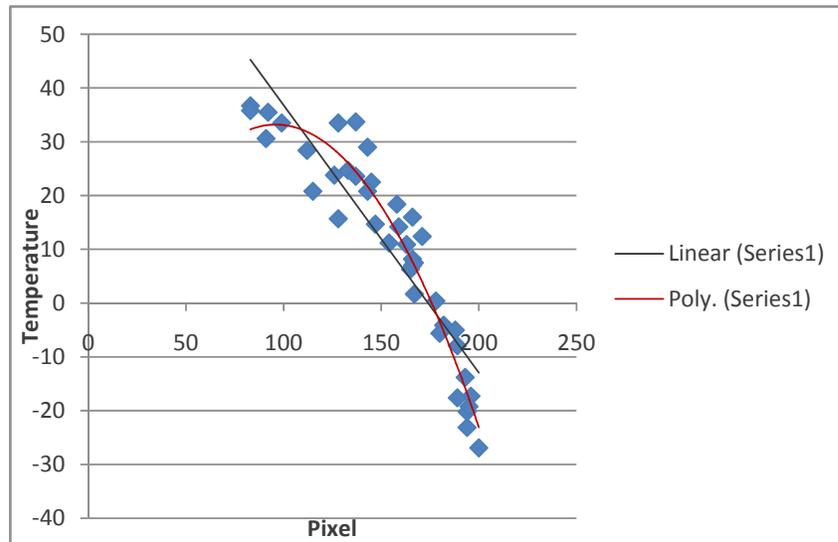
Pada skripsi ini, citra gambar yang diambil adalah citra dari NOAA-17. Gambar 4.1 adalah citra yang belum mengalami *enhancement*.



Gambar 4.1 Citra satelit noaa-17 tanggal 3 April 2008 dengan tipe *enhancement* normal

Citra terbagi menjadi 2 bagian, citra sebelah kiri adalah citra kanal 2 dan sebelah kanan adalah citra kanal 4. Pada bagian gambar yang ditandai adalah bagian informasi yang rusak. Jika dibandingkan dengan citra pada kanal 2, di posisi yang sama pada kanal 4, terlihat bahwa bagian itu seharusnya adalah awan. Tetapi pada kenyataannya pada kanal 4, bagian tersebut mempunyai temperature di atas 270K (ditandai dengan pixel berwarna hitam).

Dari pemilihan 40 *sample* secara acak dari kanal 4, didapatkan hasil kurva regresi seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva regresi temperatur terhadap pixel

Dengan metode regresi linear didapatkan persamaan :

$$y_l = -0,497226x + 86,520451 \dots \dots \dots (4.1)$$

dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,908505$.

Sedangkan dengan menggunakan regresi polynomial orde dua didapatkan persamaan :

$$y_p = -0,005205x^2 + 0,999466x - 14,782437 \dots \dots \dots (4.2)$$

dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,964784$.

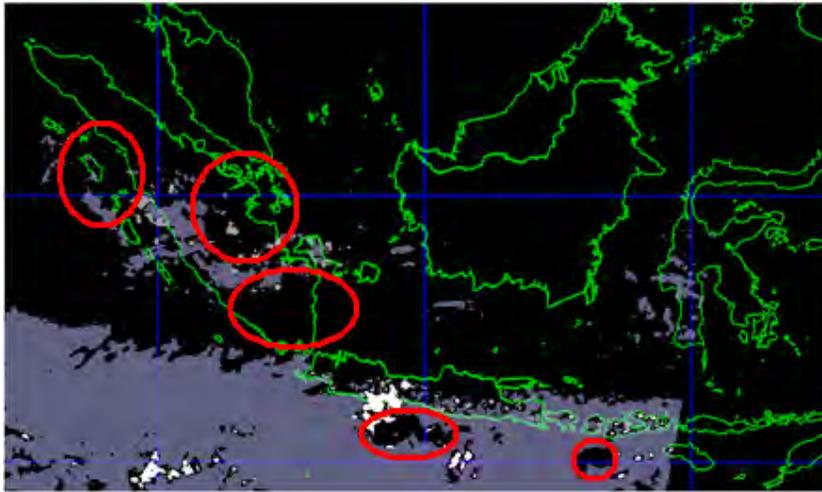
Dari kedua persamaan tersebut, nilai koefisien korelasi yang paling baik adalah persamaan dengan menggunakan regresi polinomial orde 2. Namun, secara umum kedua persamaan tersebut mempunyai nilai koefisien korelasi yang baik, di atas 0,5.



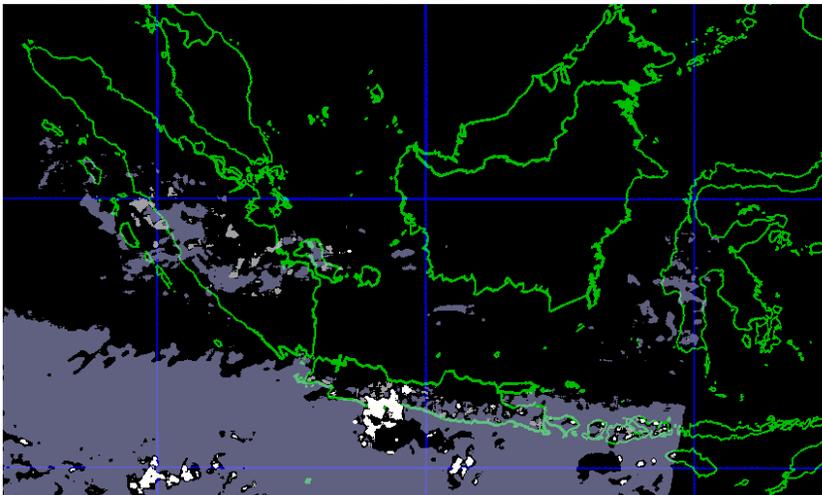
Gambar 4.3 *Enhancement* dari WxtoImg

Gambar 4.3 dengan tipe *enhancement* di atas adalah sebagai gambar referensi pembandingan terhadap gambar hasil regresi. Gambar yang di tandai pada *enhancement* di atas dan juga pada gambar dengan regresi di bawah merupakan pixel-pixel yang rusak. Pixel-pixel yang rusak ini akan dijelaskan kemudian.

Gambar di bawah adalah hasil klasifikasi awan. Jenis awan dibedakan menurut intensitas warnanya. Warna paling cerah adalah untuk awan *cumulonimbus*. Yang lebih gelap adalah *stratocumulus*. Dan yang paling gelap adalah awan *cirrus*. Bagian gambar yang di tandai seharusnya adalah letak pixel-pixel yang rusak, namun pixel-pixel tersebut sudah dihilangkan untuk menjaga keakuratan hasil. Gambar 4.4 dan 4.5 menunjukkan citra klasifikasi awan dengan pendekatan regresi linear dan polinomial orde 2.



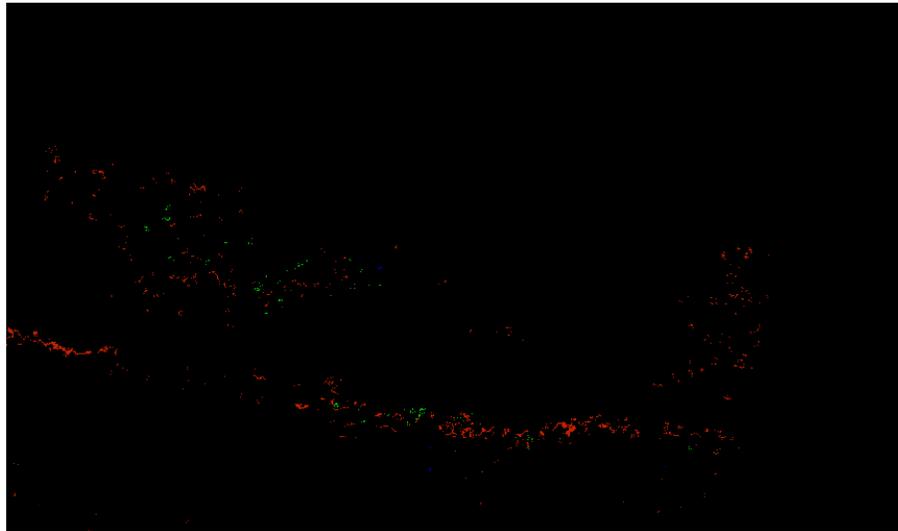
Gambar 4.4 Klasifikasi awan dengan regresi linear



Gambar 4.5 Klasifikasi awan dengan regresi polinomial orde 2

Di daerah selatan Indonesia, terlihat bahwa keadaan sangat berawan. Namun awan-awan ini adalah awan-awan *cirrus* yang tidak memiliki potensi hujan. Namun di beberapa tempat terdapat awan-awan *cumulonimbus*. Bentangan awan *cumulonimbus* yang paling besar terletak pada pantai selatan perbatasan antara Jawa Tengah dengan Jawa Barat. Sedangkan di daerah Laut Jawa, cuaca cerah tidak berawan.

Secara kasat mata, kedua gambar di atas tidak memiliki perbedaan. Namun dengan menggunakan Perangkat lunak analisis matematis dapat diketahui perbedaannya. Gambar di bawah adalah pixel yang tidak terdapat pada Gambar 4.4 tetapi terdapat pada Gambar 4.5, atau sebaliknya. Warna merah, hijau, dan biru berturut-turut adalah perbandingan hasil pada awan *cirrus*, *stratocumulus*, dan *cumulonimbus*. Gambar 4.6 menunjukkan komplemen dari irisan Gambar 4.4 dengan 4.5.



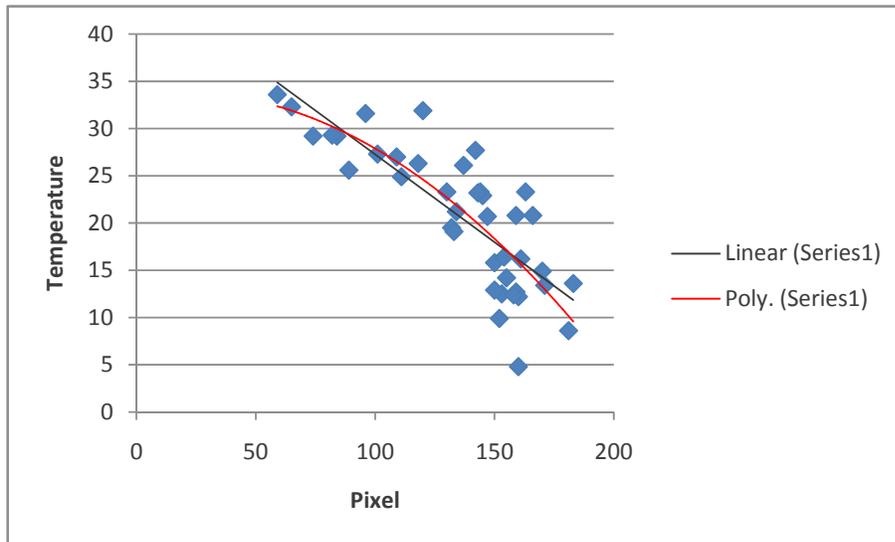
Gambar 4.6 Perbandingan hasil dengan regresi linear dengan polinomial orde 2

4.2 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 7 APRIL 2008 JAM 09:46



Gambar 4.7 Citra satelit noaa-17 tanggal 7 April 2008 dengan tipe *enhancement normal*

Gambar 4.7 di atas adalah citra yang belum mengalami *enhancement*. Bagian yang ditandai adalah bagian citra yang rusak. Pada pengolahan selanjutnya, bagian ini akan dihilangkan. Pada citra kanal 4 di atas, di ambil *sample* secara acak, dan kemudian menghasilkan persamaan regresi seperti kurva pada Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4.8 Kurva regresi temperature terhadap pixel

Hasil dari regresi linear adalah :

$$y_l = -0,185836x + 45,852906 \dots \dots \dots (4.3)$$

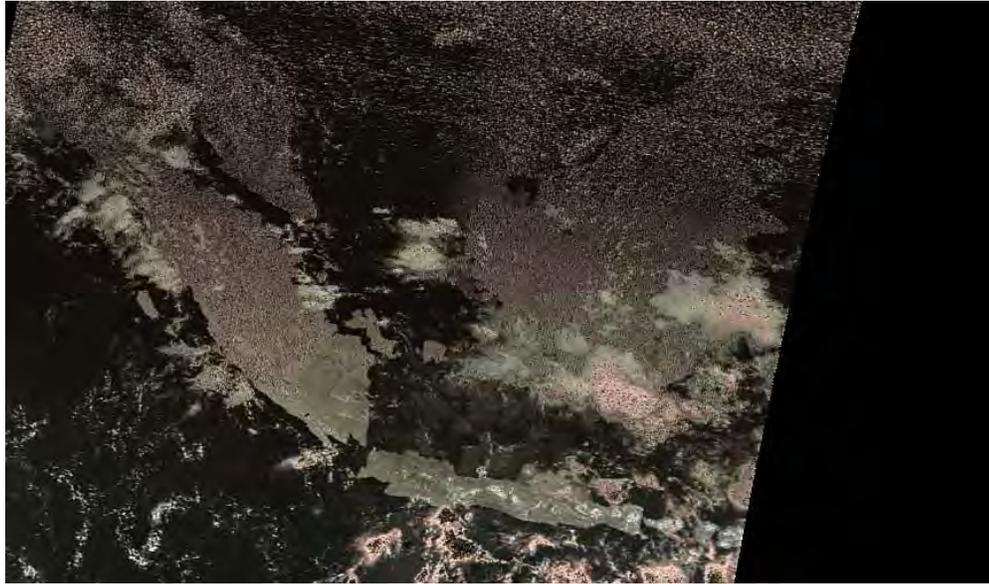
dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,815931$.

Sedangkan dengan menggunakan polinomial orde 2 menghasilkan persamaan :

$$y_p = -0,000899x^2 + 0,033735x + 33,509720 \dots \dots \dots (4.4)$$

dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,825949$.

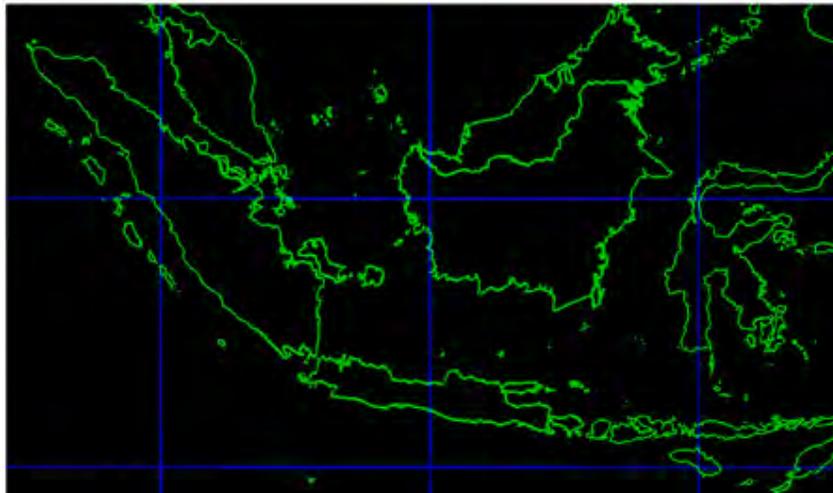
Dilihat dari koefisien korelasi, persamaan dengan regresi polinomial orde 2 mempunyai koefisien yang lebih baik. Namun, secara umum kedua persamaan dapat dijadikan dasar perhitungan selanjutnya karena mempunyai koefisien yang bernilai lebih dari 0,5. Batas 0,5 ini adalah median dari nilai minimum dan maksimum koefisien korelasi.



Gambar 4.9 *Enhancement* dari WxtoImg

Pada Gambar 4.9 terlihat ada beberapa bagian yang kemerah-merahan. Warna tersebut menandakan bagian data yang rusak pada kanal 4.

Dari persamaan regresi yang telah didapatkan akan menghasilkan Gambar 4.10 seperti di bawah.



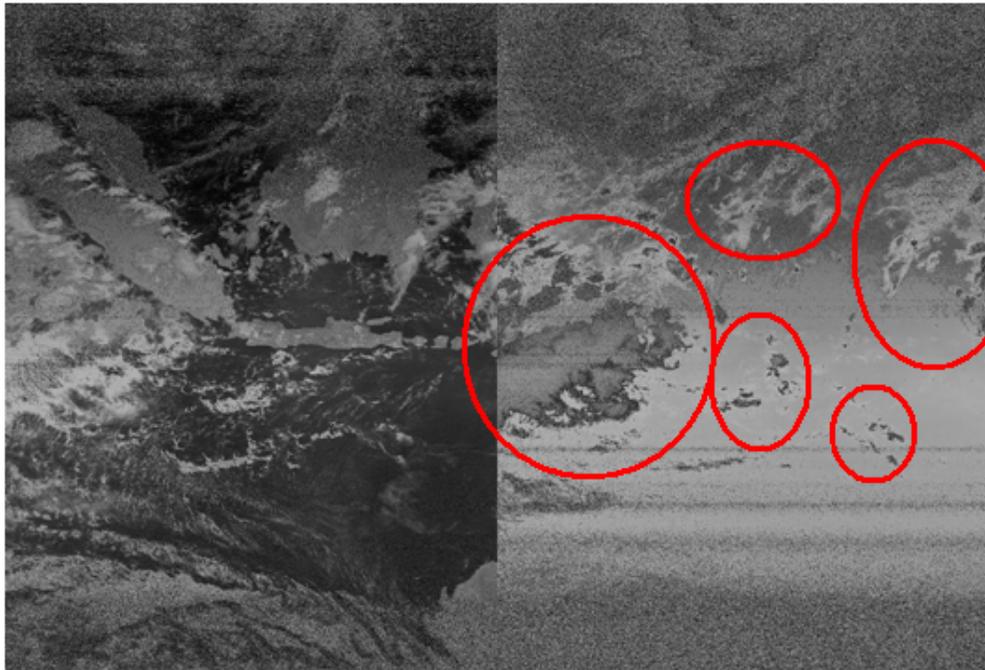
Gambar 4.10 Citra hasil klasifikasi awan dengan persamaan regresi

Pada Gambar 4.10 di atas tidak terlihat adanya awan. Hal ini disebabkan banyaknya bagian citra yang rusak pada kanal 4. Bagian citra yang rusak ini

terdeteksi mempunyai suhu di atas 270K sehingga program Perangkat lunak analisis matematis membuang bagian ini. Selain itu, awan dengan bentangan luas yang kecil telah dihilangkan dengan menggunakan filter.

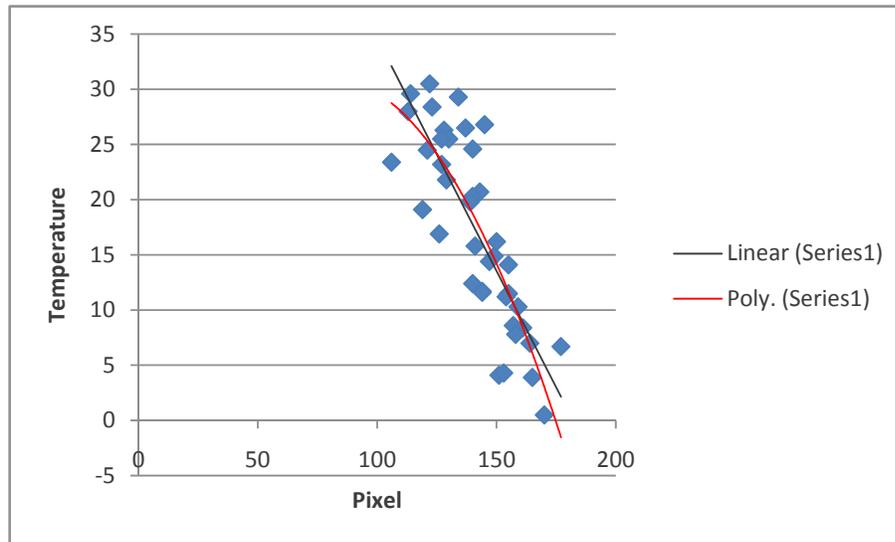
4.3 ANALISIS HASIL CITRA SATELIT TANGGAL 16 APRIL 2008 JAM 09:38

Gambar 4.11 berikut ini adalah citra yang belum mengalami *enhancement*:



Gambar 4.11 Citra satelit noaa-17 tanggal 16 April 2008 dengan tipe *enhancement* normal

Pada citra satelit tanggal 16 April ini terdapat cukup banyak bagian informasi yang rusak. Pada citra kanal 4 di atas, di ambil *sample* secara acak, dan kemudian menghasilkan persamaan regresi dengan kurva pada Gambar 4.12.



Gambar 4.12 Kurva regresi temperatur terhadap pixel

Dengan menggunakan regresi linear didapatkan persamaan :

$$y_l = -0,421764x + 76,800441 \dots \dots \dots (4.5)$$

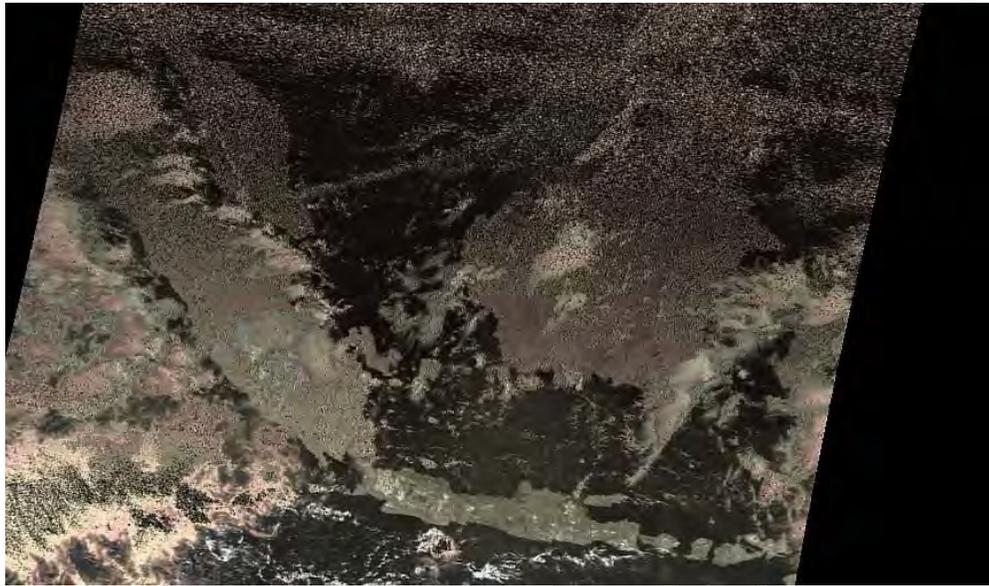
dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,830133$.

Sedangkan dengan menggunakan polinomial orde 2 menghasilkan persamaan :

$$y_p = -0,003553x^2 + 0,579103x + 7,286228 \dots \dots \dots (4.6)$$

dengan nilai koefisien korelasi sebesar $r = 0,840881$.

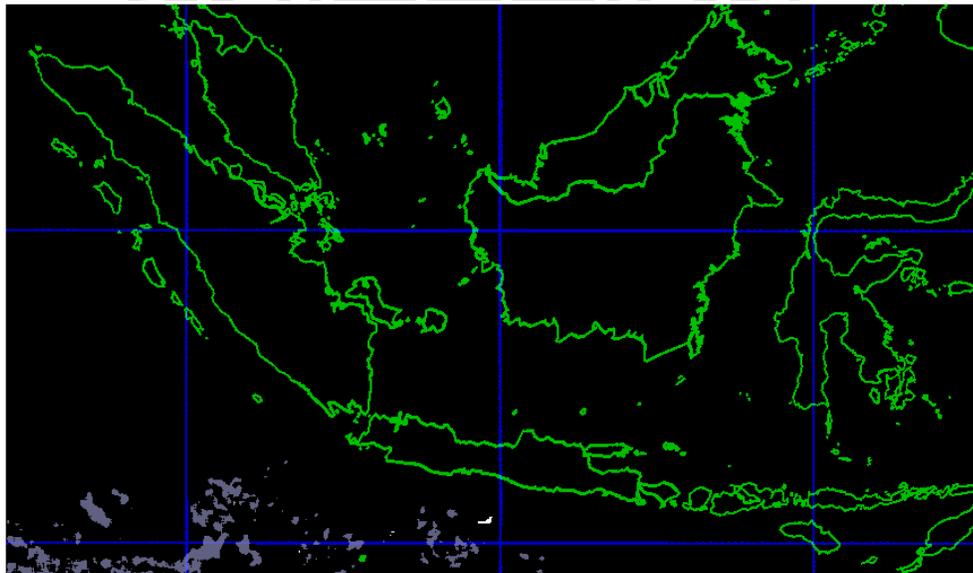
Dari kedua persamaan tersebut, nilai koefisien korelasi yang paling baik adalah persamaan dengan menggunakan regresi polinomial orde 2. Namun, secara umum kedua persamaan tersebut mempunyai nilai koefisien korelasi yang baik, yaitu di atas 0,5.



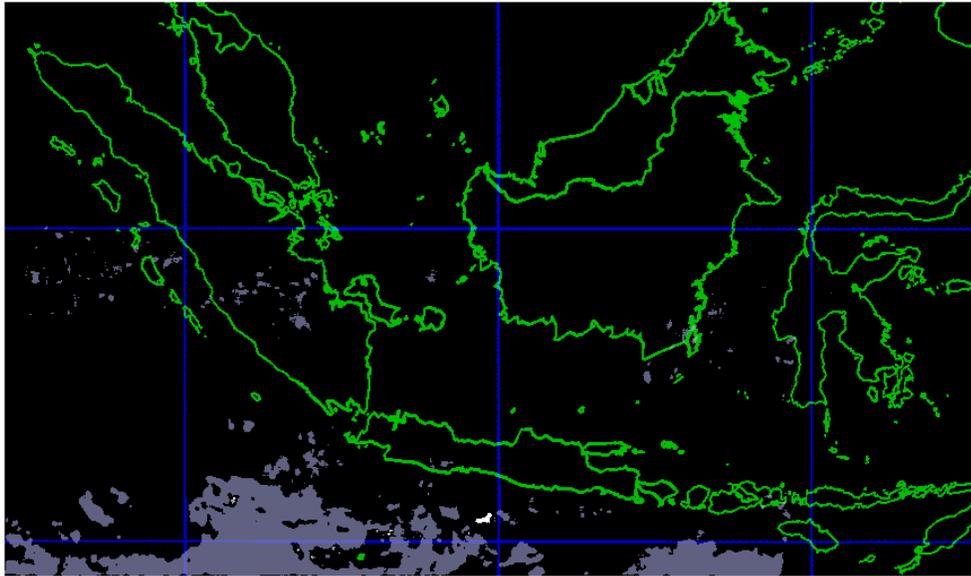
Gambar 4.13 *Enhancement HVC false-colour*

Pada Gambar 4.13 di atas terlihat ada beberapa bagian yang kemerah-merahan. Warna tersebut menandakan bagian data yang rusak pada kanal 4.

Dari persamaan regresi yang telah didapatkan akan menghasilkan Gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4.14 Klasifikasi awan dengan regresi linear



Gambar 4.15 Klasifikasi awan dengan regresi polinomial orde 2

Di bagian selatan Indonesia terdapat awan-awan *cirrus*. Walaupun bentangan awan ini mempunyai daerah yang cukup luas, awan ini tidak membawa hujan. Sedangkan pada daerah Laut Jawa dan sebelah barat Sumatra, langit cerah sedikit berawan.

Pendekatan dengan menggunakan regresi linear dengan polinomial orde 2 menghasilkan citra yang sedikit berbeda. Perbedaan ini disebabkan perbedaan nilai *threshold* ketika mendeteksi awan. Karena dengan kedua persamaan regresi tersebut, konversi nilai temperatur akan menghasilkan nilai pixel yang berbeda. Gambar 4.16 menunjukkan perbedaan hasil klasifikasi awan menggunakan regresi linear dibandingkan dengan polinomial orde 2. Gambar 4.16 merupakan hasil komplemen dari irisan citra pada Gambar 4.14 dan 4.15.



Gambar 4.16 Perbandingan hasil dengan regresi linear dengan polinomial orde 2

4.4 ANALISIS KERUSAKAN DATA

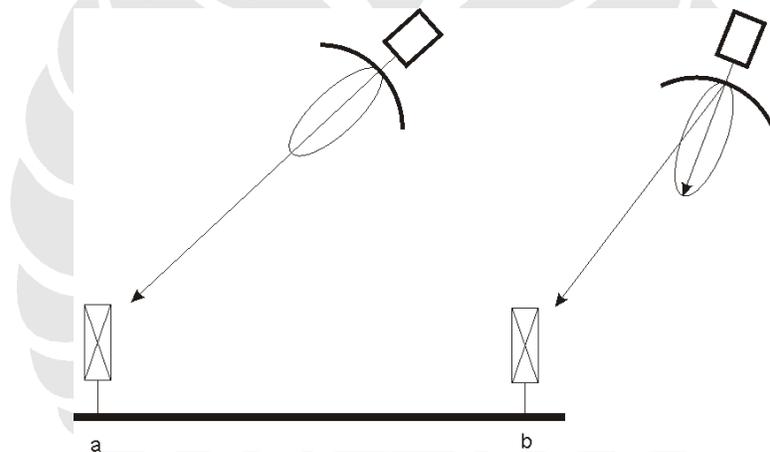
Bagian-bagian dari data yang rusak adalah akibat adanya *noise* dan attenuasi selama proses akuisisi. *Noise* pada sistem akuisisi merupakan salah satu penyebab kerusakan data tersebut. Pengaruh terbesar yang membuat *noise* pada sistem adalah *random thermal motion* dari elektron. *Noise* ini biasanya terjadi pada divais yang bersifat resistif dan pada komponen aktif. Selain itu, antena, *transmission line* dan *amplifier* juga merupakan bagian dari sistem akuisisi yang menghasilkan *noise*. Ditambah lagi, penempatan antena yang kurang baik dapat sangat berpengaruh terhadap data satelit yang didapatkan. Pada penerimaan gelombang radio analog,

Faktor gangguan yang lain adalah pengaturan alokasi frekuensi di Indonesia yang belum sepenuhnya ditaati oleh masyarakat pengguna radio komunikasi, kadang-kadang frekuensi APT pada 137 MHz terganggu oleh lalu lintas radio komunikasi tersebut.

Pada penerimaan gelombang radio analog, cuaca yang kurang baik dan keadaan atmosfer selama perjalanan sinyal dari satelit ke *ground station* juga berpengaruh pada kualitas data yang diterima. Salah satu pengaruh atmosfer

adalah absorpsi energi oleh masing-masing lapisan atmosfer. Absorpsi ini bergantung pada kepadatan dan kandungan udara pada saat itu. Selain itu adalah efek pada lapisan ionosfer. Lapisan ionosfer adalah lapisan dimana partikel-partikel terionisasi, terutama oleh radiasi matahari. Efek yang terjadi adalah *delay* propagasi dan perubahan frekuensi.

Faktor yang berikutnya adalah *antenna misalignment losses*. Gambar 4.17 menunjukkan *alignment* antara antena *ground station* dengan satelit. Posisi pada Gambar a akan memberikan *gain* maksimum posisi ini merupakan yang paling baik. Sedangkan pada Gambar b, *gain* yang diterima pada *ground station* menjadi tidak maksimal.



Gambar 4.17 *Antenna alignment*

BAB V

KESIMPULAN

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan terhadap tiga sampel data didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Citra tanggal 3 April 2008 jam 09:39 menghasilkan persamaan regresi linear dan polinomial orde 2 yang masing-masing mempunyai koefisien korelasi 0,908505 dan 0,964784. Pada tanggal ini, terdapat bentangan awan *cirrus* yang luas pada sebelah selatan Indonesia dan Sumatra. Awan *cumulonimbus* pada pantai selatan perbatasan antara Jawa Tengah dengan Jawa Barat. Beberapa *stratocumulus* pada langit Sumatra.
2. Citra tanggal 7 April 2008 jam 09:46 menghasilkan persamaan regresi linear dan polinomial orde 2 yang masing-masing mempunyai koefisien korelasi 0,815931 dan 0,825949. Pada tanggal ini tidak terdapat bentangan awan apapun.
3. Citra tanggal 16 April 2008 jam 09:38 menghasilkan persamaan regresi linear dan polinomial orde 2 yang masing-masing mempunyai koefisien korelasi 0,830133 dan 0,840881. Terdapat bentangan awan *cirrus* yang cukup luas pada sebelah selatan Pulau Jawa.
4. Pendekatan dengan menggunakan regresi polinomial orde 2 lebih baik dari pada dengan regresi linear karena koefisien korelasi regresi polinomial orde 2 selalu lebih besar dari pada regresi linear. Berurutan dari tanggal 3-16 April mempunyai koefisien korelasi polinomial orde 2 sebesar 0,964784; 0,825949; 0,840881.

DAFTAR ACUAN

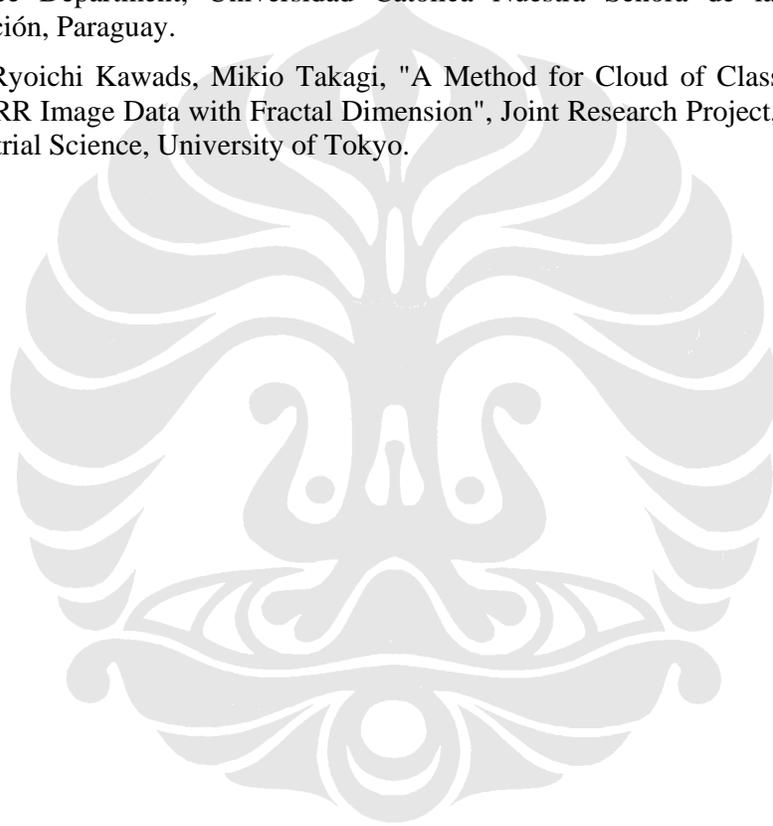
- [1] "NOAA-N", NASA & U.S. Department of Commerce NOAA, U.S.A.. Maryland.
- [2] "NOAA KLM user's guide", US Department of Commerce, NOAA, U.S.A.. Maryland.
- [3] Asep Kusuma. "Analisa Suhu Permukaan Laut Pada Sensor Satelit NOAA/AVHRR dan Eos Aqua/Terra Modis", Skripsi, Dept. Elektro FTUI, Depok, 2007.
- [4] C.P. Lo, *Pengindraan Jauh Terapan* (Jakarta : UI-Press, 1996), hal 112.
- [5] Chris van Lint, "A Portable/Collapsible Quadrafilar Helix Antenna for the 137 MHz APT Band".
- [6] "Alto cumulus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Alto cumulus cloud>
- [7] "Alto stratus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Alto stratus cloud>
- [8] "Cirro cumulus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cirro cumulus cloud>
- [9] "Cumulonimbus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cumulonimbus cloud>
- [10] "Cirro stratus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cirro stratus cloud>
- [11] "Cirrus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cirrus cloud>
- [12] "Cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud>
- [13] "Nimbostratus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Nimbostratus cloud>
- [14] "Strato cumulus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Strato cumulus cloud>
- [15] "Stratus cloud". Diakses 18 Maret 2008, dari Wikipedia.
<http://en.wikipedia.org/wiki/Stratus cloud>
- [16] L Billa, S.B. Mansor, A.R.Mahamud, "Quantitative Precipitation Forecasting Using Cloud-Based Techniques On AVHRR Data", 1st Phase Research Journal, SNML, ITMA, University Putra Malaysia, 43400 Serdang, Selangor, Malaysia.
- [17] Sauli Joro, Marcel Derrien, Hervé Le Gléau, Adam Dybbroe, "Validation of Cloud Masks Using Ceilometer Data" Joint Research Project, EUMETSAT, Météo-France, SMHI.

[18] Roddy, Dennis, *Satellite Communication* (Singapur: McGraw-Hill, 1996), hal. 2.

[19] Roger Barry, Richard Chorley, *Atmosphere, Weather and Climate* (New York: Routledge, 1998), hal 27.

[20] R.P.Armitage, F.A.Ramirez, E.Y. Ogunbadewa, F.M.Danson, "Comparison Of Avhrr and Modis Cloud Products for Estimating Cloud Cover Probabilities for The United Kingdom", Joint Research Project, Centre for Environmental Systems Research, Research Institute for the Built Environment, School of Environment and Life Sciences, University of Salford, Manchester, M5 4WT UK Computer Science Department, Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Asunción, Paraguay.

[21] Ryoichi Kawads, Mikio Takagi, "A Method for Cloud of Classification of AVHRR Image Data with Fractal Dimension", Joint Research Project, Institute of Industrial Science, University of Tokyo.



DAFTAR PUSTAKA

J. G Harvey, *Atmosphere and Ocean : Our Fluid Environments* (London: The Artemis Press, 1985).

Steven C. Chapra, Raymond P. Canale, *Metode Numerik untuk Teknik*, terj. S. Sardy (Jakarta: UI-Press, 1991).

