



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMANFAATAN DATA MODIS UNTUK MENGUKUR SUHU  
PERMUKAAN BUMI DALAM RANGKA PEMANTAUAN  
PEMANASAN GLOBAL**

**SKRIPSI**

**KUSUMANING AYU DYAH SUKOWATI  
0706199546**

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



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PEMANFAATAN DATA MODIS UNTUK MENGUKUR SUHU  
PERMUKAAN BUMI DALAM RANGKA PEMANTAUAN  
PEMANASAN GLOBAL**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana  
Teknik

**KUSUMANING AYU DYAH SUKOWATI  
0706199546**

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

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

Nama : Kusumaning Ayu Dyah Sukowati

NPM : 0706199546

Tanda Tangan:

Tanggal : 30 Juni 2009

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi dengan judul :

**PEMANFAATAN DATA MODIS UNTUK MENGUKUR SUHU  
PERMUKAAN BUMI DALAM RANGKA PEMANTAUAN PEMANASAN  
GLOBAL**

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

Depok, 30 Juni 2009

Dosen Pembimbing,

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

NIP. 131 944 413

**HALAMAN PENGESAHAN**

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Kusumaning Ayu Dyah Sukowati  
NPM : 0706199546  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul Skripsi : PEMANFAATAN DATA MODIS UNTUK  
MENGUKUR SUHU PERMUKAAN BUMI  
DALAM RANGKA PEMANTAUAN  
PEMANASAN GLOBAL

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

**DEWAN PENGUJI**

Pembimbing : Dr. Ir. Dodi Sudiana, M.Eng ( NIP. 131 944 413 )  
Penguji : Dr. Ir. Arman Djohan, M. Eng ( NIP. 131 944 411 )  
Penguji : Dr. Ir. Retno Wigajatri P., MT ( NIP. 131 679 358 )

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 30 Juni 2009

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian seminar ini. Penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih kepada pihak-pihak berikut telah membantu dan mendukung penulis dalam mengerjakan penelitian skripsi yakni:

1. 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.
2. LAPAN, yang telah banyak membantu membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
3. Andre Paminto Wastuadhi dan Sava Galuh Estudinata, keluarga kecilku tercinta terima kasih atas dukungan, semangat, perhatian dan segala hal yang telah dicurahkan kepada penulis.
4. Teman-teman di PSDAL LAPAN atas semangat dan dukungannya.
5. Teman-teman Teknik Elektro Program Ekstensi Angkatan 2007 atas diskusi dan semangatnya kepada penulis.
6. Segenap dosen dan staf pengajar di Program Studi Teknik Elektro yang telah membekali ilmu pengetahuan yang berguna kepada penulis.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi para pembaca ataupun para mahasiswa. Kritik dan saran dalam bentuk apapun akan dengan senang hati penulis terima, dan akan penulis jadikan masukan untuk masa yang akan datang.

Depok, 30 Juni 2009

Kusumaning Ayu Dyah S

Penulis

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

---

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

Nama : Kusumaning Ayu Dyah Sukowati  
NPM : 0706199546  
Program Studi: Teknik Elektro  
Departemen : Teknik Elektro  
Fakultas : Teknik  
Jenis karya : Skripsi

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:

**Pemanfaatan Data MODIS untuk Mengukur Suhu Permukaan Bumi dalam Rangka Pemantauan Pemanasan Global**

berserta 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: 30 Juni 2009  
Yang menyatakan

( Kusumaning Ayu Dyah Sukowati )

## ABSTRACT

Name : Kusumaning Ayu Dyah Sukowati  
Major : Electrical Engineering  
Topic : Derivation of Land Surface Temperature using MODIS  
Data for Global Warming Monitoring

Land Surface Temperature (LST) is one of key parameter balance of energy from the surface and statistical variable of climatology which is very important to manage the energy flux that pass through the atmosphere to the Earth. The LST data is important to monitor the surface temperature. TERRA/AQUA Satellite with MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) payload is a remote sensing satellite for Earth observation that can be used to extract the surface temperature globally or regionally. The coverage area large enough (about 2330km), with spatial resolutions of 250m, 500m and 1000m and 36 channel of spectral resolution so MODIS will be able to take the image of Earth surface in maximum observation time. The LST from MODIS data will be extracted based on boundary polygon of city to measure the surface temperature of 8 big cities in Java Island. The measurement results showed that the average value of monthly LST in 2003-2008 period for those cities is increasing.

*Keywords: TERRA/AQUA, MODIS, Land Surface Temperature (LST), Remote sensing.*



## ABSTRAK

Nama : Kusumaning Ayu Dyah Sukowati  
Program Studi : Teknik Elektro  
Judul : Pemanfaatan Data MODIS Untuk Mengukur Suhu Permukaan Bumi Dalam Rangka Pemantauan Pemanasan Global

Land Surface Temperature (LST) atau Suhu Permukaan Bumi merupakan salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan Bumi dan merupakan variabel klimatologis utama dalam mengendalikan *fluks* energi gelombang panjang yang melalui atmosfer. Satelit TERRA/AQUA yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan satelit penginderaan jauh untuk pengamatan lingkungan yang dapat digunakan untuk ekstraksi data suhu permukaan yang bersifat regional bahkan global. Dengan wilayah cakupan luas yakni 2330 km dan resolusi spasial 250 m, 500 m dan 1000 m serta resolusi spektral tinggi yakni 36 kanal, maka diharapkan MODIS mampu menampilkan citra satelit untuk wilayah luas dan waktu pengamatan maksimal. Selanjutnya data citra MODIS diekstraksi sehingga diperoleh nilai LST yang kemudian digabungkan dengan poligon batas kota untuk mendapatkan nilai suhu permukaan untuk 8 kota besar di Pulau Jawa. Analisis LST bulanan dalam periode 2003-2008 menunjukkan trend atau pola suhu permukaan untuk kota-kota besar tersebut semakin meningkat.

*Kata kunci: TERRA/AQUA, MODIS, Suhu permukaan Bumi, penginderaan jauh*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	vii
HALAMAN PERNYATAAN PUBLIKASI .....	ix
ABSTRACT.....	ix
ABSTRAK.....	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
1. PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Pembatasan Masalah.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Metodologi Penelitian.....	3
1.5. Sistematika Penulisan .....	3
2. DASAR TEORI .....	1
2.1. Penginderaan Jauh ( <i>Remote Sensing</i> ) .....	4
2.1.1 Konsep dasar penginderaan jauh .....	4
2.1.2. Teknologi penginderaan jauh .....	5
2.1.3. Resolusi sensor .....	7
2.1.4. Sistem komunikasi dan pengumpulan data pada penginderaan jauh .....	7
2.2. Citra atau <i>image</i> .....	8
2.2.1. Citra foto.....	9
2.2.2. Citra non foto.....	11
2.2.3. Citra digital dan citra analog .....	12
2.3. Pengolahan citra .....	13
2.3.1. Pengolahan citra digital .....	13
2.3.2. Akuisisi citra.....	15
2.3.3 Peningkatan kualitas citra.....	15
2.3.4 Segmentasi citra.....	15
2.3.5 Representasi dan uraian .....	16
2.3.6 Pengenalan dan interpretasi .....	16
2.3.7 <i>Error</i> koreksi .....	16
2.4. MODIS ( <i>Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer</i> ).....	18
2.4.1 Spesifikasi data MODIS .....	19
2.4.2 Data MODIS.....	21
2.5 LST ( <i>Land Surface Temperature</i> ) MODIS .....	24
3. PENGOLAHAN DATA LST MODIS.....	26
3.1 Software dan data yang digunakan.....	28
3.2 Proses pengolahan data.....	28
3.2.1 Proses pengolahan level 1.....	28
3.2.2 Proses pengolahan level 2.....	29
3.3 Proses penghitungna maksimum nilai LST .....	33
3.4 Proses penggabungan nilai maksimum bulanan data LST MODIS .....	33

3.5	Hasil pengolahan data.....	37
3.5.1	Hasil pengolahan data tahun 2003.....	37
3.5.2	Hasil pengolahan data tahun 2004.....	38
3.5.3	Hasil pengolahan data tahun 2005.....	38
3.5.4	Hasil pengolahan data tahun 2006.....	39
3.5.5	Hasil pengolahan data tahun 2007.....	40
3.5.6	Hasil pengolahan data tahun 2008.....	40
4.	ANALISA DAN PEMBAHASAN.....	42
4.1.	Analisa nilai LST periode 2003-2008 .....	42
4.1.1	Analisa nilai LST tahun 2003 .....	42
4.1.2	Analisa nilai LST tahun 2004 .....	44
4.1.3	Analisa nilai LST tahun 2005 .....	46
4.1.4	Analisa nilai LST tahun 2006 .....	47
4.1.5	Analisa nilai LST tahun 2007 .....	49
4.1.6	Analisa nilai LST tahun 2008 .....	50
4.2	Pola atau trend nilai LST dibeberapa kota .....	52
4.2.1	Pola atau trend nilai LST di kota Surabaya .....	52
4.2.2	Pola atau trend nilai LST di kota Bandung .....	53
4.2.2	Pola atau trend nilai LST di kota Jakarta .....	54
4.2.2	Pola atau trend nilai LST di kota Semarang .....	56
4.3	Analisa pengaruh iklim terhadap nilai LST .....	57
5.	KESIMPULAN DAN SARAN.....	61
5.1	Kesimpulan.....	61
	DAFTAR REFERENSI .....	62

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem penginderaan jauh.....	5
Gambar 2.2	Contoh citra satelit dalam format digital .....	9
Gambar 2.3	Contoh salah satu citra foto .....	9
Gambar 2.4	Contoh salah satu citra satelit SPOT pankromatik .....	10
Gambar 2.5	Contoh citra non foto.....	11
Gambar 2.6	Konversi analog ke digital dari Gambar sampai ke komputer .....	13
Gambar 2.7	Gambar satelit TERRA/AQUA MODIS .....	19
Gambar 3.1	Diagram blok proses pengolahan citra untuk mendapatkan nilai LST perkotaan .....	27
Gambar 3.2	Contoh proses pengolahan mengubah data format hdf menjadi format tiff dengan MRTool .....	30
Gambar 3.3	Contoh Gambar nilai LST yang masih belum dikalibrasi .....	32
Gambar 3.4	Nilai LST MODIS yang sudah dikalibrasi dengan factor pengali adalah 0,02.....	33
Gambar 3.5	Proses penggabungan data delapan harian menjadi data bulanan.....	34
Gambar 3.6	Proses penghitungan nilai maksimum bulanan data LST MODIS. ....	35
Gambar 3.7	Proses pembuatan raster region untuk kota-kota besar di Pulau Jawa .....	36
Gambar 4.1	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2003 .....	43
Gambar 4.2	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2004 .....	45
Gambar 4.3	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2005 .....	46
Gambar 4.4	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2006 .....	48
Gambar 4.5	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2007 .....	50
Gambar 4.6	Grafik pola/trend nilai LST tahun 2008 .....	51
Gambar 4.7	Grafik pola LST daerah kota Surabaya .....	52
Gambar 4.8	Grafik pola LST perbulan kota Bandung tahun 2003 -2008 .....	54
Gambar 4.9	Grafik pola LST perbulan kota Jakarta tahun 2003 -2008 .....	55
Gambar 4.10	Grafik pola LST perbulan kota Semarang tahun 2003 -2008.....	56
Gambar 4.10	Contoh Gambar nilai LST yang masih belum dikalibrasi .....	58
Gambar 4.10	Osilasi Indeks Selatan Pasifik sebagai indikator ElNino .....	58

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Spesifikasi data MODIS .....	19
Tabel 2.2	Band Spektral MODIS.....	20
Tabel 2.3	Karakteristik sensor MODIS .....	21
Tabel 3.1	Contoh data level 2 delapan harian bulan agustus 2003 .....	29
Tabel 3.2	Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2004 .....	37
Tabel 3.3	Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2005 .....	38
Tabel 3.4	Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2006 .....	39
Tabel 3.5	Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2007 .....	39
Tabel 3.6	Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2008 .....	42
Tabel 4.1	Nilai LST maksimum tahun 2003.....	42
Tabel 4.2	Nilai LST maksimum tahun 2004.....	44
Tabel 4.3	Nilai LST maksimum tahun 2005.....	46
Tabel 4.4	Nilai LST maksimum tahun 2006.....	48
Tabel 4.6	Nilai LST maksimum tahun 2008.....	50
Tabel 4.7	Nilai LST maksimum bulanan daerah kota Surabaya .....	52
Tabel 4.8	Nilai LST maksimum bulanan kota Bandung.....	53
Tabel 4.9	Nilai LST rata-rata bulanan maksimum kota Jakarta .....	54
Tabel 4.10	Nilai LST maksimum bulanan kota Jakarta.....	54
Tabel 4.11	Nilai LST rata-rata bulanan maksimum kota Semarang.....	56
Tabel 4.12	Nilai LST maksimum bulanan kota Semarang .....	56

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sistem penginderaan jauh saat ini sangat bermanfaat untuk pemanfaatan di segala bidang. Data yang diperoleh dari sensor penginderaan jauh menyajikan informasi penting untuk membuat keputusan yang tepat dan perumusan kebijakan bagi berbagai penerapan pengembangan sumber daya dan penggunaan lahan.

Hal ini dikarenakan perolehan informasi kondisi permukaan Bumi menggunakan teknologi penginderaan jauh melalui satelit memiliki banyak keuntungan, yaitu daerah cakupan datanya yang luas hingga data global, resolusi temporal yang tinggi karena data dapat diperoleh hampir setiap hari, serta perolehan datanya cepat. Selain itu karena data diterima dalam format digital, maka pengolahan informasi dapat dilakukan secara cepat dengan komputerisasi. Dengan semakin berkembangnya teknologi informasi serta teknik komputer, maka pengolahan dan interpretasi secara digital dengan komputer banyak dilakukan di unit pengolahan data penginderaan jauh

Penggunaan data satelit penginderaan jauh untuk sumber daya telah banyak dimanfaatkan. Data tersebut terkait dengan resolusi spasial, temporal dan spektral. *MODerate resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS) merupakan salah satu sensor yang dibawa satelit TERRA/AQUA. Data MODIS dapat digunakan untuk berbagai aplikasi pemantauan Bumi, termasuk pengukuran suhu permukaan. Kemampuan tersebut didasarkan pada resolusi temporal dalam skala harian, resolusi spektral yang terhitung banyak yaitu 36 kanal, dan 3 resolusi spasial (250m, 500m, 1km). Kajian spektral citra MODIS menghasilkan banyak keluaran, yaitu: hotspot, sea surface temperature, water vapour, transformasi vegetasi (seperti *Enhanced Vegetation Index* (EVI) dan *Normalize Difference Index* (NDVI)) dan Land Surface Temperature (LST).

Efek pemanasan Bumi (*Global Warming*) merupakan salah satu isu yang sangat penting dibicarakan para pakar lingkungan di seluruh dunia. Ditengarai,

suhu permukaan Bumi, khususnya di kota-kota besar dunia mengalami peningkatan dari tahun ke tahun. Dengan memanfaatkan *Land Surface Temperature* (LST) yang merupakan salah satu keluaran citra MODIS dari kanal 31 dan 32 diharapkan trend pemanasan suhu permukaan di daerah perkotaan dapat dianalisa. Dengan mengetahui trend pemanasan suhu permukaan darat tersebut sehingga diharapkan bisa memberikan informasi yang berguna untuk masyarakat maupun para pemangku kepentingan (*stake holders*) lainnya.

## 1.2. Pembatasan Masalah

Agar pembahasan dalam Tugas Akhir ini tidak terlalu meluas, maka perlu dilakukan pembatasan terhadap masalah yang akan dibahas yaitu:

- Bagaimana proses pengolahan citra yang dilakukan untuk menghasilkan nilai LST dari citra MODIS.
- Bagaimana nilai LST rata-rata bulanan di beberapa kota di Pulau Jawa merepresentasikan pola atau trend suhu permukaan di beberapa perkotaan besar di Pulau Jawa dari citra MODIS delapan harian selama jangka waktu satu tahun (2003).
- Bagaimana memantau terjadinya efek pemanasan global melalui data LST maksimum di beberapa kota di Jawa selama periode 5 tahun (2003-2008).

## 1.3. Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah:

- Mengetahui bagaimana proses pengolahan citra yang harus dilakukan untuk mendapatkan suatu nilai suhu permukaan daratan dari data citra satelit.
- Mengetahui nilai suhu permukaan darat di daerah kota di Pulau Jawa dengan menggunakan data LST yang diturunkan dari MODIS.

## 1.4 Metodologi Penelitian

Metodologi Penelitian yang dilakukan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Pengolahan data LST dari MODIS kanal 31 dan 32, rata-rata 8 harian, level 1, menjadi citra LST dengan mengaplikasikan formula Price.
2. Melakukan pra-pengolahan (pre-processing) dan koreksi kesalahan dari data MODIS untuk mendapatkan analisa yang maksimal
3. Melakukan perhitungan nilai maksimum dari rata-rata bulanan untuk setiap data LST bulanan.
4. Menggabungkan nilai maksimum LST bulanan dengan data vektor batas kota sehingga didapatkan nilai maksimum perkotaan.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Penulisan seminar ini akan dibagi menjadi empat bab yang seluruhnya merupakan satu kesatuan yang saling berkaitan. Bab pertama dari seminar ini, berisi mengenai latar belakang, pembatasan masalah, tujuan, serta sistematika penulisan.

Pada bab kedua, akan menjelaskan dasar teori yang digunakan sebagai acuan dalam penulisan seminar ini. Teori dasar yang akan mencakup dalam seminar ini diantaranya penginderaan jauh, dasar teori mengenal pengolahan citra data satelit dan data MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), menurut Wan [1] dalam ATBD (*Algoritma Thermal Basic Document*) telah banyak digunakan analisa LST berbagai aplikasi dan metode seperti Sobrino [2] dan juga Becker dan Li [3].

Selanjutnya pada bab ketiga, akan memaparkan bagaimana proses pengolahan citra yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai LST (*Land Surface Temperature*) menggunakan metode Price. Akan dipaparkan juga metode memperoleh LST bulanan dari data 8 harian pada data selama setahun.

Pada bab keempat, berisi tentang analisa dari data LST maksimum setiap tahun dan juga analisa nilai LST untuk setiap beberapa kota besar yang mempunyai nilai LST yang menarik untuk diamati serta dilanjutkan dengan analisa nilai Elnino.

Pada bab V, yang terakhir berisi kesimpulan dan saran hasil analisis dan pengolahan data dalam Tugas Akhir ini.



## **BAB 2**

### **DASAR TEORI**

Suhu permukaan daratan merupakan salah satu parameter kunci keseimbangan energi pada permukaan Bumi dan merupakan variabel klimatologis yang utama. Data suhu permukaan pada umumnya dapat diperoleh dari stasiun pengamat cuaca di beberapa tempat. Namun demikian tidak semua stasiun cuaca memiliki alat pengukur suhu permukaan. Untuk mendapatkan data suhu yang bersifat regional diperlukan data suhu yang dikumpulkan dari beberapa stasiun. Selain ketelitiannya menjadi sangat berkurang, pengolahan data juga akan memerlukan waktu jika tidak ada moda pengiriman/transmisi data *real time* antar stasiun. Untuk tujuan tersebut, akan jauh lebih mudah jika menggunakan data satelit penginderaan jauh, di antara kelebihanannya ialah ruang lingkup yang diamati sangat luas dan daerah yang mungkin sulit dijangkau serta keefektifan waktu. Data atau citra dari satelit penginderaan jauh diolah dengan berbagai koreksi yang harus dilakukan untuk mendapatkan hasil yang layak. Untuk mendapatkan nilai suhu permukaan daratan atau *Land Surface Temperature (LST)*, data satelit tersebut harus diolah menggunakan formula yang sesuai untuk dapat menghasilkan hasil yang baik.

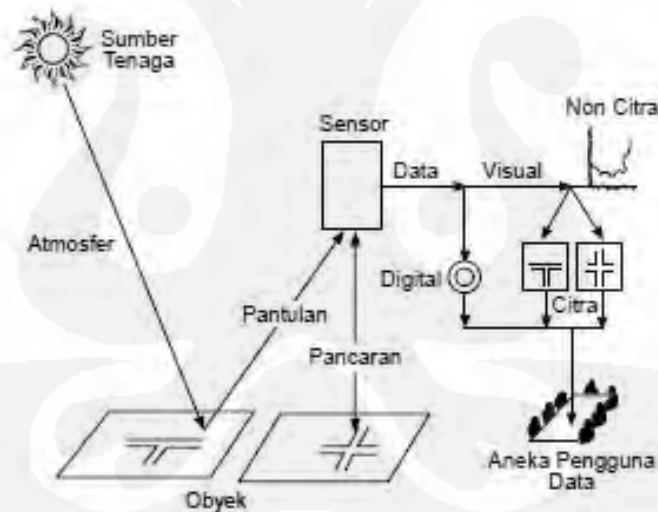
#### **2.1 Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*)**

Penginderaan Jauh adalah pengambilan atau pengukuran data/informasi mengenai sifat dari sebuah fenomena, obyek atau benda dengan menggunakan sebuah alat perekam tanpa berhubungan langsung dengan bahan studi [4] (Lillesand dan Kiefer, 1997).

##### **2.1.1 Konsep dasar Penginderaan Jauh**

Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek dipermukaan Bumi, sensor system pengolahan data, dan berbagai penggunaan

data. Sumber energi yang menyinari atau memancarkan energi elektromagnetik pada target mutlak diperlukan. Energi berinteraksi dengan target dan sekaligus berfungsi sebagai media untuk meneruskan informasi dari target kepada sensor. Sensor adalah sebuah alat yang mengumpulkan dan mencatat radiasi elektromagnetik. Setelah dicatat, data akan dikirimkan ke stasiun penerima dan diproses menjadi format yang siap pakai, diantaranya berupa citra [5] (Sutanto,1994). Menurut Sutanto [5], pada dasarnya interpretasi citra terdiri dari dua kegiatan utama, yaitu perekaman data dari citra dan penggunaan data tersebut untuk tujuan tertentu. Dalam menginterpretasi citra, pengenalan objek merupakan bagian yang sangat penting, karena tanpa pengenalan identitas dan jenis objek, maka objek yang tergambar pada citra tidak mungkin dianalisis. Prinsip pengenalan objek pada citra didasarkan pada penyelidikan karakteristiknya pada citra. Karakteristik yang tergambar pada citra dan digunakan untuk mengenali objek disebut unsur interpretasi citra. Gambar 2.1. menunjukkan sistem penginderaan jauh yang umum digunakan.



Gambar 2.1. Sistem penginderaan jauh

### 2.1.2 Teknologi Penginderaan Jauh

Salah satu contoh sistem penginderaan jauh yang paling dikenal adalah satelit pemantauan cuaca Bumi. Dalam hal ini, target adalah permukaan Bumi, yang melepaskan energi dalam bentuk radiasi *infrared* (infra merah) berupa energi panas. Energi merambat melalui atmosfer dan ruang angkasa untuk mencapai

sensor, yang berada pada platform satelit. Beberapa level energi kemudian dicatat, dikirimkan ke stasiun penerima di Bumi, dan diubah menjadi citra yang menunjukkan perbedaan suhu pada permukaan Bumi. Dengan cara yang sama, sensor cuaca yang berada pada satelit mengukur energi cahaya yang nampak dari matahari ketika dipantulkan oleh permukaan Bumi, dikirimkan melalui ruang angkasa kepada sensor, dicatat dan dikirim ke Bumi untuk pemrosesan. Bentuk lain penginderaan jauh yang banyak dikenal pada skala yang jauh lebih kecil adalah teknologi citra untuk kedokteran seperti *Magnetic Resonance Imaging* (MRI), sonogram, dan X-Ray Imaging. Semua teknologi ini menggunakan beberapa bentuk energi untuk menghasilkan citra dari bagian dalam tubuh manusia. Berbagai macam bentuk energi yang dihasilkan dari sebuah mesin ditembakkan kepada target [5] (Sutanto, 1994).

Sensor kemudian mengukur bagaimana energi ini diserap, dipantulkan atau dikirimkan ke arah lain oleh target, dan hasilnya akan dikumpulkan dalam bentuk sebuah citra. Teknologi ini sangat membantu dalam hal memeriksa sistem internal dalam tubuh manusia tanpa melakukan pembedahan.

Lebih jauh lagi, penginderaan jauh memungkinkan kita untuk mempelajari hal-hal di luar planet Bumi. Berbagai bentuk astronomi adalah contoh dari penginderaan jauh, karena target yang diteliti berada dalam jarak yang sangat jauh dari Bumi sehingga kontak fisik tidak dimungkinkan. Astronomer menggunakan teleskop and alat sensor lain. Informasi dicatat dan digunakan untuk mengambil kesimpulan mengenai ruang angkasa dan alam semesta. Penginderaan jauh untuk lingkungan hidup adalah penelitian mengenai interaksi antara sistem alam di Bumi menggunakan teknologi tersebut. Beberapa keuntungan menggunakan teknik penginderaan jauh dalam hal ini adalah:

- a. Lebih luasnya ruang lingkup yang bisa dipelajari.
- b. Lebih seringnya sesuatu fenomena bisa diamati.
- c. Dimungkinkannya penelitian di tempat-tempat yang susah atau berbahaya untuk dijangkau manusia, seperti daerah kutub, kebakaran hutan, aktivitas gunung berapi.

Sebuah platform penginderaan jauh dirancang sesuai dengan beberapa tujuan khusus. Tipe sensor dan kemampuannya, platform, penerima data,

pengiriman dan pemrosesan harus dipilih dan dirancang sesuai dengan tujuan tersebut dan beberapa faktor lain seperti biaya, waktu dsb.

### **2.1.3 Resolusi sensor**

Rancangan dan penempatan sebuah sensor terutama ditentukan oleh karakteristik khusus dari target yang ingin dipelajari dan informasi yang diinginkan dari target tersebut. Setiap aplikasi penginderaan jauh mempunyai kebutuhan khusus mengenai luas cakupan area, frekuensi pengukuran dan tipe energi yang akan dideteksi. Oleh karena itu, sebuah sensor harus mampu memberikan resolusi spasial, spectral dan temporal yang sesuai dengan kebutuhan aplikasi.

Purwadhi (2001) [6] resolusi spasial menunjukkan level dari detail yang ditangkap oleh sensor. Semakin detail sebuah studi semakin tinggi resolusi spasial yang diperlukan. Sebagai ilustrasi, pemetaan penggunaan lahan memerlukan resolusi spasial lebih tinggi daripada sistem pengamatan cuaca berskala besar. Sedangkan menurut Sutanto (1994) [5] resolusi spektral menunjukkan lebar kisaran dari masing-masing band spektral yang diukur oleh sensor. Kemudian resolusi temporal menunjukkan interval waktu antar pengukuran. Untuk memonitor perkembangan badai, diperlukan pengukuran setiap beberapa menit. Produksi tanaman membutuhkan pengukuran setiap musim, sedangkan pemetaan geologi hanya membutuhkan sekali pengukuran.

### **2.1.4 Sistem komunikasi dan pengumpulan data pada penginderaan jauh**

Pengiriman data yang dikumpulkan dari sebuah sistem penginderaan jauh kepada pemakai kadang-kadang harus dilakukan dengan sangat cepat. Oleh karena itu, pengiriman, penerimaan, pemrosesan dan penyebaran data dari sebuah sensor satelit harus dirancang dengan teliti untuk memenuhi kebutuhan pemakai. Menurut Purwadhi (2001) [6] pada *ground-based platforms*, pengiriman menggunakan sistem komunikasi *ground-based* seperti radio, transmisi gelombang mikro atau jaringan komputer. Bisa juga data disimpan pada *platform* untuk kemudian diambil secara manual. Pada *platform*, data biasanya disimpan *on*

*board* dan diambil setelah pesawat mendarat. Untuk satelit, data dikirim ke Bumi melalui sebuah stasiun penerima. Berbagai cara transmisi yang dilakukan:

- a. Langsung kepada stasiun penerima yang ada dalam jangkauan,
- b. Disimpan *on board* dan dikirimkan pada saat stasiun penerima ada dalam jangkauan,
- c. Terus menerus, yaitu pengiriman ke stasiun penerima melalui komunikasi satelit berantai pada orbit Bumi, atau
- d. Kombinasi dari cara-cara tersebut. Data diterima oleh stasiun penerima dalam bentuk format digital mentah. Kemudian data tersebut akan diproses untuk pengoreksian sistematik, geometrik dan atmosferik dan dikonversi menjadi format standard. Data kemudian disimpan dalam tape, disk atau CD. Data biasanya disimpan di stasiun penerima dan pemroses, sedangkan perpustakaan lengkap dari data biasanya dikelola oleh pemerintah ataupun perusahaan komersial yang berkepentingan.

## 2.2 Citra atau *Image*

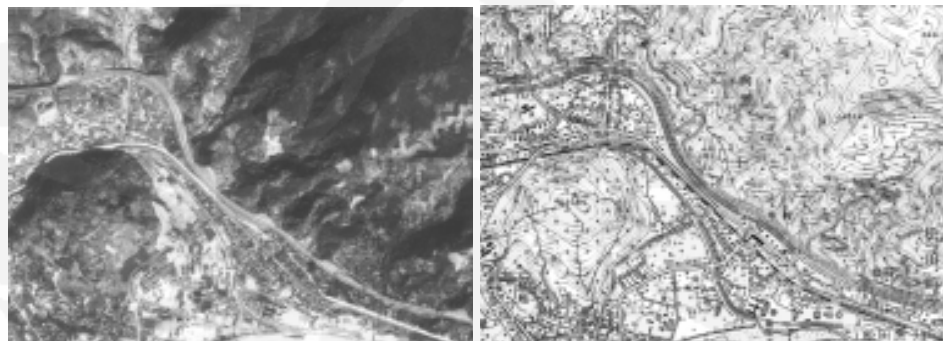
Citra atau *image* merupakan representasi Gambar yang diperoleh dari panjang gelombang berbeda-beda dalam spektrum elektromagnetik. Citra juga merupakan istilah lain dari Gambar, yang merupakan informasi berbentuk visual [5] (Sutanto, 1994). Citra dapat berupa dua dimensi, seperti foto atau tampilan di layar, dan dapat pula tiga dimensi, seperti patung. Citra dapat ditangkap dengan alat optik seperti kamera, cermin, lensa, teleskop, mikroskop, dan objek atau fenomena alami seperti mata atau permukaan air. Citra dapat dibedakan atas citra foto (*photographic image*) atau foto udara dan citra non foto (*non-photographic image*) (Purwadhi, 2001). Gambar 2.2. menunjukkan contoh data citra satelit dalam format digital yang dapat diolah menggunakan komputer.



Gambar 2.2 Contoh citra satelit dalam format digital

### 2.2.1 Citra foto

Citra Foto adalah gambar yang dihasilkan dengan menggunakan sensor kamera. Contoh citra foto (dalam hal ini foto udara) dapat terlihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Contoh salah satu citra foto

Citra foto berdasarkan spektrum elektromagnetik yang digunakan, citra foto dapat dibedakan atas:

- a. Foto ultra violet yaitu foto yang dibuat dengan menggunakan spektrum ultra violet dekat dengan panjang gelombang  $0,29 \mu\text{m}$ . Cirinya tidak banyak informasi yang dapat disadap, tetapi untuk beberapa obyek dari foto ini mudah pengenalannya karena kontrasnya yang besar. Foto ini sangat baik untuk mendeteksi tumpahan minyak di laut, membedakan atap logam yang tidak dicat, jaringan jalan aspal, batuan kapur.
- b. Foto ortokromatik yaitu foto yang dibuat dengan menggunakan spektrum tampak dari saluran biru hingga sebagian hijau ( $0,4 - 0,56 \mu\text{m}$ ). Cirinya banyak obyek yang tampak jelas. Foto ini bermanfaat untuk studi pantai karena filmnya peka terhadap obyek di bawah permukaan air hingga kedalaman kurang lebih 20 meter. Baik untuk survey vegetasi karena daun hijau tergambar dengan kontras.
- c. Foto pankromatik yaitu foto yang menggunakan seluruh spektrum tampak mata mulai dari warna merah hingga ungu. Kepekaan film hampir sama dengan kepekaan mata manusia. Cirinya pada warna obyek sama dengan kesamaan mata manusia. Baik untuk mendeteksi pencemaran air, kerusakan banjir, penyebaran air tanah dan air permukaan. Contoh citra pankromatik yang diambil dari satelit SPOT milik Prancis, ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gamabr 2.4. Contoh salah satu citra satelit SPOT pankromatik

- d. Foto infra merah asli (*true infrared photo*), yaitu foto yang dibuat dengan menggunakan spektrum infra merah dekat hingga panjang gelombang 0,9 – 1,2  $\mu\text{m}$  yang dibuat secara khusus. Cirinya dapat mencapai bagian dalam daun, sehingga rona pada foto infra merah tidak ditentukan warna daun tetapi oleh sifat jaringannya. Baik untuk mendeteksi berbagai jenis tanaman termasuk tanaman yang sehat atau yang sakit.
- e. Foto infra merah modifikasi, yaitu foto yang dibuat dengan infra merah dekat dan sebagian spektrum tampak pada saluran merah dan sebagian saluran hijau. Dalam foto ini obyek tidak segelap dengan film infra merah sebenarnya, sehingga dapat dibedakan dengan air.

### 2.2.2 Citra Non Foto

Citra non foto adalah gambaran yang dihasilkan oleh sensor bukan kamera. Contoh gambar non foto ditunjukkan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Contoh citra non foto

Citra non foto dibedakan atas:

- a. Spektrum elektromagnetik yang digunakan  
Berdasarkan spektrum elektromagnetik yang digunakan dalam penginderaan, Citra non foto dibedakan atas:
  - 1) Citra infra merah thermal, yaitu citra yang dibuat dengan spektrum infra merah thermal. Penginderaan pada spektrum ini berdasarkan



atas beda suhu obyek dan daya pancarnya pada citra tercermin dengan beda rona atau beda warnanya.

- 2) Citra radar dan citra gelombang mikro, yaitu citra yang dibuat dengan sektrum gelombang mikro. Citra radar merupakan hasil penginderaan dengan sistem aktif yaitu dengan sumber tenaga buatan, sedang citra gelombang mikro dihasilkan dengan sistem pasif yaitu dengan menggunakan sumber tenaga alamiah.

b. Sensor yang digunakan, citra non foto terdiri dari:

- 1) Citra tunggal, yakni citra yang dibuat dengan sensor tunggal, yang salurannya lebar.
- 2) Citra multispektral, yakni cerita yang dibuat dengan sensor jamak, tetapi memiliki spektrum panjang gelombang sempit, yang terdiri dari: citra RBV (*Return Beam Vidicon*), dimana sensor berupa kamera yang hasilnya direkam tidak dalam bentuk foto karena detektornya bukan film dan prosesnya non fotografik. Contoh lain ialah citra MSS (*Multi Spektral Scanner*), sensornya dapat menggunakan spektrum tampak maupun spektrum infra merah thermal. Citra ini dapat dibuat dari pesawat udara.

c. Wahana yang digunakan Berdasarkan wahana yang digunakan, citra non foto dibagi atas:

- 1) Citra dirgantara (*Airbone image*), yaitu citra yang dibuat dengan wahana yang beroperasi di udara (dirgantara). Contoh: citra infra merah termal, radar dan citra MSS. Citra dirgantara ini jarang digunakan.
- 2) Citra Satelit (*Satellite/Spaceborne Image*), yaitu citra yang dibuat dari antariksa atau angkasa luar.

### 2.2.3 Citra Digital dan Citra Analog

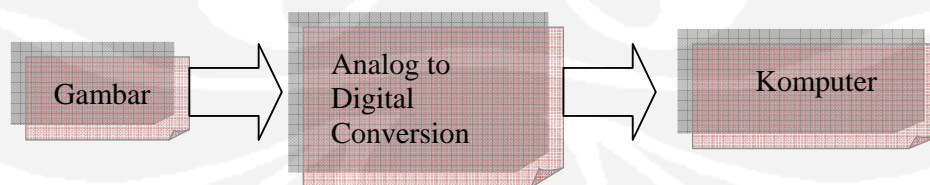
Dalam pengertiannya citra juga terbagi menjadi citra analog dan citra digital. Citra analog tidak direpresentasikan dalam komputer, dan berupa fakta/fenomena di alam, misalnya: gelombang suara, gambar. Citra atau data analog analog dapat disimpan dalam pita kaset. Sedangkan citra digital direpresentasikan dalam

komputer berbentuk kode seperti biner, decimal. Contoh data digital: WAV, MP3, MID, RMI, BMP, JPG, GIF. Komputer digital bekerja dengan angka presisi berhingga, jadi hanya citra diskrit yang dapat diolah komputer. Dalam representasinya, citra digital merupakan suatu array 2 dimensi berupa koordinat x dan y yang elemennya menyatakan tingkat keabuan piksel atau elemen gambar citra tersebut. Citra yang dihasilkan direkam datanya bersifat kontinu harus dikonversi terlebih dahulu menjadi citra digital sehingga dapat diolah komputer. Proses tersebut disebut digitasi, yaitu membuat kisi-kisi arah horizontal dan vertikal sehingga terbentuk array 2 dimensi.

### 2.3 Pengolahan citra

Pengolahan citra adalah kegiatan memperbaiki kualitas citra agar mudah diinterpretasi oleh manusia/mesin (komputer). Masukan adalah citra dan keluarannya juga citra tapi dengan kualitas lebih baik daripada citra masukan. Misal citra warnanya kurang tajam, kabur (*blurring*), mengandung *noise* (misal bintik-bintik putih), dll. sehingga memerlukan pemrosesan untuk memperbaiki citra karena citra tersebut menjadi sulit diinterpretasi.

Komputer hanya dapat mengakses data digital, oleh karena itu untuk pengolahan data digital analog terdapat proses konversi yang disebut proses *Analog to Digital Conversion* (ADC). Tujuan proses ADC adalah agar dapat diakses komputer, karena data asli atau fakta bersifat analog tidak bisa diolah oleh komputer. Gambar 2.6. menunjukkan pengolahan data citra asli dalam format analog hingga dapat diolah oleh komputer.



Gambar 2.6 Konversi analog ke digital dari gambar sampai ke komputer

#### 2.3.1 Pengolahan Citra Digital

Pengolahan citra digital merupakan proses yang bertujuan untuk memanipulasi dan menganalisis citra dengan bantuan komputer. Pengolahan citra digital dapat dikelompokkan dalam dua jenis kegiatan:

- a. Memperbaiki kualitas suatu gambar, sehingga dapat lebih mudah diinterpretasi oleh mata manusia.
- b. Mengolah informasi yang terdapat pada suatu gambar untuk keperluan pengenalan objek secara otomatis.

Bidang aplikasi kedua yang sangat erat hubungannya dengan ilmu pengenalan pola (*pattern recognition*) yang umumnya bertujuan mengenali suatu objek dengan cara mengekstrak informasi penting yang terdapat pada suatu citra. Bila pengenalan pola dihubungkan dengan pengolahan citra, diharapkan akan terbentuk suatu sistem yang dapat memproses citra masukan sehingga citra tersebut dapat dikenali polanya. Proses ini disebut pengenalan citra atau *image recognition* (Purwadhi, 2001) [6]. Proses pengenalan citra ini sering diterapkan dalam kehidupan sehari-hari.

Pemrosesan data secara digital sangat penting dilakukan karena dengan cara ini dapat menyelesaikan pengolahan data dalam jumlah yang banyak dan hanya membutuhkan waktu yang relatif singkat. Pemrosesan data secara digital ini juga untuk memperoleh ketepatan yang tinggi dan obyektif dari suatu obyek yang sedang dikaji atau diamati. Pemrosesan data secara digital dibagi menjadi dua tahap yaitu tahap perbaikan citra dan tahap ekstraksi citra (*information extraction*). Pada tahap perbaikan citra meliputi perbaikan data citra, koreksi radiometri dan koreksi geometri. Pemrosesan data secara digital merupakan manipulasi secara numerik pada citra digital. Langkah yang termasuk di dalamnya berupa pemrosesan awal (*preprocessing*).

Menurut Sutanto (1994)[5], pemrosesan awal citra secara digital merupakan tahap pengolahan data penginderaan jauh yang asli agar lebih mudah diinterpretasi. Biasanya hal ini ditujukan untuk kepentingan analisis visual atau analisis digital. Pada tahap pemrosesan awal ini berisi tentang koreksi atas *distorsi* yang terjadi pada citra asli, baik *distorsi* radiometri maupun distorsi geometri. Perbaikan yang dilakukan ada dua macam yaitu: (1) penghilang pengaruh (*remove*

*of effect*) yang disebabkan oleh faktor-faktor yang sudah diperhitungkan sebelumnya atau yang telah diketahui, seperti respon detektor yang tidak linier dan pengaruh kelengkungan Bumi, (2) perbaikan citra karena pengaruh tekanan (*suppression of effect*) yang sulit diketahui dan diduga, misalnya hamburan atmosfer dan kelainan fungsi detektor oleh gerakan sensor. Pengolahan citra dan pengenalan pola menjadi bagian dari proses pengenalan citra. Kedua aplikasi ini akan saling melengkapi untuk mendapatkan ciri khas dari suatu citra yang hendak dikenali. Secara umum tahapan pengolahan citra digital meliputi akuisisi citra, peningkatan kualitas citra, segmentasi citra, representasi dan uraian, pengenalan dan interpretasi.

### **2.3.2 Akuisisi citra**

Pengambilan data dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai media seperti kamera analog, kamera digital, *handycam*, *scanner*, *optical reader* dan sebagainya. Citra yang dihasilkan belum tentu data digital, sehingga perlu didigitalisasi (Sutanto, 1994)[5].

### **2.3.3 Peningkatan kualitas citra**

Pada tahap ini dikenal dengan *pre-processing* dimana dalam meningkatkan kualitas citra dapat meningkatkan kemungkinan dalam keberhasilan pada tahap pengolahan citra digital berikutnya (Sutanto, 2004)[5].

### **2.3.4 Segmentasi citra**

Segmentasi bertujuan untuk memilih dan mengisolasi (memisahkan) suatu objek dari keseluruhan citra. Segmentasi terdiri dari *downsampling*, penapisan dan deteksi tepian. Tahap *downsampling* merupakan proses untuk menurunkan jumlah piksel dan menghilangkan sebagian informasi dari citra. Dengan resolusi citra yang tetap, *downsampling* menghasilkan ukuran citra yang lebih kecil. Tahap segmentasi selanjutnya adalah penapisan dengan filter untuk menghilangkan derau yang biasanya muncul pada frekuensi tinggi pada spektrum citra. Pada penapisan dengan filter, gray level citra pada setiap piksel digantikan dengan jumlah nilai perkalian dari *gray level* pada piksel yang terdapat pada

jendela filter dengan komponen-komponennya. Tahap yang terakhir pada proses segmentasi yaitu deteksi tepi. Pendekatan algoritma deteksi tepi, misalnya menggunakan operator *Canny* dilakukan berdasarkan konvolusi fungsi citra dengan operator *Gaussian* dan turunan-turunannya. Pendeteksi tepi ini dirancang untuk merepresentasikan sebuah tepian yang ideal, dengan ketebalan yang diinginkan. Secara umum, proses segmentasi sangat penting dan secara langsung akan menentukan keakuratan sistem dalam proses identifikasi iris mata.

### **2.3.5 Representasi dan Uraian**

Representasi mengacu pada konversi data dari hasil segmentasi ke bentuk yang lebih sesuai untuk proses pengolahan pada komputer. Keputusan pertama yang harus sudah dihasilkan pada tahap ini adalah data yang akan diproses dalam batasan-batasan atau daerah yang lengkap. Batas representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik bentuk luar, dan area representasi digunakan ketika penekanannya pada karakteristik dalam, sebagai contoh tekstur. Setelah data telah direpresentasikan ke bentuk tipe yang lebih sesuai, tahap selanjutnya adalah menguraikan data.

### **2.3.6 Pengenalan dan Interpretasi**

Pengenalan pola tidak hanya bertujuan untuk mendapatkan citra dengan suatu kualitas tertentu, tetapi juga untuk mengklasifikasikan bermacam-macam citra. Dari sejumlah citra diolah sehingga citra dengan ciri yang sama akan dikelompokkan pada suatu kelompok tertentu. Interpretasi meliputi penekanan dalam mengartikan objek yang dikenali (Purwadhi, 2001)[ ].

### **2.3.7 Error Koreksi**

Citra harus dikoreksi geometrik yaitu koreksi yang harus dilakukan untuk membuat posisi obyek pada citra sama dengan posisi sebenarnya merujuk pada suatu acuan, misalnya peta. Data harus dikoreksi geometris terhadap sistem koordinat Bumi, agar semua informasi data citra sesuai keberadaannya di Bumi. Koreksi geometri sebenarnya merupakan transformasi citra penginderaan jauh,

sehingga citra memiliki sifat atau karakteristik seperti yang ada pada peta, baik dalam bentuk skala maupun proyeksinya (Mather, 1989)[ ].

Koreksi geometri dilakukan karena penginderaan jauh yang dihasilkan oleh wahana satelit memiliki dua macam kesalahan: (1) kesalahan sistematis dan (2) kesalahan non sistematis. Kesalahan sistematis merupakan kesalahan yang telah diperhitungkan sebelumnya, sedangkan kesalahan non sistematis merupakan kesalahan yang tidak atau belum diperhitungkan sebelumnya. Untuk mengoreksi kesalahan sistematis dan kesalahan non sistematis diperlukan pengetahuan mengenai sistem internal wahana dan berbagai hal yang mendukungnya. Baik kesalahan sistematis maupun kesalahan non sistematis dapat dikoreksi dengan menggunakan analisis titik kontrol medan (Curran, 1985)[ ]. Titik kontrol medan adalah titik di permukaan Bumi, dimana titik tersebut dapat diketahui koordinat baris dan kolomnya pada citra maupun koordinat pada peta yang bersesuaian (diukur dalam derajat lintang dan bujur, feet atau meter). Jika menggunakan peta, titik ikat medan ditempatkan sesuai dengan koordinat peta (lintang, bujur). Jumlah minimal titik kontrol medan yang diperlukan berbeda sesuai dengan orde polinomial yang digunakan.

Formulasi yang digunakan adalah:

$$X = f_1(x, y) \quad (2.1)$$

$$Y = f_2(x, y) \quad (2.2)$$

Dimana:

$x, y$  = koordinat citra yang mengalami kesalahan

$x, y$  = koordinat peta sebagai acuan

$f_1$  dan  $f_2$  = koefisien transformasi

Selanjutnya untuk rektifikasi ada dua macam: interpolasi spasial dan interpolasi intensitas. Interpolasi spasial yaitu memindahkan letak pixel dengan koordinat citra ( $x, y$ ) ke koordinat peta yang dijadikan acuan. Selain dengan peta, koreksi geometri juga dapat dilakukan dari citra yang telah dikoreksi. Dengan registrasi yaitu yang menempatkan (fitting) sistem koordinat citra yang belum terkoreksi terhadap citra yang terkoreksi pada daerah yang sama.

Menurut Green (1983)[7], interpolasi interpretasi diperlukan karena tidak ada hubungan langsung antara perpindahan masukkan nilai piksel dengan lokasi pemindahan, sehingga diperlukan penentuan nilai kecerahan yang baru pada letak yang baru, melalui suatu transformasi geometrik yang khusus. Interpolasi intensitas dilakukan dengan proses *resampling*. Proses ini meliputi ekstraksi nilai kecerahan lokasi  $x,y$  pada citra asli sebagai *input* (yang mengalami penyimpangan), untuk ditempatkan kembali ke dalam koordinat  $(x,y)$  yang benar pada citra yang direktifikasi (*output*). Dari piksel yang ditempatkan kembali, menghasilkan citra keluaran baris demi baris atau kolom demi kolom.

Metode *resampling* yang digunakan adalah *resampling* tetangga terdekat (*nearest-neighbour interpolation resampling*) dimana metode ini merupakan metode *resampling* yang paling sederhana dengan teknik memindah (*transfer*) nilai piksel yang terdekat tanpa memperhatikan adanya pergeseran kecil. Keuntungan metode ini adalah perhitungannya sederhana dan tidak terjadi perubahan nilai piksel. Namun kenampakan pada matrik keluaran dapat digeser secara spasial hingga setengah piksel, yang dapat menyebabkan kenampakan yang tidak berkesinambungan pada citra yang dihasilkan.

Kesalahan geometrik pada citra satelit umumnya diakibatkan oleh dua macam yaitu: kesalahan internal dan kesalahan eksternal. Kesalahan internal antara lain karena kemiringan cermin penyiaman (*scan mirror*) dan ketidaklinieran sistem penyiaman serta berbeloknya arah penyinaran. Sedangkan untuk kesalahan eksternal disebabkan karena rotasi Bumi, kelengkungan Bumi, perubahan posisi satelit dan perubahan ketinggian satelit.

#### **2.4 MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*)**

Satelit TERRA/AQUA yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) merupakan salah satu satelit penginderaan jauh yang memiliki kemampuan memantau permukaan Bumi dan fenomena lingkungan dengan resolusi spasial 250 m, 500 m, dan 1000 m. Satelit ini dapat mencakup wilayah yang luas yaitu sekitar 2330 km setiap hari dengan resolusi spectral sebanyak 36 kanal. Satelit MODIS mulai beroperasi sejak tanggal 18

Desember 1999 (TERRA) dan 4 Mei 2002 (AQUA). Gambar 2.3 merupakan ilustrasi seni satelit TERRA/AQUA MODIS.



Gambar 2.3 Ilustrasi seni satelit TERRA/AQUA MODIS

#### 2.4.1 Spesifikasi Data MODIS

Spesifikasi data MODIS ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Spesifikasi data MODIS

<b>Karakteristik Platform</b>	Orbital Period -- 99 menit
	Semi major axis -- 7085 km
	Repeat Time -- 16 hari
	Quasi repeat time -- 2 hari
<b>Orbit:</b>	705 km, 10:30 a.m. descending node (Terra) or 1:30 p.m. ascending node (Aqua), sun-synchronous, near-polar, circular
<b>Dimension Swath :</b>	2330 km (cross track) by 10 km (along track at nadir)
<b>Quantization:</b>	12 bits
<b>Resolusi Spasial :</b>	250 m (bands 1-2)
	500 m (bands 3-7)
	1000 m (bands 8-36)
<b>Design Usia:</b>	6 tahun

Sumber: <http://modis.gsfc.nasa.gov/about/specifications.php>

Pada Tabel 2.1. dapat diketahui orbit MODIS yaitu 705 km, dengan *descending node* (Terra) dan *ascending node* untuk Aqua. Kemudian untuk resolusi spasial 250m untuk band/kanal 1-2, 500m pada kanal 3-7 dan 1000m untuk kanal 8-36. Pengulangan waktu terjadi dalam 16 hari, dan lintasan MODIS berkisar antara 7085 km, sedangkan orbital periode nya sekitar 99 menit



Detail masing-masing kanal ditunjukkan pada Tabel 2.2. Masing-masing kanal mempunyai kelebihan tersendiri berdasarkan reflektansi obyek pada tiap-tiap kanal. Kombinasi beberapa kanal ini akan memberikan manfaat untuk mengetahui liputan penutup lahan, seperti: lahan terbuka, permukiman, serta beberapa obyek vegetasi.

Tabel 2.2 Band Spektral MODIS [8]

Reflected Solar Bands			Emissive Bands
Aggregated 250 m	Aggregated 500 m	1 km	1 km
Band 1 (620-670 nm)	Band 3 (459-479 nm)	Band 8 (405-420 nm)	Band 20 (3.660-3.840 $\mu\text{m}$ )
Band 2 (841-876 nm)	Band 4 (545-565 nm)	Band 9 (438-448 nm)	Band 21 (3.929-3.989 $\mu\text{m}$ )
	Band 5 (1230-1250 nm)	Band 10 (483-493 nm)	Band 22 (3.939-3.989 $\mu\text{m}$ )
	Band 6 (1628-1652 nm)	Band 11 (526-536 nm)	Band 23 (4.020-4.080 $\mu\text{m}$ )
	Band 7 (2105-2155 nm)	Band 12 (546-556 nm)	Band 24 (4.433-4.498 $\mu\text{m}$ )
		Band 13L (662-672 nm)	Band 25 (4.482-4.549 $\mu\text{m}$ )
		Band 13H (662-672 nm)	Band 27 (6.535-6.895 $\mu\text{m}$ )
		Band 14L (673-683 nm)	Band 28 (7.175-7.475 $\mu\text{m}$ )
		Band 14H (673-683 nm)	Band 29 (8.400-8.700 $\mu\text{m}$ )
		Band 15 (743-753 nm)	Band 30 (9.580-9.880 $\mu\text{m}$ )
		Band 16 (862-877 nm)	Band 31 (10.780-11.280 $\mu\text{m}$ )
		Band 17 (890-920 nm)	Band 32 (.770-12.270 $\mu\text{m}$ )
		Band 18 (931-941 nm)	Band 33 (13.185-13.485 $\mu\text{m}$ )
		Band 19 (915-965 nm)	Band 34 (13.485-13.785 $\mu\text{m}$ )
		Band 26 (1.360-1.390 $\mu\text{m}$ )	Band 35 (13.785-14.085 $\mu\text{m}$ )
			Band 36 (14.085-14.385 $\mu\text{m}$ )

Sumber: <http://modis.gsfc.nasa.gov/> [8]

Pembagian kanal dapat dipergunakan sesuai dengan peruntukkannya berdasarkan panjang gelombang yang diwakili oleh masing-masing kanal tersebut. Setiap band mempunyai panjang gelombang yang berbeda, sedangkan aplikasi umum kanal optik yang dirujuk pada sensor Landsat adalah sebagai berikut

**Kanal (Panjang Gelombang):**

- **Biru (0.45-0.52  $\mu\text{m}$ ):**

Pemetaan perairan pantai: bathymetri & kualitas air. Pemetaan phytoplankton dan sedimen laut (lepas). Atmosphere: deteksi polusi dan kabut (haze).

- **Hijau (0.52-0.60  $\mu\text{m}$ ):**  
Puncak reflektansi hijau daun (chlorophyl). Pemetaan spesies vegetasi. Gangguan (stress) pada vegetasi
- **Merah(0.63-0.69  $\mu\text{m}$ ):**  
Penyerapan (energi cahaya) oleh chlorophyl. Perbedaan spesies tanaman. Kandungan biomasa (Biomass content)
- **Infra Merah Dekat/NIR (0.76-0.90  $\mu\text{m}$ ):**  
Spesies dan gangguan (pada) vegetasi. Kandungan biomasa. Kelembaban tanah
- **Infra Merah Gelombang Pendek/SWIR (1.55-1.75  $\mu\text{m}$ ):**  
Deliniasi vegetasi-tanah. Pemetaan daerah perkotaan. Perbedaan salju-awan
- **Infra Merah Gelombang Pendek/SWIR (2.08-2.35  $\mu\text{m}$ ):**  
Geologi: pemetaan jenis mineral dan batuan. Deliniasi badan air (water body). Pemetaan kandungan uap air (moisture) tanaman
- **Infra Merah Termal/TIR (10.4-12.5  $\mu\text{m}$ ):**  
Analisis gangguan (stress) vegetasi. Pemetaan kandungan uap air dan evapotranspirasi tanah. Pemetaan suhu permukaan
- **Pankromatik/Pan-15m (0.50-0.90  $\mu\text{m}$ ):**  
Pemetaan topografi skala menengah. Penajaman tepi (*sharpening*) citra. Klasifikasi tutupan salju

Aplikasi dan penggunaan band spectral MODIS ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Karakteristik sensor MODIS [9]

Primary Use	Band	Bandwidth	Spectral Radiance
Land/Cloud/Aerosols Boundaries	1	620-670 nm	21.8 W
	2	841-876 nm	24.7 W

Land/Cloud/Aerosols Properties	3	459-479 nm	35.3 W
	4	545-565 nm	29.0 W
	5	1230-1250 nm	5.4 W
	6	1628-1652 nm	7.3 W
	7	2105-2155 nm	1.0 W
Ocean Color Phytoplankton Biogeochemistry	8	405-420 nm	44.9 W
	9	438-448 nm	41.9 W
	10	483-493 nm	32.1 W
	11	526-536 nm	27.9 W
	12	546-556 nm	21.0 W
	13	662-672 nm	9.5 W
	14	673-683 nm	8.7 W
	15	743-753 nm	10.2 W
Atmospheric Water Vapor	16	862-877 nm	6.2 W
	17	890-920 nm	10.0 W
	18	931-941 nm	3.6 W
Surface/Cloud Temperature	19	915-965 nm	15.0 W
	20	3.660-3.840 $\mu\text{m}$	0.45 W (300 K) <sup>1</sup>
	21	3.929-3.989 $\mu\text{m}$	2.38 W (335 K) <sup>1</sup>
	22	3.929-3.989 $\mu\text{m}$	0.67 W (300 K) <sup>1</sup>
Atmospheric Temperature	23	4.020-4.080 $\mu\text{m}$	0.79 W (300 K) <sup>1</sup>
	24	4.433-4.498 $\mu\text{m}$	0.17 W (250 K) <sup>1</sup>
Cirrus Clouds Water Vapor	25	4.482-4.549 $\mu\text{m}$	0.59 W (275 K) <sup>1</sup>
	26	1.360-1.390 $\mu\text{m}$	6.0 W
	27	6.535-6.895 $\mu\text{m}$	1.16 W (240 K) <sup>1</sup>
Cloud Properties	28	7.175-7.475 $\mu\text{m}$	2.18 W (250 K) <sup>1</sup>
	29	8.400-8.700 $\mu\text{m}$	9.58 W (300 K) <sup>1</sup>
Ozone	30	9.580-9.880 $\mu\text{m}$	3.69 W (250 K) <sup>1</sup>
Surface/Cloud Temperature	31	10.780-11.280 $\mu\text{m}$	9.55 W (300 K) <sup>1</sup>
	32	11.770-12.270 $\mu\text{m}$	8.94 W (300 K) <sup>1</sup>
Cloud Top Attitude	33	13.185-13.485 $\mu\text{m}$	4.52 W (260 K) <sup>1</sup>

	34	13.485-13.785 $\mu\text{m}$	3.76 W (250 K) <sup>1</sup>
	35	13.785-14.085 $\mu\text{m}$	3.11 W (240 K) <sup>1</sup>
	36	14.085-14.385 $\mu\text{m}$	2.08 W (220 K) <sup>1</sup>

Sumber: <http://LPDAAC.usgs.gov> [9]

#### 2.4.2 Data MODIS

Data MODIS terdapat dalam beberapa level data. Beberapa jenis level data MODIS yang tersedia yaitu level-0, level-1A, level-1B, level-2, dan level-3. Data MODIS level-0 merupakan data mentah hasil perekaman satelit yang diterima secara langsung oleh stasiun penerima di Bumi. MODIS level-0 memiliki informasi berupa kanal yang belum diperkecil. Ukuran datanya lebih besar dibandingkan dengan data MODIS level-1.

Data MODIS level-1 terdiri dari dua tipe yaitu MODIS level-1A dan MODIS level-1B. Data level-1A merupakan data mentah ditambah dengan informasi tentang kalibrasi sensor dan geolokasi. Geolokasi berisi informasi tentang lintang dan bujur pada setiap pusat piksel yang beresolusi 1 km. Informasi pada data ini diperkecil dan dikelompokkan dimana kanal dan sebagian data yang tidak digunakan akan dihilangkan.

Kumpulan data level-1B memiliki kalibrasi dan geolokasi pada radiansi yang dihasilkan dari sensor. Pada MODIS level-1B, piksel tergeolokasi terhadap koordinat tengah piksel. Tidak ada koreksi untuk efek *bowtie* dari MODIS level-1B. Namun pada data perlu diperhatikan bahwa piksel di pinggir dari penyiaran (*scanning*) memiliki cakupan lebih luas dan cakupan dari piksel yang mengikuti arah penyiaran sebagian mengalami tumpang tindih (*overlap*).

Produk MODIS level-2 dihasilkan dari produk level-1. Isi data utama dari produk ini adalah nilai geofisik untuk setiap piksel, yang berasal dari level-1 dengan menerapkan kalibrasi sensor, koreksi atmosfer, dan algoritma bio-optik. Setiap produk level-2 ini berhubungan dengan cakupan geografis dari produk level-1A dan disimpan pada format HDF.

Sedangkan produk data level-3 terdiri dari kumpulan data level-2. Citra satelit AQUA dan TERRA MODIS level-3 biasanya sudah terkoreksi radiometrik maupun geometrik.

## 2.5 LST (LAND SURFACE TEMPERATURE) MODIS

Satelit TERRA/AQUA yang membawa sensor MODIS dapat digunakan untuk untuk ekstraksi data suhu permukaan Bumi atau LST (*Land Surface Temperature*). LST ini merupakan salah satu variabel masukan untuk produk MODIS Land dan Atmospheric seperti *aerosol*, profil atmosferic, *land-cover*, *evapotranspiration*, dan produktivitas utama, serta untuk kebutuhan riset berbagai riset mengenai EOS (*Earth Observing System*) yang bersifat lintas disiplin ilmu. LST sering diperlukan sebagai data masukan dalam model-model perhitungan evapotranspirasi, kelembaban udara, kelengasan tanah, neraca energi dan lain sebagainya.

Beberapa metode telah dikembangkan oleh para peneliti, yang semuanya dapat dikelompokkan menjadi 3 (tiga) yakni: metode kanal tunggal, metode multi angular dan metode multi-kanal (*split windows*) (Becker dan Li, 1990 dalam Vogt, 1996) [3]. Metode split window merupakan metode yang sering digunakan. Didasarkan pada sifat transmitansi atmosfer yang berbeda pada jarak spektral dekat pada jendela infra merah antara 11-12  $\mu\text{m}$ , yang dipusatkan pada 10,8  $\mu\text{m}$  dan 11,9  $\mu\text{m}$ . Pada data MODIS, kanal-kanal yang dapat digunakan untuk menurunkan data LST (*Land Surface Temperature*) adalah kanal 31 (10,780 – 11,280  $\mu\text{m}$  dan kanal 32 (11,770 – 12,270  $\mu\text{m}$ )

Berdasarkan MODIS *Land-Surface Temperature Algorithm Theoretical Basic Document* (LST ATBD), metode-metode yang digunakan untuk menurunkan nilai LST dari kanal 31 dan 32 ada berbagai macam-macam. Akan tetapi pada umumnya ada 3 (tiga) metode yang sering digunakan yaitu metode Price (1984)[ ], metode Li dan Becker (1991)[3], dan Coll et.al.,(1994)[ ]. Persamaan dari masing-masing metode diatas adalah sebagai berikut:

### a. Price (1984)

$$LST = Tb_{31} + 3,33(Tb_{31} - Tb_{32}) * ((5,5 - \epsilon_{31}) / 4,5) + 0,75Tb_{31}(\epsilon_{31} - \epsilon_{32}) \quad (2.3)$$

### b. Li dan Becker (1991)

$$LST = A_0 + P[(Tb_{31} - Tb_{32}) / 2] + M[(Tb_{31} - Tb_{32}) / 2] \quad (2.4)$$

Dengan

$$A_0 = 1,274$$

$$P = 1,00 + 0,15616 \left( (1 - \varepsilon / \varepsilon) - 0,482 (\Delta \varepsilon / \varepsilon / \varepsilon) \right) \quad (2.5)$$

$$M = 6,26 + 3,98 \left( (1 - \varepsilon / \varepsilon) - 38,33 (\Delta \varepsilon / \varepsilon / \varepsilon) \right) \quad (2.6)$$

Menurut Wan (1999)[1] untuk data MODIS besarnya emisivitas kanal 31 ( $\varepsilon_{31}$ ) adalah 0,989 dan kanal 32 ( $\varepsilon_{32}$ ) = 0,988, sehingga  $\Delta \varepsilon = 0,001$ . Sementara itu nilai emisivitas rata-rata permukaan bervegetasi adalah 0,97 dan  $\varepsilon = ((\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32}) / 2)$

**c. Coll et.al.,(1994)**

$$LST = Tb_{31} + A(Tb_{31} - Tb_{32}) + B \quad (2.7)$$

$$A = 1,0 + 0,58(Tb_{31} - Tb_{32}) \quad (2.8)$$

$$B = 0,51 + 40(1 - \varepsilon) - \beta \Delta \varepsilon \quad (2.9)$$

$$\varepsilon = (\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32}) / 2 \quad (2.10)$$

$$\Delta \varepsilon = |\varepsilon_{31} - \varepsilon_{32}| \quad (2.11)$$

Dimana  $\varepsilon_{31} = 0,989$  dan  $\varepsilon_{32} = 0,988$

Dan  $\beta$  untuk wilayah tropis = 50 K

### BAB 3

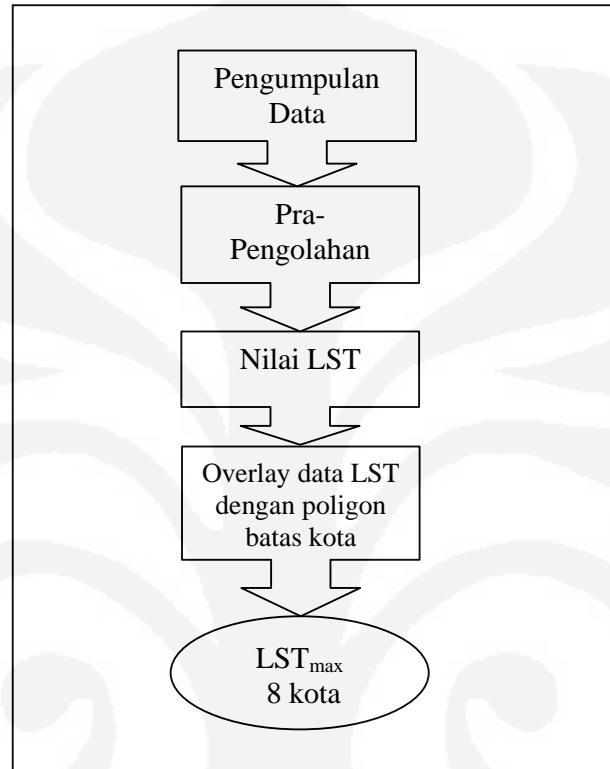
#### PENGOLAHAN DATA LST MODIS

Satelit TERRA/AQUA yang membawa sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) dapat menghasilkan nilai *Land Surface Temperature* (LST) dengan menggunakan kanal 31 dengan *bandwidth* sekitar 10.780 - 11.280  $\mu\text{m}$  dan kanal 32 dengan *bandwidth* 11.770-12.270  $\mu\text{m}$ . Kanal 31 dan kanal 32 ini diambil dari data level 1 data MODIS. Kemudian dengan memberikan formula dari metode-metode yang sudah dikembangkan berdasarkan ATBD-LST (*Algorithm Theoretical Basic Document-LST*) yang dirumuskan oleh Price, maka akan didapatkan nilai suhu permukaan daratan yang disimpan dalam data level 2.

Proses pengolahan citra dilakukan terhadap data level 2 tersebut termasuk *pre-processing*, *error koreksi* dan *cloud masking* sehingga didapatkan data dengan format geotiff. Selanjutnya data dengan format geotiff yang sudah mengandung nilai LST masih harus dilakukan proses pengolahan citra lebih lanjut untuk bisa mendapatkan statistik nilai di daerah yang diamati. Proses pengolahan citra lebih lanjut yang dilakukan adalah menggabungkan data delapan harian menjadi data bulanan untuk kemudian dilakukan penghitungan nilai maksimum. Data bulanan kemudian digabungkan dengan polygon batas kota. Untuk menggabungkan keduanya, nilai maksimum harus diubah terlebih dahulu formatnya agar bisa *dioverlay* dengan poligon batas kota, sehingga diperoleh nilai maksimum untuk masing-masing kota.

Proses tersebut dilakukan untuk semua data yang digunakan yaitu data delapan harian yang selanjutnya menjadi rata-rata data bulanan. Data delapan harian yang diolah adalah data mulai tahun 2003 hingga 2008. Apabila dalam satu bulan ada 3 sampai 4 data maka dalam satu tahun ada sekitar 45 sampai 48 data, maka dalam periode 2003-2008, terdapat sekitar 270 data yang harus diolah. Daerah yang akan dianalisis adalah beberapa kota besar di Pulau Jawa yaitu Surabaya, Jakarta, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Depok, Bekasi dan Bogor

Proses pengolahan data MODIS mulai dari level 1 hingga didapatkan nilai LST untuk 8 kota yang diamati ditunjukkan dalam blok diagram pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram blok proses pengolahan citra untuk mendapatkan nilai LST perkotaan

Hal pertama yang harus dilakukan untuk mendapatkan nilai LST adalah mengumpulkan data-data yang nantinya akan di proses pengolahan citra. Data yang digunakan adalah citra satelit MODIS level 1 hasil perekaman stasiun penerima Rumpin dan Pare-Pare dari LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional). Selain data LAPAN, digunakan beberapa data level 1 dari NASA dengan men-*download* dari website [www.eodps01u.ecs.nasa.gov](http://www.eodps01u.ecs.nasa.gov) untuk melengkapi data beberapa waktu yang tidak tersedia di LAPAN. Data yang diambil adalah data delapan harian yang antara bulan Januari 2003 hingga Desember 2008.

Daerah pengamatan Jakarta, Bandung, Bogor, Bandung, Semarang, Yogyakarta, Depok, Bekasi dan Surabaya diharapkan mampu mewakili titik



penting di Pulau Jawa yang mengalami perubahan peningkatan suhu permukaan daratan. Pertambahan penduduk, perkembangan kawasan pemukiman dan industri serta pembangunan sarana dan prasarana transportasi di daerah perkotaan juga mendukung dipilihnya kota-kota besar ini untuk diamati.

### 3.1 Software dan data yang digunakan

Untuk melakukan proses pengolahan citra data satelit penginderaan jauh digunakan beberapa software untuk mempermudah sehingga didapatkan hasil yang diinginkan. Secara rinci alat dan bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Data satelit MODIS 8 harian dari tahun 2003 – 2008
- 2) Data vector polygon batas kota di pulau Jawa dari Bakosurtanal.
- 3) Software untuk analisis citra satelit yaitu: MRTool, ENVI 4.2, ERDAS IMAGINE 8.6, dan ER Mapper 6.4.

### 3.2 Proses Pengolahan Data

#### 3.2.1 Proses Pengolahan level 1

Awal dari proses yang harus dilakukan adalah mempersiapkan data, yakni data delapan harian mulai bulan Januari 2003 hingga Desember 2008. Data MODIS level 1 resolusi 1000 m diambil kanal 31 dan kanal 32 dan diaplikasikan menggunakan formula LST menjadi data level 2. Formula yang digunakan adalah metode Price sebagai berikut:

$$LST = Tb_{31} + 3,33(Tb_{31} - Tb_{32}) * ((5,5 - \varepsilon_{31}) / 4,5) + 0,75Tb_{31}(\varepsilon_{31} - \varepsilon_{32}) \quad (3.1)$$

$Tb_{31,32}$  = Suhu kanal 31 dan 32 MODIS

$\varepsilon_{31}$  = emisivitas kanal 31 adalah 0,989

$\varepsilon_{32}$  = emisivitas kanal 32 adalah 0,988 dan

$$\varepsilon = ((\varepsilon_{31} + \varepsilon_{32}) / 2) \quad (3.2)$$

Pada proses pengolahan citra data level 1 data telah terkoreksi sistematis yakni kesalahan yang sudah diperhitungkan sebelumnya sedangkan untuk koreksi

radiometris yaitu koreksi yang dilakukan akibat terjadinya ketidakstabilan sensor dan gangguan dan gangguan atmosfer. Kedua koreksi tersebut telah dilakukan oleh LAPAN sebagai pihak yang mengeluarkan data.

Selanjutnya dilakukan proses pre-processing untuk melakukan koreksi geometri, dengan menggunakan software ENVI 4.2 yang selanjutnya dilakukan koreksi geometrik band 31 dan band 32 dan layer sensor *zenith* pada file *geolocation*. Dengan memanfaatkan fasilitas dari ENVI 4.2 yakni *MODIS tools* selanjutnya dipilih *Export GCPs* dengan memasukkan *GCP grid parameters* yang dilanjutkan dengan *Map Registration* lalu *Warp from GCPs* dengan *Map Registration* dengan *Registration Projection* dipilih *Geographic Lat/Lon, Datum* dipilih *WGS-84*. Semua parameter tersebut diatas tersedia pada menu-menu ENVI 4.2 dan hasil yang didapatkan sangat baik. Hasil akhir pengolahan ini adalah data LST yang sudah terkoreksi secara geometris sehingga dapat diolah lebih lanjut sebagai data level 2.

### 3.2.2 Proses Pengolahan Level-2

Hasil pengolahan data level 1 adalah data level 2 dengan format hdf. Contoh format data level 2 ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1: Contoh format data level 2 delapan harian untuk bulan Agustus 2003

No	Data	Tahun 2003
1	MOD11A2.A2003217.2003353235733.hdf	Data pertama bulan Agustus
2	MOD11A2.A2003225.2003356205313.hdf	Data kedua bulan Agustus
3	MOD11A2.A2003233.2003359101059.hdf	Data ketiga bulan Agustus
4	MOD11A2.A2003241. 2003361103352.hdf	Data keempat bulan Agustus

Data level 2 diatas sudah mengandung nilai LST, namun dengan format hdf akan sulit untuk mengolah dan mengekstraksi informasi didalamnya. Dengan menggunakan *software* MRTTool maka data dengan format hdf akan diubah menjadi format geotiff yang lebih fleksibel dan bisa dengan lebih untuk diolah lebih lanjut. Gambar 3.2 menunjukkan contoh proses mengubah format hdf menjadi format tiff dengan menggunakan software MRTTool



Gambar 3.2 Contoh proses pengolahan mengubah data format hdf menjadi format tiff dengan MRTool

Kemudian yang harus juga dilakukan adalah mengklasifikasikan nilai *Land Surface Temperature* (LST). Pengklasifikasian nilai LST ini ditujukan untuk mendapatkan pola tampilan suhu permukaan yang dapat diperbandingkan antara satu dengan yang lainnya. Klasifikasi nilai suhu permukaan ini dilakukan dengan terlebih dulu membuat *masking* awan dan laut. Pembuatan *masking* awan ini dilakukan untuk memisahkan antara daratan dengan awan dan laut. Proses pemisahan daratan, laut dan awan adalah sebagai berikut:

**a. Pemisahan areal tertutup awan**

Pemisahan antara daerah awan dan daerah yang bersih sangat diperlukan untuk memaksimalkan analisa yang akan dilakukan. Formula yang digunakan ialah:

Jika  $T_{31} < 29 K$ , maka wilayah tersebut adalah awan atau

$|T_{31} - T_{32}| < 1.2 K$  atau

$( T_{31}/ T_{32} ) > 0.966$

**b. Pemisahan darat dengan laut**

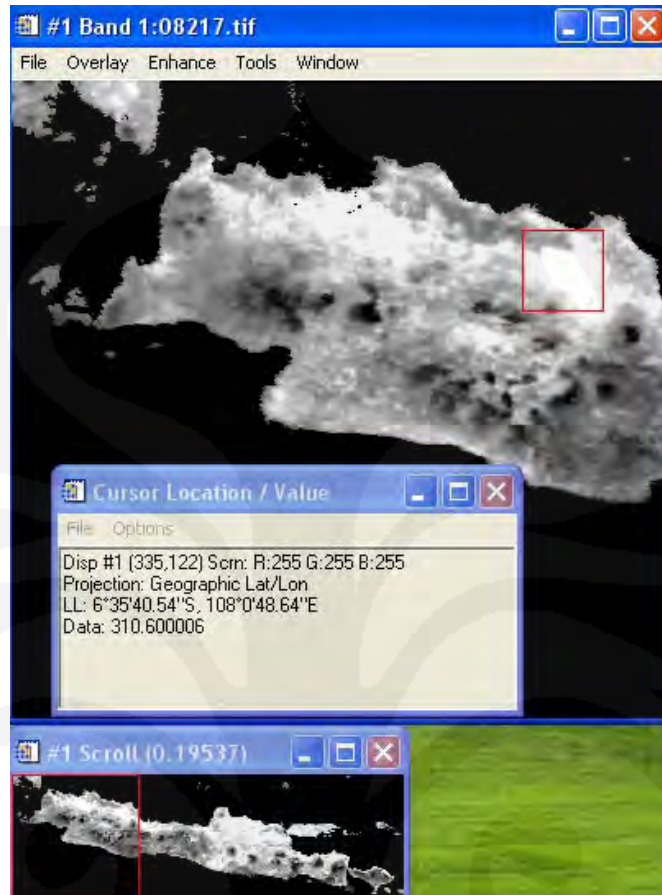
Untuk memisahkan areal darat dengan laut dilakukan melalui pelacakan kisaran nilai maksimum atau minimum nilai LST untuk lokasi laut. Selanjutnya nilai-nilai yang mewakili laut dibuang dan diberi nilai 0. Dari proses pemisahan kelas awan dan kelas laut ini akan dihasilkan nilai LST khusus untuk wilayah daratan. Selanjutnya kemudian dibuat rata-rata untuk menjadi data mingguan.

Setelah antara daratan dan laut serta awan dipisahkan maka selanjutnya data MODIS LST ditampilkan, namun ternyata nilai yang diberikan masih belum sempurna. Artinya nilai yang dihasilkan masih mengandung kesalahan baik akibat proses akuisisi maupun kesalahan internal maupun eksternal, sehingga nilainya menjadi sangat tidak wajar. Gambar 3.3 adalah contoh nilai LST dari MODIS yang belum sempurna.



Gambar 3.3. Contoh gambar nilai LST yang masih belum dikalibrasi

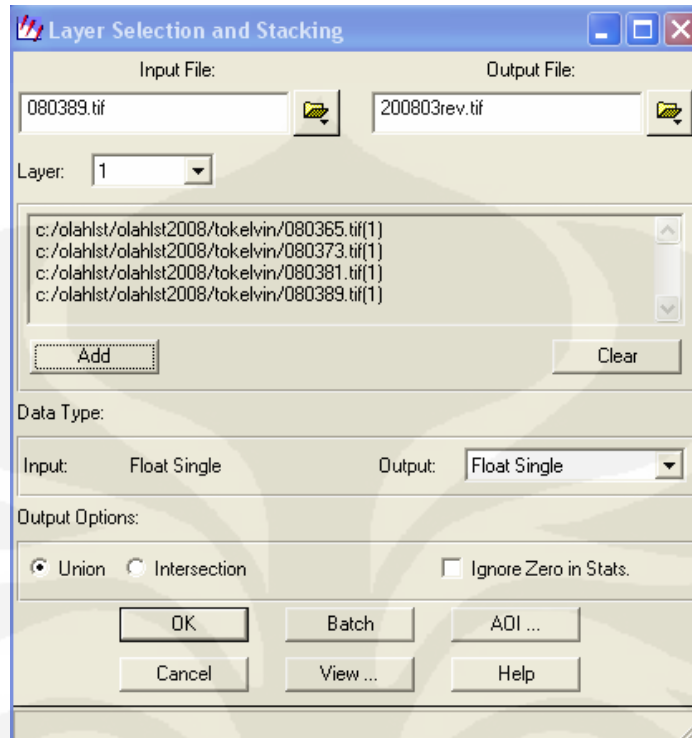
Dari Gambar 3.3. dapat diketahui bahwa nilai LST yang muncul adalah 15422 K, nilai yang sangat tidak wajar. Oleh karena itu dilakukan koreksi pengolahan dengan menggunakan software HDFExploreSetup. Dengan menggunakan software tersebut diketahui ada faktor koreksi 0,02 artinya harus dikalibrasikan terlebih dahulu dengan faktor pengali sebesar 0,02, yang merupakan faktor error akuisisi. Dengan operasi koreksi tersebut, didapatkan nilai LST yang benar dalam satuan K. Selanjutnya untuk mengkonversi nilai LST ( K) ke LST ( $^{\circ}\text{C}$ ) maka nilai yang dihasilkan tersebut dikurangi dengan 273 K seperti tampak contohnya pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Nilai LST MODIS yang sudah dikalibrasi dengan faktor koreksi 0,02

### 3.3 Proses Penghitungan Maksimum Nilai LST

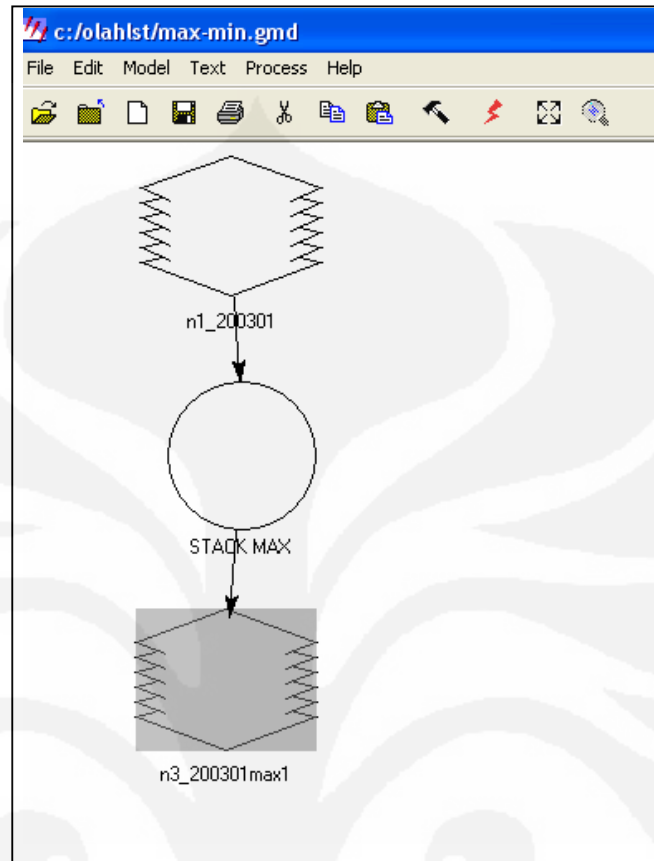
Setelah nilai LST sudah benar maka selanjutnya data delapan harian tersebut digabungkan menjadi data bulanan. Proses penggabungan ini menggunakan software *Erdas Imagine*. Dengan format data GeoTiff, data delapan harian digabungkan menjadi data bulanan, tanpa harus kehilangan informasi masing-masing input yang dimasukkan. *Output file* yang dihasilkan adalah data bulanan yang selanjutnya akan dicari nilai maksimumnya. Dengan menggunakan icon panel *Spatial Modeler* kemudian dipilih *Modeler Maker* akan bisa dilihat nilai maksimum dari data LST MODIS bulanan, seperti tampak pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Proses penggabungan data delapan harian menjadi data bulanan

Pada Gambar 3.5 di atas proses penggabungan data delapan harian dilakukan sehingga menjadi data bulanan menggunakan fasilitas perhitungan statistik nilai LST. Data delapan harian tersebut diakumulasi menjadi satu data bulanan, kemudian dihitung nilai maksimumnya. Nilai maksimum yang dimaksud bukan nilai maksimum dari rata-rata delapan harian, namun nilai maksimum dari satu bulan dari data delapan harian. Penghitungan nilai maksimum ditunjukkan pada Gambar 3.6.





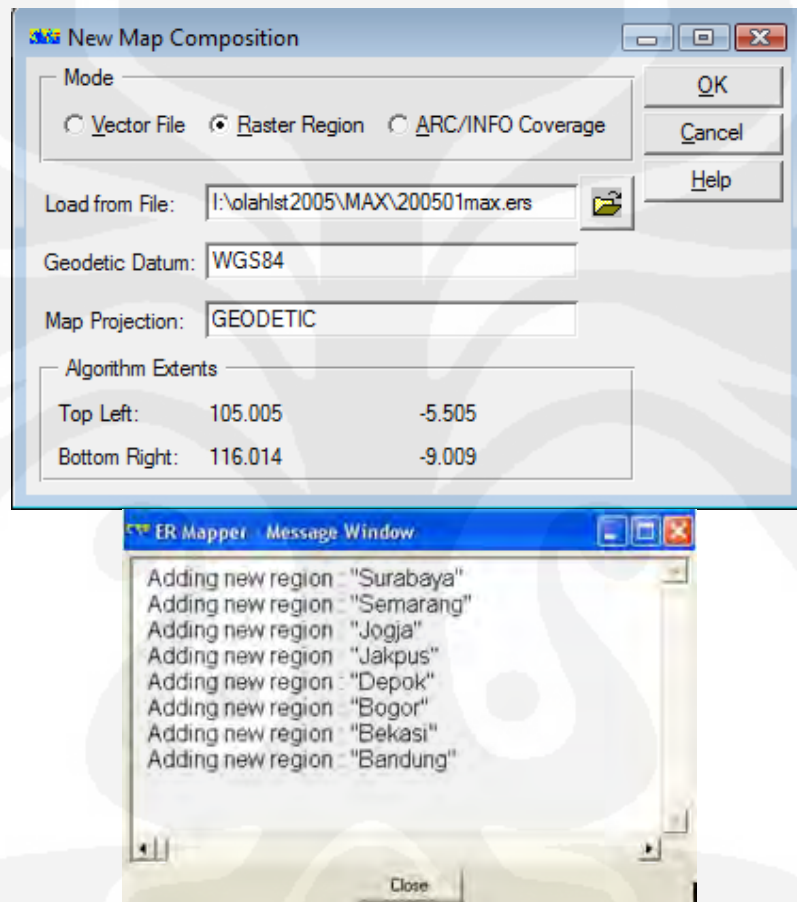
Gamabr 3.6 Proses penghitungan nilai maksimum bulanan data LST MODIS

### 3.4 Proses Penggabungan Data LST MODIS dengan Poligon kota

Setelah didapatkan nilai maksimum bulanan maka langkah selanjutnya adalah menggabungkan antara data LST MODIS dengan poligon kota untuk bisa mengetahui nilai maksimum LST di masing-masing kota. Kota yang dipilih untuk pengamatan adalah 8 kota di Pulau Jawa: Jakarta, Bandung, Surabaya, Depok, Bekasi, Semarang, Yogyakarta dan Bogor. Terlebih dahulu data LST MODIS harus disamakan format datanya dengan poligon kota Pulau Jawa dalam format .ers. Sebelumnya hasil LST bulanan dalam format tiff diubah menjadi PCI, karena data tidak bisa langsung diekspor menjadi vektor dalam format ers. Dengan menggunakan ENVI 4.2, data tiff diubah menjadi PCI kemudian diubah menjadi .ers menggunakan software ErMapper 6.4. Poligon batas kota adalah data vektor yang harus digabungkan dengan data vektor juga. Poligon kota-kota besar di Pulau Jawa juga diubah kedalam *raster region* kemudian digabungkan dengan



data LST MODIS seperti pada Gambar 3.7. Akhirnya ditunjukkan nilai maksimum dari titik-titik yang diamati tersebut. Berikutnya dilanjutkan dengan proses *Calculate Statistics* dan dari proses tersebut hasil pengolahan bisa dilihat maksimum yang merupakan nilai tertinggi dari LST disuatu titik yang diamati, selain itu nilai rata-rata dan juga nilai tengah LST juga bisa ditampilkan.



Gambar 3.7 Proses pembuatan raster region untuk kota-kota besar di Pulau Jawa

Alur proses pengolahan data LST delapan harian, menjadi bulanan, maksimum bulanan seperti diuraikan sebelumnya diulangi untuk semua data delapan harian mulai bulan Januari hingga bulan Desember antara 2003-2008. Untuk tahun 2003, total sebanyak 46 data delapan harian dan 12 data nilai maksimum bulanan setiap kota dapat dianalisis.

### 3.5 Hasil pengolahan data

### 3.5.1 Hasil pengolahan data tahun 2003

Hasil pengolahan data LST untuk tahun 2003 terdapat 46 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai maksimum LST bulanan ditampilkan pada Tabel 3.2. LST dihitung untuk masing-masing kota, dimana nilai maksimum atau nilai terpanas yang diambil, selain nilai minimum, rata-rata dan nilai tengahnya.

Tabel 3.2 Nilai LST bulanan untuk 8 kota pada tahun 2003

		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
BANDUNG	Max	315	303	312	313	311	309	310	315	316	315	308	0
	Min	304	0	0	0	301	301	304	302	307	0	0	0
	Mean	311	97	280	247	307	306	308	309	312	305	83	0
	Median	311	0	307	307	307	306	308	308	312	311	0	0
BEKASI	Max	316	306	307	311	312	311	311	312	317	318	315	0
	Min	0	0	0	0	304	305	308	308	309	0	0	0
	Mean	303	42	69	172	308	308	309	310	313	312	141	0
	Median	310	0	0	304	309	308	309	310	313	314	0	0
BOGOR	Max	311	303	306	307	310	308	309	309	312	314	306	297
	Min	304	0	0	0	301	300	303	301	303	303	0	0
	Mean	308	70	202	166	306	305	307	306	308	308	208	5
	Median	308	0	300	300	306	305	307	306	308	309	303	0
DEPOK	Max	314	306	309	311	312	309	310	313	318	317	310	302
	Min	306	0	0	0	303	303	305	306	306	305	0	0
	Mean	310	33	259	230	307	305	307	309	310	311	64	9
	Median	309	0	304	306	306	305	307	308	310	311	0	0
JAKPUS	Max	315	0	0	298	313	312	311	315	318	317	0	0
	Min	0	0	0	0	309	308	308	308	312	0	0	0
	Mean	263	0	0	18	311	310	309	312	316	139	0	0
	Median	311	0	0	0	310	310	309	312	317	0	0	0
JOGJA	Max	311	301	308	306	312	310	311	315	317	312	0	0
	Min	0	0	0	0	305	305	306	309	0	0	0	0
	Mean	167	24	99	155	309	308	309	311	304	84	0	0
	Median	304	0	0	296	310	309	309	311	312	0	0	0
SEMARANG	Max	308	306	309	310	314	311	312	315	315	320	307	304
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	178
	Mean	271	170	238	285	303	303	306	308	309	309	199	178
	Median	302	298	303	304	303	303	307	309	309	309	301	297
SURABAYA	Max	310	304	312	312	313	311	311	316	317	316	309	302
	Min	0	0	0	0	301	300	301	302	0	0	0	0
	Mean	169	101	202	242	307	306	307	310	312	199	60	35
	Median	300	0	304	305	306	306	308	310	314	306	0	0

Jika dilihat dari nilai rata-rata bulanan untuk masing-masing kota, pada umumnya mempunyai nilai yang hampir sama yaitu 312 K atau 39°C. Untuk mendapatkan nilai rata-rata tersebut bisa didapatkan dengan menjumlahkan nilai LST bulanan dari bulan januari sampai bulan desember kemudian dibagi dengan banyaknya bulan, akan tetapi akan didapatkan hasil yang kurang bagus karena ada data nilai LST bulanan yang mempunyai nilai 0. Sehingga untuk mendapatkan nilai yang benar nilai yang tidak 0 dijumlahkan dan dibagi dengan banyaknya nilai yang bukan 0.

Pada Tabel 3.2. ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2003, kota Semarang adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 320 K atau 47°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 314-318 K atau antara 41 – 45°C. Kota yang memiliki LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor. Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 308 - 312 K atau 35 - 39 °C. Tertinggi untuk kota Bandung dan terendah untuk kota Bogor.

### 3.5.2 Hasil pengolahan data tahun 2004

Hasil dari proses pengolahan data adalah nilai LST untuk tahun 2004 terdapat 41 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai maksimum LST bulanan ditampilkan dalam Tabel 3.3

Tabel 3.3 Nilai LST bulanan untuk 8 kota tahun 2004

		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Bandung	Max	0	304	311	312	313	310	309	312	315	317	314	311
	Min	0	0	0	0	298	299	300	302	305	307	0	0
	Mean	0	64	230	299	307	306	306	309	312	313	236	111
	Median	0	0	305	308	307	306	306	309	312	314	307	0
Bekasi	Max	0	300	309	311	313	312	312	315	317	317	315	302
	Min	0	0	0	0	303	303	305	307	310	309	0	0
	Mean	0	8	121	202	309	308	309	310	314	311	92	4
	Median	0	0	0	305	309	309	309	310	314	311	0	0
Bogor	Max	0	305	308	310	310	308	309	312	314	312	312	308
	Min	0	0	0	0	302	301	301	304	303	304	0	0
	Mean	0	65	264	301	306	305	305	308	308	308	296	208
	Median	0	0	305	306	306	305	306	308	308	308	306	302
Depok	Max	0	0	309	313	311	312	311	314	318	313	313	310
	Min	0	0	0	0	0	303	305	306	308	307	0	0
	Mean	0	0	239	293	305	306	307	309	312	309	292	163
	Median	0	0	305	306	305	306	307	309	312	309	308	301
Jakpus	Max	0	0	0	0	308	314	313	314	317	318	0	0
	Min	0	0	0	0	0	309	309	309	313	308	0	0
	Mean	0	0	0	0	123	312	311	312	315	313	0	0
	Median	0	0	0	0	0	312	310	312	315	313	0	0
Jogja	Max	0	0	307	313	312	311	308	313	314	318	0	306
	Min	0	0	0	305	303	305	303	307	307	308	0	0
	Mean	0	0	74	309	308	308	307	311	310	315	0	57
	Median	0	0	0	309	307	309	307	311	309	316	0	0
Semarang	Max	302	304	312	313	314	312	311	312	316	319	309	307
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	110	146	273	300	303	303	305	306	309	311	274	141
	Median	0	0	304	303	303	304	305	307	310	311	305	0
Surabaya	Max	301	303	310	317	313	312	311	317	319	320	317	306
	Min	0	0	0	0	300	300	301	0	304	306	0	0
	Mean	16	86	187	307	308	307	308	310	314	315	99	64
	Median	0	0	302	307	308	307	308	311	315	317	0	0

Pada Tabel 3.3 ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang

sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2004, kota Surabaya adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 320 K atau 47°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 317-318 K atau antara 44 - 45°C. Kota yang memiliki LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 310 - 314 K atau 37 - 41 °C. Tertinggi untuk kota Jakarta dan terendah untuk kota Bogor

### 3.5.3 Hasil pengolahan data tahun 2005

Hasil dari proses pengolahan data adalah nilai LST untuk tahun 2005 terdapat 44 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai LST bulanan ditampilkan dalam Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Nilai LST bulanan untuk 8 kota tahun 2005

		Januar	Februar	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septemb	Oktobe	Novemb	Desembe
Bandung	Max	310	312	314	311	310	310	311	315	315	320	318	305
	Min	0	0	0	300	299	298	300	301	304	0	0	0
	Mean	134	299	271	307	307	306	307	309	310	299	309	36
	Median	0	309	307	308	307	306	307	309	311	314	313	0
Bekasi	Max	304	310	314	309	310	310	309	311	317	0	312	0
	Min	0	0	0	0	304	303	303	305	0	0	0	0
	Mean	52	155	295	147	307	307	307	308	300	0	157	0
	Median	0	299	310	0	308	308	307	309	313	0	305	0
Bogor	Max	308	310	312	311	309	309	310	310	313	306	313	0
	Min	0	303	303	0	302	301	299	301	303	0	0	0
	Mean	284	306	307	288	306	305	304	306	308	157	252	0
	Median	305	307	306	305	306	305	304	306	308	293	305	0
Depok	Max	308	310	313	310	310	310	310	312	317	307	310	301
	Min	0	0	304	0	304	303	302	305	306	0	0	0
	Mean	155	294	308	278	307	306	305	307	310	24	180	16
	Median	301	305	307	305	306	305	305	306	309	0	306	0
Jakpus	Max	0	0	311	0	312	313	310	313	316	0	0	0
	Min	0	0	0	0	306	307	0	308	0	0	0	0
	Mean	0	0	105	0	309	309	302	310	194	0	0	0
	Median	0	0	0	0	309	308	307	310	309	0	0	0
Jogja	Max	309	310	308	314	312	313	311	312	309	316	307	0
	Min	0	0	0	0	306	304	304	305	0	0	0	0
	Mean	174	140	49	303	309	309	308	309	133	237	25	0
	Median	304	0	0	312	309	309	308	309	0	313	0	0
Semarang	Max	309	309	305	309	313	311	312	315	318	320	317	296
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	275	271	176	287	303	303	303	305	308	307	270	17
	Median	303	300	299	303	303	303	303	306	308	307	305	0
Surabaya	Max	314	308	309	313	313	311	314	314	320	321	311	303
	Min	0	0	0	0	301	300	300	302	0	0	0	0
	Mean	301	171	183	249	308	306	307	311	309	304	124	28
	Median	307	301	301	304	307	307	307	311	315	315	0	0

Pada Tabel 3.4 ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang

sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2005, kota Surabaya adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 321 K atau 48°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 314-320 K atau antara 41–47°C. Kota yang memiliki LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 310- 313 K atau 37 - 40 °C. Tertinggi untuk kota Surabaya dan terendah untuk kota Bogor

### 3.5.4 Hasil pengolahan data tahun 2006

Hasil dari proses pengolahan data adalah nilai LST untuk tahun 2006 terdapat 44 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai LST bulanan ditampilkan dalam Tabel 3.5.

Tabel 3.5 Nilai LST bulanan untuk 8 kota tahun 2006

		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember
Bandung	Max	308	312	313	310	311	310	309	313	316	319	318	303
	Min	0	0	0	0	300	298	300	304	308	310	0	0
	Mean	136	163	210	261	307	305	307	310	313	316	292	32
	Median	0	303	305	303	308	305	307	310	314	316	314	0
Bekasi	Max	303	308	310	304	309	310	311	314	319	318	313	310
	Min	0	0	0	0	0	301	305	307	313	310	0	0
	Mean	60	96	71	35	192	306	308	311	316	315	45	80
	Median	0	0	0	0	304	307	309	312	316	315	0	0
Bogor	Max	310	308	311	305	309	307	309	310	314	316	313	307
	Min	0	0	0	0	302	300	301	304	306	305	0	0
	Mean	304	243	248	150	305	304	306	307	311	311	302	36
	Median	306	305	304	0	306	304	306	307	311	312	307	0
Depok	Max	307	307	311	304	310	310	310	315	316	318	312	311
	Min	0	0	0	0	302	302	305	306	310	311	0	0
	Mean	270	175	232	105	305	305	307	309	312	314	221	239
	Median	304	305	305	0	305	305	307	308	312	314	307	309
Jakpus	Max	0	0	0	0	0	310	311	314	318	318	306	0
	Min	0	0	0	0	0	0	308	310	314	311	0	0
	Mean	0	0	0	0	0	246	309	311	317	314	18	0
	Median	0	0	0	0	0	305	309	311	317	313	0	0
Jogja	Max	303	311	309	306	312	309	310	312	316	320	317	308
	Min	0	0	0	0	302	303	304	306	309	313	0	0
	Mean	25	83	66	82	310	307	308	310	312	317	237	50
	Median	0	0	0	0	311	308	309	310	312	317	312	0
Semarang	Max	304	307	311	309	314	311	312	314	319	319	318	307
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	140	245	248	201	304	303	306	308	312	313	310	124
	Median	0	302	302	299	304	303	306	309	313	314	311	0
Surabaya	Max	304	313	303	310	314	313	313	314	319	323	322	309
	Min	0	0	0	0	300	300	301	302	305	306	0	0
	Mean	63	261	86	195	308	306	309	310	315	317	313	72
	Median	0	305	0	301	308	306	309	310	315	317	317	0

Pada Tabel 3.5 ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2006, kota Surabaya adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 323 K atau 50°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 316-320 K atau antara 43–47°C. Kota yang memiliki



LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor. Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 310 - 313 K atau 37 - 40 °C. Tertinggi untuk kota Surabaya dan terendah untuk kota Bogor.

### 3.5.5 Hasil pengolahan data tahun 2007

Hasil dari proses pengolahan data adalah nilai LST untuk tahun 2007 terdapat 43 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai LST bulanan ditampilkan dalam Tabel 3.6

Tabel 3.6 Nilai LST bulanan untuk 8 kota tahun 2007

		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Bandung	Max	314	304	310	308	312	309	310	314	316	312	317	304
	Min	0	0	0	0	300	299	301	304	309	0	0	0
	Mean	298	38	165	188	308	306	307	310	314	158	306	31
	Median	311	0	300	301	308	306	307	310	314	301	311	0
Bekasi	Max	313	304	306	303	312	310	315	314	316	314	316	0
	Min	0	0	0	0	0	304	304	308	310	0	0	0
	Mean	189	48	73	43	261	307	310	312	313	81	194	0
	Median	308	0	0	0	306	307	310	312	314	0	309	0
Bogor	Max	313	303	307	305	309	309	310	310	313	310	313	0
	Min	0	0	0	0	301	300	300	304	305	303	303	0
	Mean	298	77	138	165	305	305	305	307	310	307	309	0
	Median	308	0	0	298	305	304	305	308	310	307	309	0
Depok	Max	315	306	307	304	311	310	312	313	315	314	317	0
	Min	0	0	0	0	304	303	304	305	308	0	0	0
	Mean	307	111	125	62	306	307	308	309	312	271	310	0
	Median	310	0	0	0	306	306	308	308	311	307	311	0
Jakpus	Max	0	0	0	0	308	311	315	314	315	0	317	0
	Min	0	0	0	0	0	0	310	310	311	0	0	0
	Mean	0	0	0	0	62	253	312	313	313	0	63	0
	Median	0	0	0	0	0	307	313	313	313	0	0	0
Jogja	Max	309	309	307	309	312	310	311	312	316	310	312	0
	Min	0	0	0	0	0	304	303	307	307	0	0	0
	Mean	180	66	74	224	293	308	308	310	311	108	101	0
	Median	300	0	0	305	310	308	309	310	311	0	0	0
Semarang	Max	310	305	313	311	313	312	312	315	317	317	312	304
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	256	193	260	276	304	304	304	308	311	308	239	107
	Median	302	298	301	303	304	305	305	308	312	308	305	0
Surabaya	Max	313	306	308	309	315	312	313	315	319	317	313	301
	Min	0	0	0	0	0	299	300	302	304	0	0	0
	Mean	195	109	139	103	308	307	308	311	314	140	86	7
	Median	305	0	0	0	308	308	309	312	314	0	0	0

Pada Tabel 3.6 ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2007, kota Surabaya adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 319K atau 46°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 313-317 K atau antara 40–44°C. Kota yang memiliki LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor. Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 309- 313 K atau 36 - 40 °C. Tertinggi untuk kota Surabaya dan terendah untuk kota Bogor.

### 3.5.6 Hasil pengolahan data tahun 2008

Hasil dari proses pengolahan data adalah nilai LST untuk tahun 2007 terdapat 46 data delapan harian dan 12 nilai maksimum bulanan untuk 8 kota. Nilai LST bulanan ditampilkan dalam Tabel 3.7

Tabel 3.7 Nilai LST bulanan untuk 8 kota tahun 2008

		Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
Bandung	Max	314	0	313	313.24	312.16	310.94	308.72	313.84	317.50	317.86	310.22	301.26
	Min	0	0	0	300.22	300.1	300.9	301.04	303.3	307.72	0	0	0
	Mean	292	0	278	309.25	307.12	307.61	306.35	309.42	313.90	229.23	72.46	10.75
	Median	308	0	305	309.68	307.12	307.76	306.56	309.68	314.33	311.65	0	0
Bekasi	Max	313	0	308	312.40	311.84	310.96	311.88	311.42	317.00	307.5	305.24	0
	Min	0	0	0	0	304.4	304.58	305.1	306.22	0	0	0	0
	Mean	228	0	96	276.25	308.31	308.44	309.19	309.73	311.90	33.60	4.181	0
	Median	307	0	0	306.29	309.08	308.82	309.87	309.98	313.28	0	0	0
Bogor	Max	311	0	309	308.48	308.36	309.68	308.58	309.6	313.12	309.46	306.06	0
	Min	301	0	0	301.88	301.36	301.76	301.58	301.02	305.04	0	0	0
	Mean	308	0	211	305.36	305.61	305.75	305.36	305.64	308.95	200.77	163.63	0
	Median	308	0	303	305.54	305.59	305.66	305.22	305.61	308.83	303.42	300.08	0
Depok	Max	313	0	309	309.96	311.04	310.3	311.06	311.8	314.9	310.66	307.68	0
	Min	0	0	0	0	302.58	304.26	304.04	303.92	306.08	0	0	0
	Mean	290	0	191	298.49	306.29	306.95	307.28	307.11	309.89	124.04	130.91	0
	Median	307	0	304	305.12	306.05	306.74	307.19	306.99	309.63	0	0	0
Jakpus	Max	311	0	0	311.9	313.88	311.02	312.22	310.96	316.5	0	0	0
	Min	0	0	0	0	309.28	307.72	308.64	307.10	0	0	0	0
	Mean	80	0	0	141.77	310.89	309.22	310.32	309.76	264.37	0	0	0
	Median	0	0	0	0	310.70	309.04	310.23	309.77	314.03	0	0	0
Jogja	Max	305	0	305	310.94	312.78	311.1	311.86	311.44	319.96	310.52	0	301.72
	Min	0	0	0	305.16	304.54	304.18	304.32	306.62	308.96	0	0	0
	Mean	146	0	25	308.93	309.59	308.04	308.49	309.25	316.33	66.41	0	16.29
	Median	0	0	0	309.74	310.17	308.29	308.27	309.31	318.37	0	0	0
Semarang	Max	308	0	304	306.22	313.26	311.94	312.24	313.1	319.48	317.00	302.62	302.36
	Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Mean	232	0	190	286.59	303.9	304.24	305.16	306.69	309.39	293.94	101.25	76.33
	Median	301	0	300	301.44	304.69	304.63	306.14	308.21	309.49	307.09	0	0
Surabaya	Max	314	297	307	311.96	313.62	312.08	312.76	314.14	320.1	317.96	309.96	303.70
	Min	0	0	0	0	0	301.12	300.66	300.04	0	0	0	0
	Mean	232	10	108	250.98	305.75	307.62	308.49	310.41	314.13	172.2	124.10	39.01
	Median	306	0	0	303.43	306.27	307.88	308.74	311.44	315.09	305.54	0	0

Pada Tabel 3.7 ada sejumlah data yang diberi warna kuning yang mencirikan nilai maksimum LST di masing-masing kota. Sementara bagian data yang diberi label warna merah adalah data LST maksimum di suatu kota yang sekaligus juga maksimum untuk tahun berjalan. Pada tahun 2008, kota Surabaya adalah kota terpanas dengan LST maksimum sebesar 320 K atau 47°C. Kota-kota lainnya berada pada kisaran 313-319 K atau antara 40–46°C. Kota yang memiliki LST maksimum terendah dari 8 kota yang dijadikan sampel ialah kota Bogor. Sedangkan untuk LST rata-rata, nilainya berkisar antara 309- 312 K atau 36 - 39 °C. Tertinggi untuk kota Bandung dan terendah untuk kota Bogor.

## BAB 4

### ANALISA DAN PEMBAHASAN

Hasil dari proses pengolahan data yang telah dilakukan terdapat 41 delapan harian untuk tahun 2003, 44 data delapan harian tahun 2004, 44 data delapan harian tahun 2006, 43 data delapan harian tahun 2007 dan 46 data delapan harian tahun 2008. Selanjutnya data delapan harian dilakukan rata-rata yang kemudian menjadi data bulanan untuk setiap tahun. Beraneka-ragamnya jumlah data delapan harian pada setiap tahun disebabkan karena kerusakan data sehingga tidak bisa diproses, tidak lengkapnya data, dan juga karena daerah pengamatan yang tidak dilintasi oleh satelit MODIS. Catatan penting lain dari hasil pengolahan pada bab sebelumnya adalah ketika kota yang diamati tertutup oleh awan maka pada kota tersebut tidak bisa diketahui nilai LST (*Land Surface Temperature*) yang terkandung didalamnya, sehingga nilai yang muncul adalah 0. Selain nilai maksimum yang dapat dihasilkan dari proses *calculate statistic*, masing-masing kota dapat diketahui nilai rata-rata (mean), minimum dan nilai tengah (median) untuk setiap bulannya. Namun yang akan dilakukan analisa lebih mendalam adalah nilai maksimum yang berarti nilai tertinggi atau terpanas dari daerah perkotaan yang diamati.

#### 4.1 Analisa nilai LST periode 2003-2008

##### 4.1.1 Analisa nilai LST tahun 2003

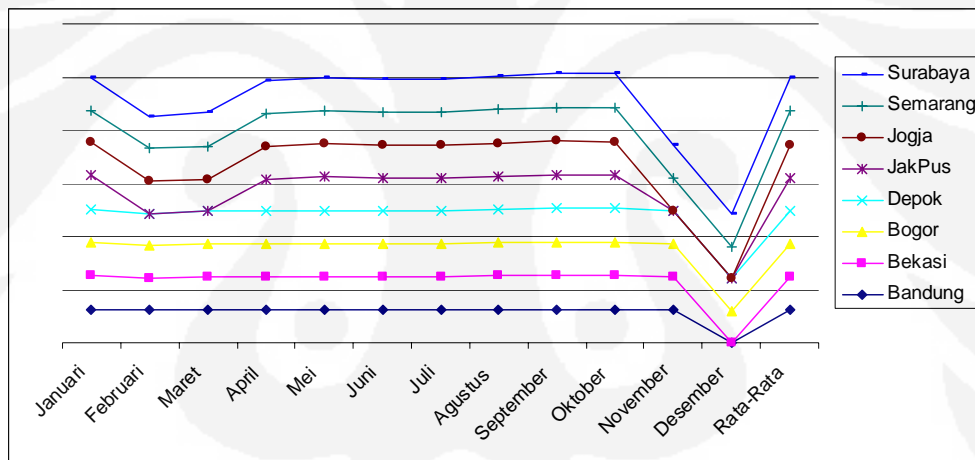
Untuk data LST bulanan tahun 2003 seperti Tabel dibawah berikut ini.

Tabel 4.1 Nilai LST maks bulanan Tahun 2003

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Rata-Rata
Bandung	315,36	303,34	311,82	312,66	311,06	308,9	310,38	315,02	316,42	314,54	308	0	312
Bekasi	315,54	305,62	306,64	311,32	312,24	310,74	311,3	312,44	317,4	317,8	314,88	0	312
Bogor	310,98	303	306,32	307,48	310,04	307,88	309,28	309,44	311,7	313,92	306,22	297,24	308
Depok	313,84	305,96	309,16	310,74	311,64	308,82	310,34	313,44	318,18	317,3	310,16	302,16	311
JakPus	315,18	0	0	298,42	312,56	312,04	310,7	314,56	317,86	316,58	0	0	312
Jogja	310,56	300,54	308	305,98	312,38	310,14	310,56	315,24	317,28	312,06	0	0	310
Semarang	308,26	305,5	308,58	309,66	314,08	310,7	311,62	315,18	315,24	320,36	307,4	303,82	311
Surabaya	309,52	304,12	311,72	311,84	313,42	311,2	310,98	315,86	317,48	316,04	309,22	302,26	311



Untuk mengetahui nilai LST bulanan pada tahun 2003 di Bandung, Bekasi, Bogor, Depok, Jakarta Pusat, Yogyakarta, Semarang, dan Surabaya dapat ditunjukkan pada Tabel 4.1 diatas. Dari data diatas nilai yang didapat adalah nilai maksimum tertinggi yang artinya adalah nilai suhu permukaan yang paling panas pada titik yang diamati yaitu daerah perkotaan tersebut. Jika dilihat dari nilai rata-rata bulanan untuk masing-masing kota, pada umumnya mempunyai nilai yang hampir sama yaitu 312 K atau 39°C. Untuk mendapatkan nilai rata-rata tersebut bisa didapatkan dengan menjumlahkan nilai LST bulanan dari bulan januari sampai bulan desember kemudian dibagi dengan banyaknya bulan, akan tetapi akan didapatkan hasil yang kurang valid karena ada data nilai LST bulanan yang mempunyai nilai 0. Sehingga untuk mendapatkan nilai yang benar, LST yang tidak bernilai 0 dijumlahkan dan dibagi dengan banyaknya nilai yang bukan 0.



Gambar 4.1 Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2003

Sedangkan untuk mengetahui trend nilai LST pada tahun 2003 dapat ditunjukkan pada Gambar 4.1. Nilai LST tertinggi hampir disemua kota besar yang diamati berada pada bulan September dan Oktober. Hanya di kota Bandung dan Yogyakarta saja nilai LST tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan September. Namun demikian bisa dikatakan nilai LST tertinggi ada di bulan September dan Oktober yang itu berarti pada bulan tersebut adalah puncak musim kemarau dengan suhu permukaan daratan yang paling tinggi di Pulau Jawa pada tahun 2003. Nilai tertinggi LST berdasarkan Tabel diatas nilai Tabel diatas terjadi pada

bulan Oktober di kota Semarang yang mencapai suhu maksimum 320 K atau 47°C. Nilai tersebut merupakan nilai yang sangat tinggi jika berdasarkan pada standar dari instansi BMKG (Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika) termasuk dalam klasifikasi panas terik. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 311 K atau 38°C dan berada di kota Bogor. Hal ini bernilai wajar karena Bogor merupakan daerah yang relatif daratan tinggi. Sedangkan rata-rata di kota lain berkisar 315-318 K atau 42-45°C.

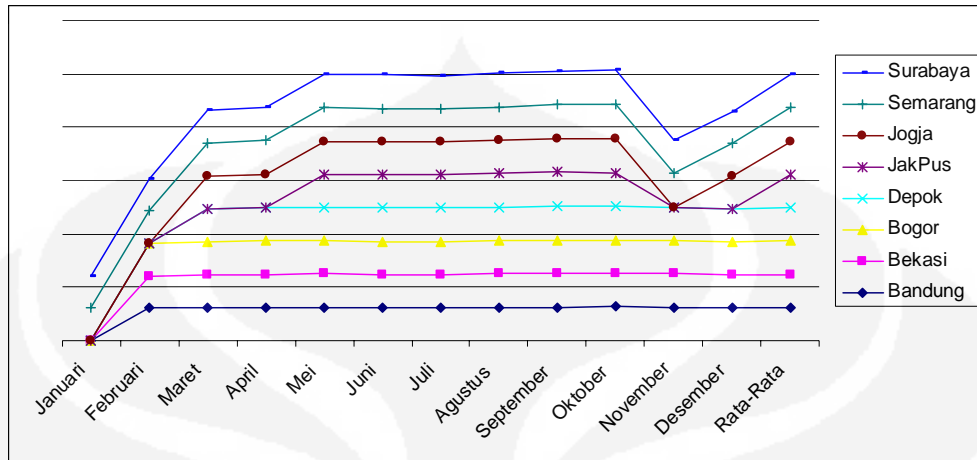
#### 4.1.2 Analisa nilai LST tahun 2004

Berikut nilai LST maksimum bulanan pada tahun 2004 ditunjukkan pada Tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Nilai LST bulanan Tahun 2004

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Rata-Rata
Bandung	0	303,72	311,2	312,08	312,7	309,78	309,06	312,4	315,42	316,56	314,38	310,5	312
Bekasi	0	300,34	309,14	311,4	313,2	312,14	312,3	314,74	316,64	317,06	315,14	301,62	311
Bogor	0	304,58	308,38	310,4	309,76	308,4	309,46	311,8	313,8	311,68	311,74	308,28	310
Depok	0	0	308,84	312,94	311,4	311,7	311,32	314,46	317,94	313	312,78	309,94	312
JakPus	0	0	0	0	308,12	314,04	312,94	313,96	316,86	317,94	0	0	314
Jogja	0	0	307	313,36	311,7	310,56	308,22	313,42	313,68	318,34	0	306,42	311
Semarang	302	304,16	311,62	313,14	313,86	312,06	311,24	312,04	316,14	318,58	309,4	307,12	311
Surabaya	301,48	303,2	309,62	317,08	312,84	312,14	311,34	317,06	319,08	319,9	316,92	305,98	312

Jika dilihat dari nilai rata-rata bulanan untuk masing-masing kota pada tahun 2004, pada umumnya mempunyai nilai yang hampir sama yaitu 312 K atau 39°C. Tetapi ada kenaikan nilai rata-rata bulanan selama kurun waktu satu tahun 2004 yaitu 314 K atau 41°C yaitu mengalami kenaikan 2 K dari tahun sebelumnya tahun 2003. Nilai rata-rata tertinggi tersebut masih berada di kota Jakarta Pusat sama dengan tahun sebelumnya, selain itu jika pada tahun 2003 hanya Jakarta dan Bandung maka pada tahun 2004 ini selain Jakarta yang mempunyai nilai tertinggi ada beberapa kota besar lain yang menyusul yaitu Bandung, Depok dan Surabaya. Sedangkan nilai rata-rata terendah masih sama dengan tahun 2003 yaitu berada di kota Bogor. Meskipun mempunyai nilai terendah kota Bogor juga mengalami kenaikan dari 308 K menjadi 310 K pada tahun 2004.



Gambar 4.2. Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2004

Berdasarkan pada Gambar 4.2 yakni grafik pola nilai LST maksimum bulanan pada tahun 2004 dapat diketahui. Berbeda dengan tahun 2003, pada tahun 2004 suhu yang terendah terjadi pada bulan Januari, sedangkan tahun 2003 terjadi pada bulan Desember. Sedangkan untuk nilai LST tertinggi hampir di semua kota besar yang diamati berada pada bulan September dan Oktober. Hanya di kota Bandung dan Depok saja nilai LST tertinggi terjadi pada bulan Agustus dan September. Sebagai catatan, tahun sebelumnya terjadi di kota Bandung dan Jakarta. Namun demikian bisa dikatakan nilai LST tertinggi ada di bulan September dan Oktober yang itu berarti pada bulan tersebut adalah puncak musim kemarau dengan suhu permukaan daratan yang paling tinggi di Pulau Jawa pada tahun 2004. Nilai tertinggi LST berdasarkan Tabel di atas nilai Tabel di atas terjadi pada bulan Oktober di kota Surabaya yang mencapai suhu maksimum 319,9 K yang jika dibulatkan menjadi 320 K atau 47°C. Hal tersebut sama dengan nilai tahun sebelumnya hanya saja pada tahun 2004 ini bukan kota Semarang melainkan kota Surabaya. Bahkan pada bulan sebelumnya yakni bulan September daerah Surabaya juga mengalami nilai suhu tertinggi 319,08. hal ini menunjukkan bahwa kota Surabaya mulai mengalami pemanasan global yang dialami sepanjang tahun 2003 dan 2004. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 313 K atau 38°C dan berada di kota Bogor sama dengan tahun

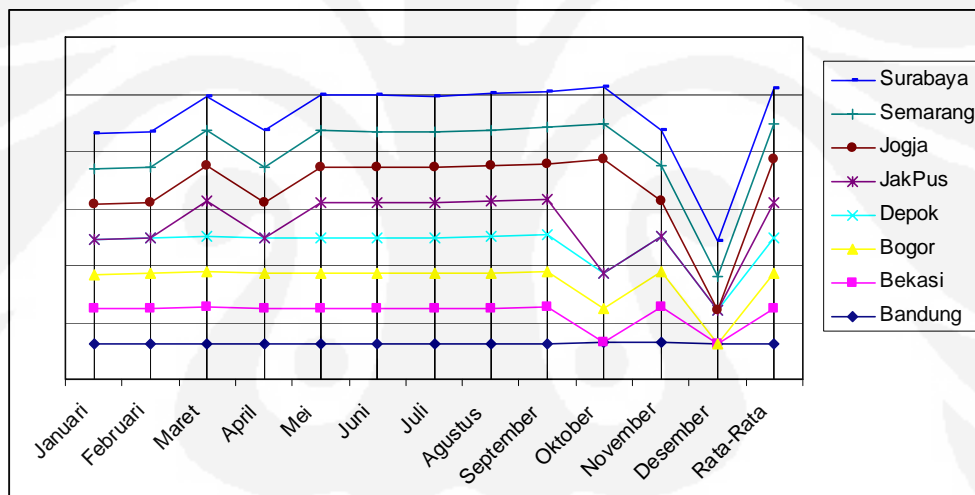
sebelumnya. Tetapi diikuti juga kenaikan suhunya 2 K dari tahun 2003. Sedangkan rata-rata di kota lain berkisar 315-318 K atau 42-45°C.

#### 4.1.3 Analisa nilai LST tahun 2005

Untuk menganalisa berikut dibawah adalah daftar nilai LST bulanan pada tahun 2005 dan juga Gambar 5.3 adalah grafik pola nilai LST tahun 2005

Tabel 4.3 Nilai LST bulanan Tahun 2005

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Rata-Rata
Bandung	309,6	312,2	313,86	311	309,94	309,9	311,18	314,64	315,24	319,6	317,8	305,44	313
Bekasi	303,82	309,52	314,12	308,62	310,44	310,46	309,1	310,74	316,62	0	312,24	0	311
Bogor	307,88	309,66	311,96	310,58	309,1	308,88	309,62	309,58	313,3	306,06	312,82	0	310
Depok	308,2	310,3	312,84	310,02	310,06	309,76	309,88	311,56	317,18	306,86	309,86	300,88	310
JakPus	0	0	311,18	0	311,62	313,1	309,54	313,08	315,66	0	0	0	312
Jogja	309	310	307,7	314,44	312,44	312,64	310,62	311,96	309,42	316,46	306,64	0	311
Semarang	309,16	308,92	305,38	309,06	312,88	311,18	311,98	314,8	318,24	319,9	316,5	295,7	311
Surabaya	313,62	308,32	308,58	313,48	313,2	311	313,84	314,44	320,18	321,32	311,04	302,5	313



Gambar 4.3 Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2005

Nilai rata-rata bulanan untuk masing-masing kota pada tahun 2005 pada umumnya mempunyai nilai yang hampir sama yaitu dari nilai 310-313 K atau 37-40°C. Jika dilihat dari tahun 2004 nilai rata-rata ini mengalami penurunan tetapi masih diatas nilai rata-rata dari tahun 2003. Selain itu jika pada tahun 2003 hanya Jakarta dan Bandung maka pada tahun 2004 ini selain Jakarta yang mempunyai nilai tertinggi ada beberapa kota besar lain yang menyusul yaitu Bandung, Depok dan Surabaya maka pada tahun 2005 nilai rata-rata tertinggi berada di kota Bandung dan Surabaya. Hal ini bisa dikatakan daerah kota Bandung dan Surabaya

terus mengalami pemanasan suhu permukaan terutama untuk kota Surabaya. Sedangkan nilai rata-rata terendah masih sama dengan tahun 2003 dan 2004 yaitu berada di kota Bogor.

Sedangkan untuk nilai LST tertinggi hampir disemua kota besar yang diamati berada pada bulan Agustus dan September. Hal ini tentu sedikit berbeda jika dibandingkan pada dua tahun sebelumnya dimana suhu tertinggi terjadi pada bulan September dan Oktober. Nilai tertinggi LST berdasarkan Tabel diatas nilai Tabel diatas terjadi pada bulan Oktober di kota Surabaya yang mencapai suhu maksimum 321 K atau 48°C yang berarti mengalami kenaikan suhu permukaan lagi dalam kurun waktu tahun 2003 sampai dengan 2005. Harus diperhatikan disini adalah kota Surabaya terus mengalami kenaikan suhu permukaan rata-rata dalam satu tahun yang itu berarti sepanjang tahun daerah tersebut mengalami kenaikan nilai LST baik dalam musim kemarau maupun musim hujan. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 309 K atau 36°C dan berada di kota Bogor dan Yogyakarta Tetapi diikuti juga kenaikan suhunya 2 K dari tahun 2003.

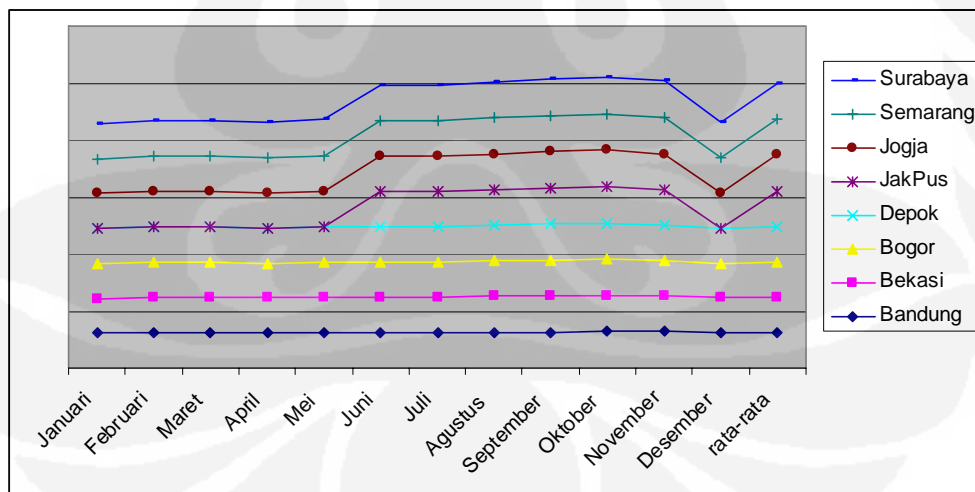
#### 4.1.4 Analisa nilai LST tahun 2006

Dari nilai rata-rata bulanan untuk pada tahun 2006, mempunyai nilai yang hampir sama dari tahun 2003 sampai tahun 2005 yaitu 313 K atau 40°C dengan *range* antara 310-313 K. Nilainya sama dengan nilai rata-rata tertinggi pada tahun sebelumnya 2005 dan mengalami kenaikan dari tahun 2003 dan 2004. Nilai rata-rata tertinggi berada di kota Jakarta Pusat dan Surabaya, selanjutnya kota Bandung juga mempunyai nilai rata-rata yang relatif sama dengan tahun-tahun sebelumnya berkisar antar 312-313 K. Sedangkan nilai rata-rata terendah masih sama dengan tahun 2003, 2004, dan 2005 yaitu berada di kota Bogor. Berikut daftar nilai LST maksimum bulanan pada tahun 2006 yang ditunjukkan pada Tabel dibawah.

Tabel 4.4 Nilai LST maksimum bulanan Tahun 2006

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember	rata-rata
Bandung	307,84	311,54	313,48	310,26	311,32	309,9	309,38	312,72	316,34	319,48	317,74	303,28	312
Bekasi	303,1	308,32	310,16	304,36	308,88	309,84	310,8	314,38	318,52	317,68	312,66	310,08	311
Bogor	309,72	308,46	311,14	305,36	308,74	306,62	308,74	310,28	314,02	316,2	312,92	306,7	310
Depok	307,34	306,92	310,72	303,72	310	310,14	310,02	314,7	315,54	317,58	312,32	310,94	311
JakPus	0	0	0	0	0	309,98	310,72	314,06	317,72	317,8	305,74	0	313
Jogja	303,4	310,98	309,02	306,24	312,44	309,16	310,02	311,56	315,62	319,96	316,78	307,98	311
Semarang	304,16	307,22	311,38	308,5	313,8	311,2	312,38	313,56	319,04	319,2	318,38	306,54	312
Surabaya	303,88	313,26	303,16	309,6	313,9	313,02	312,62	314,08	318,52	322,82	322,4	309,4	313

Gambar 4.4 menunjukkan grafik pola nilai LST tahun 2006 di 8 kota. Berdasarkan grafik tersebut nilai LST tertinggi hampir disemua kota besar yang diamati berada pada bulan September dan Oktober. Sedikit berbeda dengan tiga tahun sebelumnya apabila bulan dengan suhu tertinggi juga terjadi pada bulan Agustus, maka pada tahun 2006 ini terjadi pada bulan November selain pada September dan Oktober. Namun hanya ada tiga kota yang mempunyai nilai tersebut yaitu Bandung, Yogyakarta dan Surabaya. Nilai tertinggi LST berdasarkan Tabel diatas nilai Tabel diatas terjadi pada bulan Oktober di kota Surabaya yang mencapai suhu maksimum 322 K atau 49°C. Surabaya terus mengalami kenaikan suhu permukaan sejak tahun pengamatan 2003 sampai dengan tahun 2006 ini, bahkan pada bulan sebelum dan sesudahnya yakni bulan September dan November daerah Surabaya juga mengalami nilai suhu tertinggi yaitu 318 K dan 322 K. Hal ini yang nantinya pada analisa berikutnya kota Surabaya yang dijadikan titik pengamatan yang optimal. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 314 K atau 39°C dan berada di kota Bogor sama dengan tahun sebelumnya. Meskipun mempunyai nilai terendah pada bulan terpanas nilai tersebut juga mengalami kenaikan sepanjang tahun pengamatan yaitu tahun 2003.



Gambar 4.4 Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2006



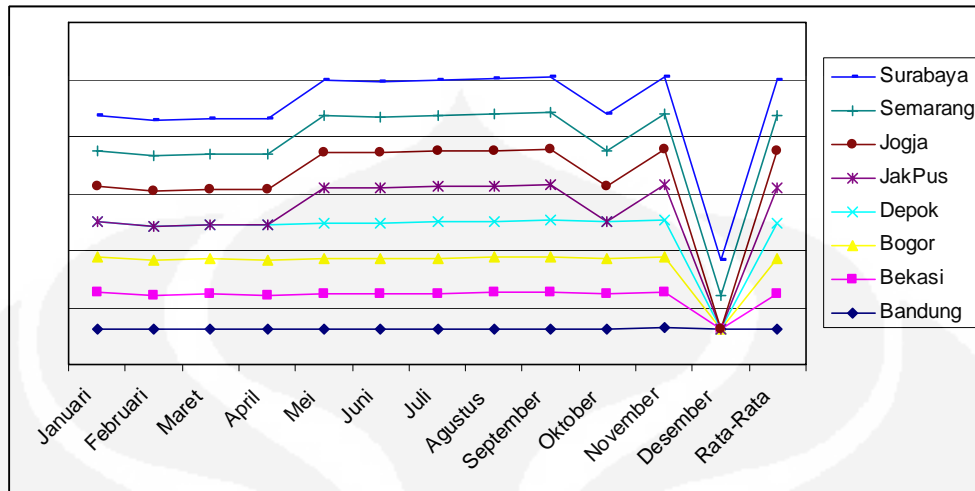
#### 4.1.5 Analisa nilai LST tahun 2007

Berdasarkan pada Tabel 4.5 yang berisi nilai LST maksimum bulanan tahun 2007, maka dapat diketahui bahwa ilai rata-rata bulanan untuk masing-masing kota pada tahun 2007 juga mempunyai nilai yang hampir sama yaitu dari nilai 310-313 K atau 37-40°C. Nilai rata-rata tertinggi 313 K yakni di kota Jakarta Pusat dan Surabaya sama dengan tahun 2006. Kota Bandung dan Semarang juga mempunyai nilai yang terus meningkat sepanjang tahun pengamatan.Sedangkan nilai rata-rata terendah terjadi di kota Bogor.

Tabel 4.5 Nilai LST maksimum bulanan tahun 2007

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember	Rata-Rata
Bandung	314,42	304,38	309,9	307,74	311,9	308,56	310,26	313,6	316,26	312,1	317,28	304,2	311
Bekasi	313,32	303,8	306,16	303,24	311,9	310,42	315,14	314,4	315,76	314,26	315,52	0	311
Bogor	312,68	302,5	307,14	305,24	308,52	309,16	309,78	310,38	313,48	310,24	313,32	0	309
Depok	314,78	305,58	306,5	304,44	311,48	310,26	311,6	312,7	315,4	314,34	316,94	0	311
JakPus	0	0	0	0	308,4	310,84	314,88	314,32	315,44	0	316,7	0	313
Jogja	309,36	308,66	307,38	309,04	311,98	310,06	311,24	312,44	315,58	309,82	311,96	0	311
Semarang	309,7	305,16	313,22	311,4	312,62	311,56	311,5	314,5	316,82	317,06	311,9	304,12	312
Surabaya	312,5	305,68	307,6	309	314,9	311,76	312,86	315,36	319,24	316,66	313,18	301	312

Pada tahun sebelumnya tidak ada nilai LST tertinggi terjadi pada bulan Agustus, namun pada tahun 2007 ini nilai LST tertinggi kembali terjadi pada bulan Agustus. Itu berarti hampir sama pola yang terjadi pada tahun 2005. Nilai tertinggi LST berdasarkan Tabel diatas nilai Tabel diatas terjadi pada bulan September di kota Surabaya yang mencapai suhu maksimum 319 K atau 46°C yang berarti mengalami sedikit penurunan suhu permukaan. Sejak tahun 2003 nilai tertinggi LST selalu terjadi pada bulan Oktober namun pada tahun 2007 ini bergeser ke bulan September. Hal ini juga dialami hampir disemua titi pengamatan di kota-kota besar yaitu nilai tertinggi juga terjadi pada bulan September. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 309 K atau 36°C dan berada di kota Bogor. Untuk lebih detail gambar grafik pola nilai LST pada tahun 2007 ditunjukkan pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2007

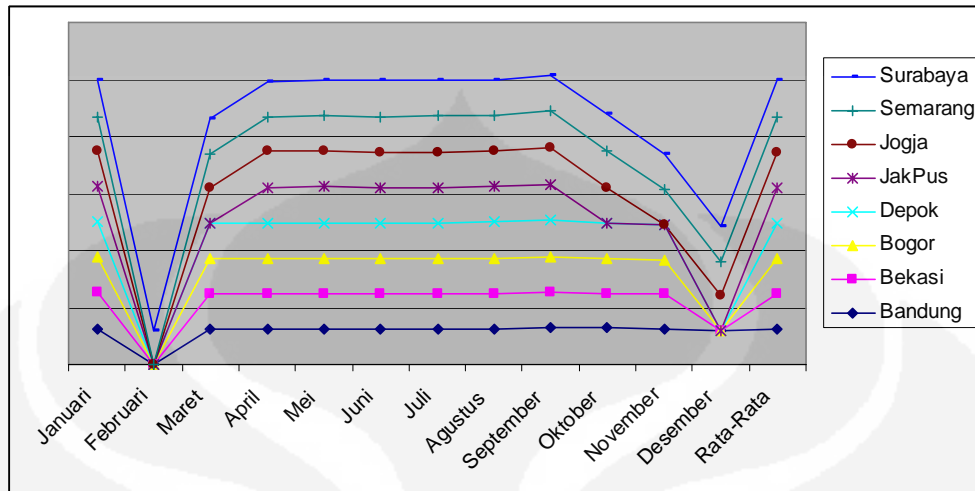
#### 4.1.6 Analisa nilai LST tahun 2008

Dari nilai rata-rata bulanan untuk pada tahun 2008 merupakan tahun pengamatan terakhir, mempunyai nilai yang hampir sama dari tahun 2003 sampai tahun 2007 yaitu 312 K atau 39°C dengan *range* antara 310-313 K. Nilainya sama dengan nilai rata-rata tertinggi pada tahun sebelum yakni 2003 dan 2004. Nilai rata-rata tertinggi berada di kota Jakarta Pusat dan Bandung, selanjutnya diikuti dengan kota Surabaya, Depok dan Bekasi. Selain Surabaya dan Jakarta, Bandung juga mempunyai nilai rata-rata LST yang relatif sama dengan tahun-tahun sebelumnya. Itu berarti Bandung mempunyai nilai LST rata-rata tinggi disepanjang tahun. Sedangkan nilai rata-rata terendah masih sama dengan tahun 2003, 2004, dan 2005 yaitu berada di kota Bogor. Berikut daftar nilai LST bulanan pada tahun 2008 yang ditunjukkan pada Tabel dibawah.

Tabel 4.6 Nilai LST bulanan Tahun 2008

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember	Rata-Rata
Bandung	314,3	0	312,56	313,24	312,16	310,94	308,72	313,84	317,5	317,86	310,22	301,26	312
Bekasi	313,14	0	307,98	312,4	311,84	310,96	311,88	311,42	317	307,5	305,24	0	311
Bogor	310,82	0	309,24	308,48	308,36	309,68	308,58	309,6	313,12	309,46	306,06	0	309
Depok	312,96	0	308,62	309,96	311,04	310,3	311,06	311,8	314,9	310,66	307,68	0	311
JakPus	310,68	0	0	311,9	313,88	311,02	312,22	310,96	316,5	0	0	0	312
Jogja	304,54	0	304,52	310,94	312,78	311,1	311,86	311,44	319,96	310,52	0	301,72	310
Semarang	307,76	0	303,98	306,22	313,26	311,94	312,24	313,1	319,48	317	302,62	302,36	310
Surabaya	314,14	296,72	307,2	311,96	313,62	312,08	312,76	314,14	320,1	317,96	309,96	303,7	311





Gambar 4.6 Grafik pola atau trend nilai LST pada tahun 2008

Dari grafik nilai LST tahun 2008 yang menunjukkan bahwa pada bulan Februari hampir di semua kota mengalami penurunan nilai LST. Sedangkan nilai LST tertinggi hampir di semua kota besar yang diamati berada pada bulan Agustus, September dan Oktober. Seperti pada grafik pola nilai LST tahun 2008 Namun hanya ada tiga kota yang mempunyai nilai tertinggi di bulan Oktober yaitu Bandung, Semarang dan Surabaya. Nilai tertinggi LST terjadi pada bulan September di kota Surabaya yang mencapai suhu maksimum 320 K atau 47°C. Dari analisa sebelumnya nilai LST tertinggi selallu terjadi di bulan Oktober pada tahun 2003 sampai 2006, namun mulai 2007 dan 2008 ini nilai LST tertinggi terjadi di bulan September. Selama enam tahun pengamatan dari tahun 2003 sampai 2008 Surabaya yang selalu mempunyai nilai LST tertinggi yaitu 319 K – 322 K. Dan puncaknya terjadi pada tahun 2006 dengan nilai LST adalah 322 K. Selanjutnya nilai yang paling rendah pada bulan yang paling panas adalah 309 K atau 36°C dan berada di kota Bogor. Nilai ini relatif lebih rendah daripada tahun 2006, dengan demikian jika dilihat dari hasil analisa data LST dari tahun 2003 sampai 2008, nilai LST tertingi terjadi pada tahun 2006.

Hasil analisa nilai LST pertahun didapatkan bahwa nilai suhu tertinggi selalu terjadi pada bulan Oktober pada empat tahun pertama, dan paad 2dua tahun terakhir terjadi pada bulan September.

## 4.2 Pola atau trend nilai LST di beberapa kota

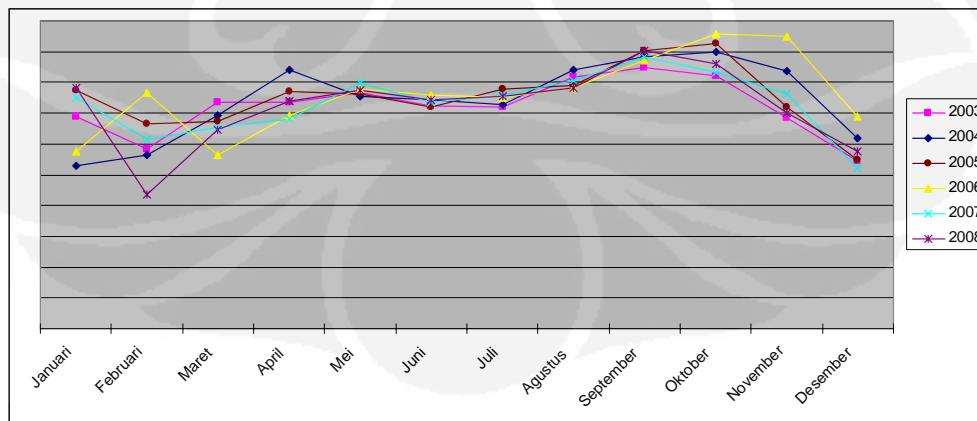
### 4.2.1 Pola atau trend nilai di kota Surabaya

Untuk melihat pola atau trend dengan memanfaatkan data *time series* harus digunakan data yang benar-benar bagus dan bebas dari error. Dengan melihat dari hasil data yang sudah dihasilkan untuk melihat pola trend pemanasan suhu dilakukan pengamatan di kota Surabaya dengan mempertimbangkan nilai nilai LST yang dihasilkan mempunyai nilai yang bagus. Artinya tidak ada nilai nol, yang berarti daerah tersebut bebas dari awan yang merupakan kendala terbesar dalam penelitian ini. Berikut dibawah ini adalah nilai nilai LST dalam kurun waktu 2003 sampai 2008 di daerah kota Surabaya.

Tabel 4.7 Nilai LST bulanan daerah kota Surabaya

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember
2003	310	304	312	312	313	311	311	316	317	316	309	302
2004	301	303	310	317	313	312	311	317	319	320	317	306
2005	314	308	309	313	313	311	314	314	320	321	311	303
2006	304	313	303	310	314	313	313	314	319	323	322	309
2007	313	306	308	309	315	312	313	315	319	317	313	301
2008	314	297	307	312	314	312	313	314	320	318	310	304

Dari nilai LST pada Tabel diatas apabila diperhatikan nilai LST yang rendah dimulai pada bulan Desember, yang berarti di Surabaya pada bulan Desember kemungkinan mulai datangnya musimnya hujan yang akibatnya nilai panas suhu permukaan menjadi rendah nilai LST hanya berkisar antara 301 K sampai 306 K atau sekitar 28 K sampai 33 K. Hal ini berlangsung sampai bulan Maret, yang kemudian April sampai dengan Agustus masa peralihan dengan suhu rata 310-316 K dan selanjutnya puncaknya adalah pada bulan September dan Oktober.



Gambar 4.7 Grafik pola LST didaerah kota Surabaya

Apabila dilihat pada grafik pola LST dari tahun 2003 sampai 2008 untuk daerah Surabaya diatas nilai LST selalu merangkak naik. Dan puncaknya adalah terjadi pada tahun 2006 dimana hampir nilai LST sepanjang tahun tersebut naik diatas rata-rata. Pada tahun 2003 pola trend LST di Surabaya masih rekatif sedang tapi kemudian semakin lama nilainya semakin naik. Untuk pengamatan pada bulan yang sama dan tahun yang berbeda nilai LST selalu naik dan kemungkinan pola dan trend nya akan naik terus dalam jangka waktu yang panjang ke depan

#### 4.2.2 Pola atau trend nilai di kota Bandung

Selain Surabaya kota lain yang harus diperhatikan trend kenaikan suhu permukaan juga terjadi di kota Bandung. Untuk lebih detailnya ditunjukkan dari Tabel dibawah berikut ini.

Tabel 4.8 Nilai LST bulanan daerah kota Bandung

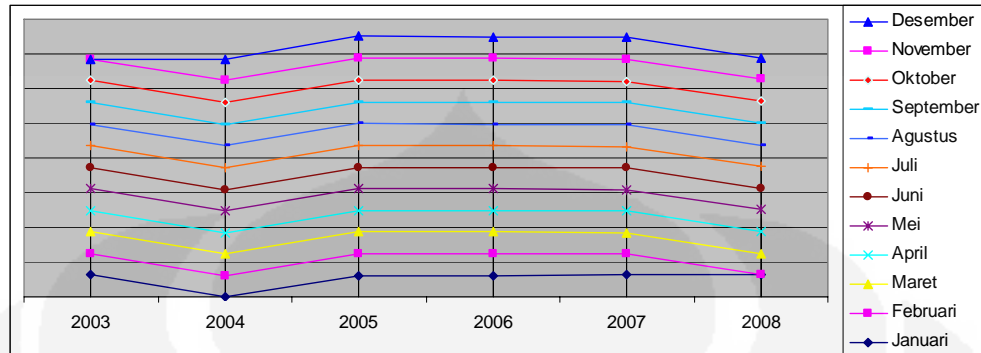
	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember
2003	315	303	312	313	311	309	310	315	316	315	308	0
2004	0	304	311	312	313	310	309	312	315	317	314	311
2005	310	312	314	311	310	310	311	315	315	320	318	305
2006	308	312	313	310	311	310	309	313	316	319	318	303
2007	314	304	310	308	312	309	310	314	316	312	317	304
2008	314	0	313	313	312	311	309	314	318	318	310	301

Meskipun ada beberapa nilai yang kosong dikarenakan data error dan juga pengaruh awan yang terjadi dari data pada bulan tersebut. Dari nilai rata-rata setiap tahun mempunyai nilai yang hampir sama dengan kota Surabaya yaitu sekitar 312 K sedangkan Surabaya 313 K.

Tabel 4.9 Nilai LST rata-rata bulanan dan maksimum daerah kota Bandung

	Rata-rata	Maksimum
2003	312	316
2004	312	316
2005	313	315
2006	312	319
2007	311	316
2008	312	317

Nilai rata-rata dikota Bandung relatif stabil, hal ini menunjukkan bahwa kota Bandung juga mengalami pemanasan yang merata hampir disepanjang tahun pada setiap bulannya.



Gambar 4.8 Grafik poal/trend suhu nilai LST per-bulan kota Bandung dari tahun 2003 sampai 2008

Dari Gambar 4.8 diatas ditunjukkan nilai tertinggi sepanjang tahun 2003 sampai 2008 terjadi pada tahun 2005, 2006, dan 2007. dari tahun 2003 sampai 2005 suhu permukaan mengalami kenaikan yang bertahap namun setelah tahun 2007 mengalami penurunan suhu permukaan pada tahun 2008 dan terjadi hampir disetiap bulan pada tahun tersebut.

#### 4.2.3 Pola atau trend nilai di kota Jakarta

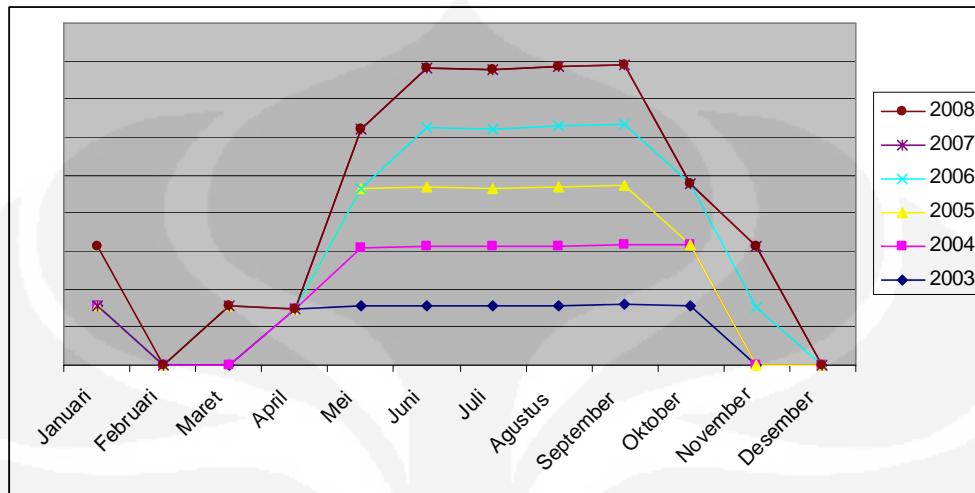
Jika kota Bandung kemungkinan mengalami pola atau trend suhu permukaan, hal yang sama juga terjadi pada Jakarta. Namun demikian untuk daerah Jakarta ini dalam kurun waktu satu tahun pada umumnya hanya enam bulan saja yang dapat kita lihat nilai LST, selain itu enam bulan sisanya hampir tidak ada nilai yang muncul karena adanya pengaruh awan pada waktu pengambilan citra satelit.

Tabel 4.10 Nilai LST bulanan daerah kota Jakarta

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	Septembe	Oktober	November	Desember
2003	315	0	0	298	313	312	311	315	318	317	0	0
2004	0	0	0	0	308	314	313	314	317	318	0	0
2005	0	0	311	0	312	313	310	313	316	0	0	0
2006	0	0	0	0	0	310	311	314	318	318	306	0
2007	0	0	0	0	308	311	315	314	315	0	317	0
2008	311	0	0	312	313	311	312	310	317	0	0	0

Untuk daerah Jakarta ini kita tidak bisa menganalisa pola dan trend yang terjadi dari setiap bulan pada karena nilai yang banyak terjadi pada 6 bulan pada setiap tahunnya. Yang pada umumnya nilai nol terjadi pada suhu permukaan yang tidak panas. Untuk mengoptimalkan pengamatan kita ambil pada bulan juni, Juli,

Agustus dan September, yang nilai LST selalu tersedia selama tahun pengamatan 2003 sampai dengan 2008.



Gambar 4.9 Grafik poal/trend suhu nilai LST per-bulan kota Jakarta dari tahun 2003 sampai 2008

Nilai LST tertinggi selalu terjadi pada bulan Agustus, September dan Oktober, pada kota Jakarta dari Gambar 4.4 dapat terlihat pada grafik diatas dimana nilai LST selalu berada diatas 300 K. Kemudian apabila dilihat pada Tabel 4.11 dibawah ini dari nilai rata-rata per tahun di Jakarta relatif tinggi berkisar antara 312 – 314 K. Nilai rata-rata pertahun ini relatif lebih tinggi dari daerah kota Bandung dan juga dari kota Surabaya. Meskipun kota Surabaya mempunyai nilai LST tertinggi pada bulan terpanas dari seluruh kota di Pulau Jawa, akan tetapi untuk nilai rata-rata yang dimiliki masih relatif tinggi kota Jakarta Pusat. Sedikit berbeda dengan dua kota sebelumnya, di kota Jakarta suhu tertinggi terjadi di bulan September. Di Surabaya nilai suhu terpanas terjadi bulan Oktober. Dengan demikian daerah Jakarta Pusat mempunyai daerah yang relatif panas yang tinggi pada sepanjang tahun pada tiap bulannya. Sebagai catatan nilai LST di Jakarta bisa dikatakan mengalami pemanasan suhu permukaan yang relatif tinggi.

Tabel 4.11 Nilai LST rata-rata bulanan dan maksimum daerah kota Jakarta

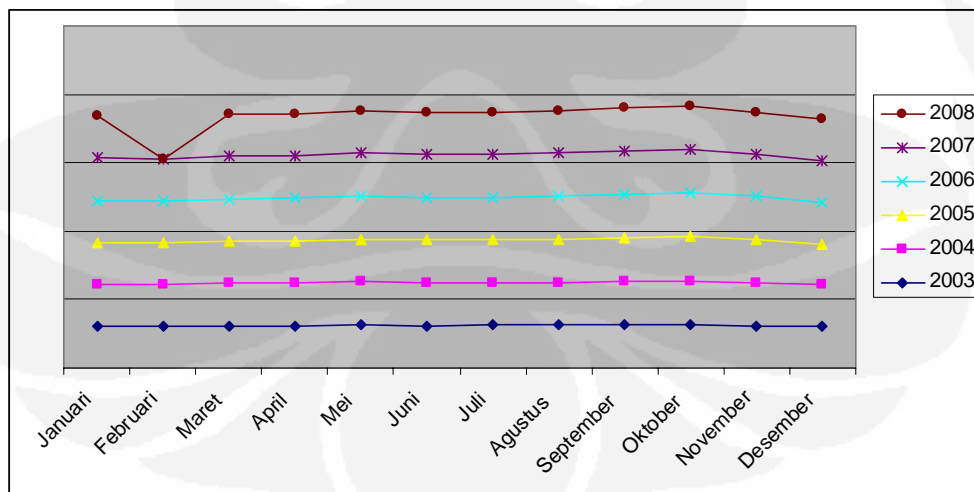
	Rata-rata	Maksimum
2003	312	317
2004	314	316
2005	312	315
2006	313	317
2007	313	315
2008	312	316

#### 4.2.3 Pola atau trend nilai di kota Semarang

Selain 3 kota besar diatas yang tidak kalah penting untuk dianalisa adalah nilai LST di kota Semarang, dengan melihat letak serta potensi kota ini nilai LST yang dimiliki juga termasuk dalam kategori yang relatif tinggi. Sama dengan kota yang lain suhu tertinggi juga terjadi di bulan September dan Oktober. Puncaknya adalah terjadi pada bulan Oktober, hanya saja nilai *time series* yang muncul mengalami penurunan dari tahun 2003 sampai pada tahun 2008. Diawali dari suhu 320 K hingga kemudian turun menjadi 317 K pada tahun 2008, meskipun sempat naik pada tahun 2006, bnamun tidak terlalu signifikan.

Tabel 4.12 Nilai LST rata-rata bulanan dan maksimum daerah kota Semarang

	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember
2003	308	306	309	310	314	311	312	315	315	320	307	304
2004	302	304	312	313	314	312	311	312	316	319	309	307
2005	309	309	305	309	313	311	312	315	318	320	317	296
2006	304	307	311	309	314	311	312	314	319	319	318	307
2007	310	305	313	311	313	312	312	315	317	317	312	304
2008	308	0	304	306	313	312	312	313	319	317	303	302



Gambar 4.10 Grafik pola/trend suhu nilai LST per-bulan dari tahun 2003 sampai 2008 untuk daerah kota Semarang

Dari Gambar 4.1 nilai LST diatas 300 K hampir terjadi pada setiap bulan sejak tahun 2003 sampai 2008. Sedangkan nilai 310 K keatas selalu terjadi di bulan Mei sampai bulan November.

Hasil analisa nilai LST di Surabaya, Bandung, Jakarta dan Semarang, nilai LST tertinggi adalah di kota Surabaya. Dalam periode 2003-2008 kota Surabaya selalu mendapatkan nilai LST tertinggi, kecuali pada tahun 2003 dengan nilai berkisar 320 K atau 47 K. Sedangkan kota Bandung mempunyai trend nilai rata-rata perbulan tertinggi. Selanjutnya kota Jakarta dari hasil pengamatan mempunyai trend hampir selama 6 bulan pada setiap tahunnya selalu tertutup oleh awan, namun pada 6 bulan lainnya mempunyai nilai LST yang tinggi, sehingga perlu dijadikan catatan penting bahwa nilai suhu permukaan di Jakarta semakin meningkat. Begitu juga dengan Semarang mempunyai trend yang hampir sam dengan Jakarta meskipun hampir sebagian besar jarang sekali tertutup oleh awan.

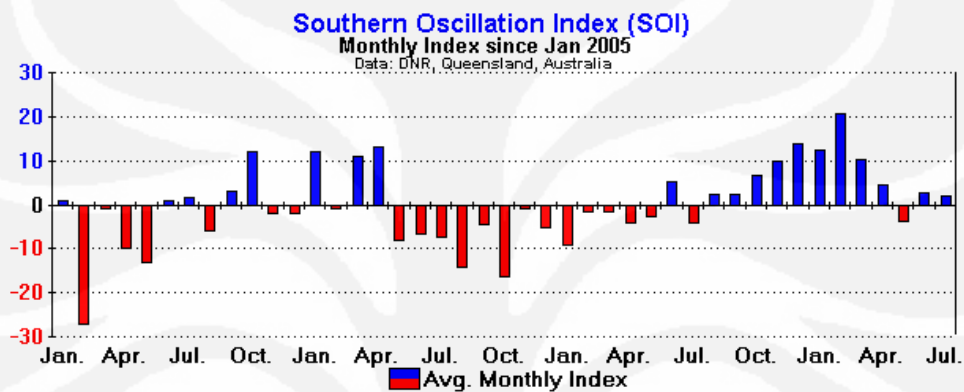
#### **4.3 Analisa pengaruh iklim terhadap nilai LST**

Untuk menganalisa lebih lanjut antara nilai LST dengan pengaruh iklim di Indonesia akan banyak faktor yang berperan. Nilai LST yang tinggi merupakan nilai suhu permukaan Bumi yang panas. Nilai suhu permukaan yang panas berarti curah hujan rendah. Intensitas curah hujan dipengaruhi oleh fenomena El Nino dan La Nina yang terjadi di belahan Bumi utara khatulistiwa. El Nino merupakan fenomena yang ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan laut di pasifik tengah yang mengakibatkan meningkatnya kelembapan atmosfer yang berada diatasnya. Kejadian ini mendorong terjadinya pembentukan awan diikuti meningkatnya curah hujan di kawasan tersebut, sehingga menyebabkan terhambatnya pertumbuhan awan diatas laut bagian timur Indonesia, dan diikuti penurunan curah hujan yang jauh dari normal di beberapa wilayah di Indonesia.

Hasil prediksi El Nino menunjukkan kondisi El Nino netral, sedangkan prediksi OLR (*Outgoing Longwave Radiation*) dan estimasi curah hujan berdasarkan input anomali suhu permukaan laut di Samudera Pasifik menunjukkan bahwa prediksi OLR pada bulan Oktober 2006 DKI Jakarta, dan Jawa Barat



antara 205 dan 235W/m<sup>2</sup> (atau curah hujan antara 105 dan 250mm/bln) sedangkan di Jawa tengah, Yogyakarta dan Jawa Timur dengan curah hujan 150mm/bulan. Seperti tampak pada Gambar 4.6., fenomena pada tahun 2006 ini sangat sesuai dengan siklus ElNino dimana terjadi penurunan curah hujan hingga 24mm/bulan. Dengan demikian sangat berkorelasi dengan nilai LST yang sangat tinggi yang terjadi di daerah Surabaya pada bulan Oktober 2006.



Gambar 4.11. Osilasi Indeks Selatan Pasifik sebagai indikator ElNino.

Berdasarkan pemantauan liputan awan menggunakan data MTSAT dan estimasi curah hujan menggunakan data Qmorph yang dilakukan oleh LAPAN disebutkan bahwa pada bulan Oktober 2006 nilai akumulasi curah hujan di Pulau Jawa antara 10mm/bulan sampai 75 mm/bulan, pada bulan Oktober 2005 antara 35mm/bln sampai 95mm/bln. Akumulasi curah hujan tersebut termasuk intensitas rata-rata hujan rendah, sehingga apabila nilai LST pada bulan tersebut sangat tinggi maka bisa dikatakan sesuai. Dan periode 2007 dan 2008 nilai LST tertinggi terjadi pada bulan September, sedangkan akumulasi curah hujan bulan September 2007 dan September 2008 antara 35mm/bulan sampai 75 mm/bulan dan 35mm/bln sampai 85mm/bln, meskipun nilai akumulasi curah hujan ini nampaknya lebih rendah dari hasil observasi di lapangan, secara umum distribusi spasialnya sesuai dengan pengamatan dari data MTSAT-1R. Hal tersebut sangat relevan dengan nilai LST yang didapat.

Dari hasil analisa yang sudah diuraikan diatas hampir di setiap kota besar di Pulau Jawa selalu mengalami kenaikan nilai LST. Nilai LST tertinggi terjadi



pada tahun 2006, dengan nilai tertinggi terjadi pada bulan Oktober pada tahun 2006 dikota Surabaya yang mencapai nilai  $322^{\circ}\text{K}$  atau  $49^{\circ}\text{C}$ . Kecuali tahun 2003, dari tahun 2004 sampai tahun 2008 kota Surabaya selalu mempunyai nilai LST tertinggi, yang kemudian berikutnya adalah kota Jakarta, Bandung dan Semarang.



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil pembahasan pada bab-bab sebelumnya, berikut ini hasil beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian:

- a) Pada periode tahun 2003-2008 nilai *Land Surface Temperature* (LST) tertinggi selalu terjadi pada bulan September dan Oktober dan terjadi merata di seluruh kota di Pulau Jawa
- b) Kota Surabaya memiliki nilai LST tertinggi hampir disepanjang tahun pengamatan dan nilai LST terendah pada bulan terpanas terjadi di Bogor.
- c) Bandung, Jakarta dan Semarang mempunyai nilai LST rata-rata yang tinggi dibanding kota lain di Pulau Jawa. Artinya disepanjang tahun hampir diseluruh wilayah kota tersebut mempunyai nilai LST yang tinggi.
- d) Pengaruh fenomena El Nino dan La Nina berpengaruh terhadap prediksi curah hujan yang rendah sehingga nilai LST didapat tinggi, hal tersebut terbukti pada bulan Oktober 2006.
- e) Berdasarkan pemantauan liputan awan (MTSAT) dan estimasi curah hujan (Qmorph) menunjukkan nilai akumulasi curah hujan yang rendah pada bulan Agustus, September dan Oktober di Pulau Jawa , dimana nilai LST sangat tinggi pada waktu tersebut.

## DAFTAR REFERENSI

- [1] Wan, Zhenming. (1999). *Land Surface Temperature Algorithm Theoretical basic Document (LST-ATBD) version 3.3*. Santa Barbara: Academic Press.
- [2] Sobrino, J.A., and J.E. Kharraz, (2003). *Surface temperature and water vapour retrieval from MODIS data*. Int. J. Remote Sensing, Vol 24, no.24
- [3] BECKER, F. (1987). *The impact of spectral emissivity on the measurement of land surface temperature from a satellite*. Norway: International Journal of Remote Sensing.
- [4] Lillesand and Kiefer (1997). *A physics-based algorithm for retrieving land-surface emissivity and temperature from EOS/MODIS data*, IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing v35.
- [5] Sutanto (1994). *Prinsip Dasar, Aplikasi Penginderaan Jauh dan Teknologi*. Yogyakarta: Research Forum
- [6] Purwadhi (2001). *Teknologi serta Pemanfaatan Penginderaan Jauh*. Jakarta: Research Forum
- [7] Green(1996). *A generalized split-window algorithm for retrieving land surface temperature measurement from space*. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing
- [8] “MODIS Data Specification.” <<http://modis.gsfc.nasa.gov>> diakses pada 1 Mei 2009
- [9] MODIS data. < <http://LPDAAC.usgs.gov> > diakses 1 Mei 2009.