



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**POLA SPASIAL SUHU PERMUKAAN DARATAN  
KOTA SURABAYA  
TAHUN 1994, 2000 DAN 2011**

**SKRIPSI**

**RIZKA NURUL FATIMAH  
0806453996**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI SARJANA GEOGRAFI  
DEPOK  
2012**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**POLA SPASIAL SUHU PERMUKAAN DARATAN  
KOTA SURABAYA  
TAHUN 1994, 2000 DAN 2011**

**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains  
(S.Si)**

**RIZKA NURUL FATIMAH  
0806453996**

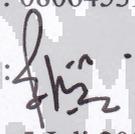
**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
PROGRAM STUDI SARJANA GEOGRAFI  
DEPOK  
2012**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Rizka Nurul Fatimah

NPM : 0806453996

Tanda Tangan : 

Tanggal : 5 Juli 2012

## HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :  
Nama : Rizka Nurul Fatimah  
NPM : 0806453996  
Program Studi : Geografi  
Judul Skripsi : Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota  
Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Rokhmatuloh, M.Eng (.....)

Pembimbing : Drs. Sobirin, M.Si (.....)

Pembimbing : Drs. Supriatna, MT (.....)

Penguji : Dra. Ratna Saraswati, MS (.....)

Penguji : Adi Wibowo, S.Si, M.Si (.....)

Ditetapkan di : Depok  
Tanggal : 5 Juli 2012

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan yang Maha Esa, karena atas berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulisan skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Sains Program Studi Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, mulai dari masa perkuliahan hingga pada saat penyusunan skripsi ini, maka skripsi ini tidak akan bisa terwujud. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada:

- a. Bapak Drs. Sobirin, M.Si selaku Pembimbing I dan Bapak Drs. Supriatna, MT selaku Pembimbing II yang telah banyak membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini baik berupa waktu, tenaga dan pikiran serta senantiasa sabar dalam membimbing penulis;
- b. Bapak Dr. Rokhmatuloh, M.Eng selaku Ketua Sidang, Bapak Dr. Djoko Harmantyo, MS selaku Penguji I (saat seminar proposal), Ibu Dra. Ratna Saraswati, MS selaku Penguji I dan Mas Adi Wibowo, S.Si, M.Si selaku Penguji II yang telah memberikan berbagai saran dan masukan dalam penyusunan skripsi ini, sehingga tulisan ini menjadi lebih baik lagi dari sebelumnya;
- c. Bapak Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, M.S selaku Ketua Departemen Geografi, Bapak Dr. Ir. Tarsoen Waryono, M.Si selaku Pembimbing Akademis, segenap staff pengajar Departemen Geografi yang telah memberikan ilmu yang sangat berarti kepada penulis, dan juga seluruh karyawan (Mas Catur, Mas Damun, Mas Karno, Mas Nobo, Pak Wahidin, Mbak Revi, dkk) yang telah banyak sekali membantu penulis dalam penyusunan skripsi ini;
- d. Instansi dan dinas-dinas terkait dari BPN (Mas Uung dan Mbak Dona), Bappeko Kota Surabaya (Bapak TU yang sangat baik menolong penulis), PT. Seameo Biotrop (Pak Miky), BMKG Juanda Kota Surabaya (Ibu Tri), LAPAN Pekayon (Mbak Sukentyas, Pak Widodo dan Kak Fadillah),

Kesbangpolinmas (Depok, Jawa Timur dan Surabaya), BPS (Jakarta dan Surabaya) dan dinas-dinas terkait lainnya atas bantuan dalam memperoleh data demi terwujudnya skripsi ini;

- e. Keluarga tercinta Bapak, Mamak, Mbak Ulan, kedua adikku Ana dan Farid atas doa, cinta, dukungan, dan kasih sayang yang diberikan selama ini. Keluarga besar di Surabaya (Bude Yah, Bude Kus, Bude Pah, Bulek Ti, Bude Bat, Bu Tin, Mbak Yun, Mas Ali, Mas Didik, Mas Aris, Mas Binuri, dan Mas Ipin) terima kasih atas bantuannya selama penulis mencari data di Surabaya;
- f. Teman-teman Geografi angkatan 2008, terutama kepada Wika dan Salira (teman seperjuangan penulis dari mulai proposal, draft, sampai dengan sidang), Sesa dan Utut (atas bantuan data *shapefile*-nya yang sangat bermanfaat), Hafizh (ketua angkatan yang setia *men-support* anak buahnya), Jombati (Gita, Yudis, Ijom, Satrio, Bagus, dan Atsni atas gokil-gokilannya selama ini), Risha, Bela, Tata, Ayu, Ima, Lilis, Avrie (atas kebersamaan dan persahabatannya selama penulis menjalani masa perkuliahan), serta teman-teman lainnya yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas kekompakan, motivasi, bantuan, dukungan, serta pengalaman yang sangat berharga selama 4 tahun ini yang tidak akan pernah penulis lupakan;
- g. Teman-teman Geografi angkatan 2006, 2007, 2009, dan 2010;
- h. Yana, Hanum, Ochy, Gusti, Ayu Eka, Anita, Ade Ika, Vivi selaku orang-orang terdekat penulis atas kebersamaan, motivasi, dan semangat yang diberikan kepada penulis selama ini;

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari sempurna. Penulis sangat terbuka dalam menerima kritik dan saran. Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang membacanya. Amin.

Penulis  
2012

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

---

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

Nama : Rizka Nurul Fatimah  
NPM : 0806453996  
Program Studi : Geografi  
Departemen : Geografi  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Jenis karya : Skripsi

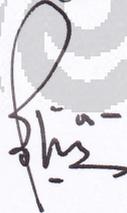
demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

**Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000  
dan 2011**

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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok  
Pada Tanggal : 5 Juli 2012  
Yang menyatakan



(Rizka Nurul Fatimah)

## ABSTRAK

Nama : Rizka Nurul Fatimah  
Program Studi : Geografi  
Judul : Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.

Suhu permukaan daratan (SPD) di perkotaan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah sekitarnya, dimana fenomena tersebut merupakan indikator terjadinya pemicu pemanasan global. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola spasial dan arah perubahan SPD di Kota Surabaya, serta kaitannya terhadap tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi, kerapatan bangunan, dan suhu permukaan daratan yang didapat dari hasil pengolahan Citra Landsat pada tahun 1994, 2000 dan 2011. Pemeriksaan atau verifikasi dilakukan melalui survey lapang pada 40 lokasi sampel yang diperoleh melalui metode *stratified random sampling*. Analisa dilakukan baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil analisis menunjukkan bahwa pola spasial SPD pada tahun 1994, 2000 dan 2011 cenderung terkonsentrasi di pusat kota. SPD berkorelasi negatif terhadap kerapatan vegetasi dan berkorelasi positif terhadap kerapatan bangunan. Arah perubahan wilayah SPD tinggi pada periode 1994-2000 mengelompok di pusat kota dari arah utara sampai ke selatan. Pada periode 2000-2011, wilayah SPD tinggi semakin meluas ke arah barat sampai timur Kota Surabaya.

Kata Kunci : citra landsat, tutupan lahan, kerapatan bangunan, kerapatan vegetasi, pola spasial, suhu permukaan daratan, Kota Surabaya  
xv + 93 halaman : 46 gambar; 14 tabel; 8 lampiran  
Daftar Pustaka : 38 (1975-2010)

## ABSTRACT

Name : Rizka Nurul Fatimah  
Study Program : Geography  
Title : Spasial Pattern of Land Surface Temperature in Surabaya City in Years 1994, 2000 and 2011

Land surface temperature (LST) in urban areas tends to be higher in the center of city than periphery area, which its phenomenon is an indicator of global warming. The purpose of this research is to explain the spatial pattern of LST and its direction changes in Surabaya city, and also to explain the correlation between LST, land cover, vegetation density and building density. The variable were acquired from 1994, 2000 and 2011 Landsat imagery and field observation was conducted in 40 locations by stratified random sampling metode. Qualitative and quantitative analysis showed that the spatial pattern of Surabaya LST in 1994, 2000 and 2011 were quite same, where the highest concentrate of LST was at the center of city. LST has a negative correlation with the vegetation density, but has a positive correlation with building density. The research found that the highest LST in periode 1994-2000 increased along north to south of Surabaya and has been clustered. In periode 2000-2011, the highest LST increase widely along west to east of Surabaya

Keyword : landsat imagery, land cover, building density, vegetation density, spasial pattern, land surface temperature, Surabaya city.  
xv + 93 pages : 46 picture; 14 table; 8 attachment  
Bibliography : 38 (1975-2010)

## DAFTAR ISI

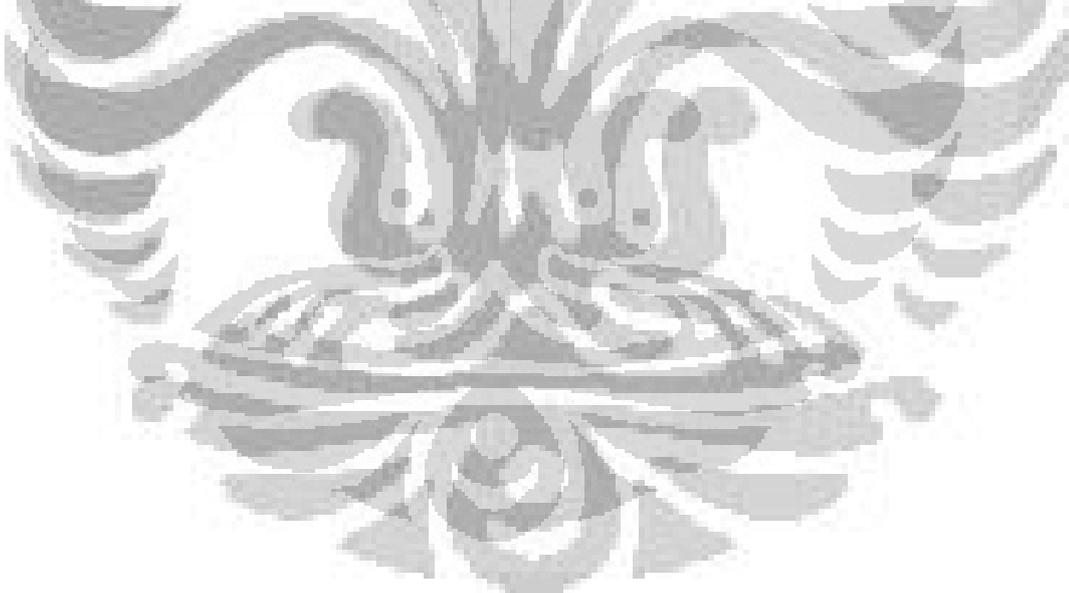
HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK.....	viii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Masalah Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Penginderaan Jauh.....	5
2.2 Sistem Penginderaan Jauh.....	6
2.3 Citra Landsat ( <i>Land Satellite</i> ).....	9
2.4 Suhu Permukaan Daratan ( <i>Land Surface Temperature</i> ).....	11
2.5 Aplikasi Penginderaan Jauh ( <i>Remote Sensing</i> ) untuk Pengukuran Suhu Permukaan.....	12
2.6 Kutub Panas Perkotaan ( <i>Urban Heat Island</i> ).....	13
2.7 Efek Kutub Panas Perkotaan.....	14
2.8 Albedo.....	15
2.9 Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan dan Dampaknya terhadap Kondisi Lingkungan/Iklim Mikro.....	17
2.10 NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> ).....	18
2.11 Indeks Urban ( <i>Urban Index</i> ).....	19
2.12 Sejarah Kota Surabaya.....	20
2.13 Penelitian-Penelitian Terdahulu.....	23
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>25</b>
3.1 Kerangka Alur Pikir.....	25
3.2 Tehnik Pengumpulan dan Jenis Data.....	27
3.3 Pengolahan Data.....	28
3.4 Analisis Data.....	34
<b>BAB 4 GAMBARAN UMUM WILAYAH PENELITIAN.....</b>	<b>37</b>
4.1 Administrasi.....	37
4.2 Topografi.....	40
4.3 Iklim.....	42

4.4	Penduduk.....	44
4.5	Penggunaan Tanah dan Jaringan Jalan.....	46
<b>BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>50</b>
5.1	Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	50
5.2	Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	56
5.3	Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	62
5.4	Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya.....	69
5.4.1	Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	69
5.4.2	Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994.....	71
5.4.3	Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 2000.....	75
5.4.4	Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 2011.....	79
5.4.5	Perbedaan Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan.....	83
5.5	Hubungan Antara Suhu Permukaan Daratan dengan Tutupan Lahan Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	84
5.6	Hubungan Antara Suhu Permukaan Daratan dengan Kerapatan Vegetasi Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	86
5.7	Hubungan Antara Suhu Permukaan Daratan dengan Kerapatan Bangunan Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	88
5.8	Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Periode 1994-2000 dan Periode 2000-2011.....	90
<b>BAB 6 KESIMPULAN.....</b>		<b>93</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>94</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya.....	6
Gambar 2.2	Spektrum Elektromagnetik.....	7
Gambar 2.3	Gelombang Elektromagnetik. Komponen Meliputi Gelombang Elektrik Sinusoidal (E) dan Gelombang Magnetik Sinusoidal (M), Saling Tegak Lurus terhadap Arah Radiasi.....	7
Gambar 2.4	Suhu Udara di Pulau Panas dan Daerah Sekitarnya.....	14
Gambar 2.5	Perbandingan Luasan Kota Surabaya Sebelum Kemerdekaan Tahun 1945, dengan Luasan Sekarang Tahun 2000.....	22
Gambar 2.6	Bentuk Kota Surabaya Sampai Pada Tahun 1970-an yang Memanjang dari Utara ke Selatan, Sesuai dengan Arah Aliran Kalimas ke Arah Pelabuhan Tanjung Perak.....	22
Gambar 3.1	Alur Pikir Penelitian.....	26
Gambar 3.2	Peta Persebaran Pengambilan Sampel Kota Surabaya.....	29
Gambar 3.3	Alur Pengolahan Data.....	36
Gambar 4.1	Peta Administrasi Kota Surabaya.....	38
Gambar 4.2	Peta Jaringan Sungai Kota Surabaya.....	41
Gambar 4.3	Grafik Curah Hujan selama 30 Tahun Kota Surabaya (Tahun 1971-2001).....	42
Gambar 4.4	Grafik Curah Hujan Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	43
Gambar 4.5	Grafik Suhu Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	43
Gambar 4.6	Grafik Kelembaban Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	43
Gambar 4.7	Peta Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 2009.....	48
Gambar 4.8	Peta Jaringan Jalan Kota Surabaya.....	49
Gambar 5.1	Luas Wilayah Tipe Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	50
Gambar 5.2	Contoh Kenampakan Masing-masing Tutupan Lahan.....	51
Gambar 5.3	Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994.....	53
Gambar 5.4	Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2000.....	54
Gambar 5.5	Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2011.....	55
Gambar 5.6	Luas Wilayah Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	57
Gambar 5.7	Contoh Klasifikasi Kerapatan Vegetasi di Lapangan.....	58
Gambar 5.8	Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994.....	59
Gambar 5.9	Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2000.....	60
Gambar 5.10	Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2011.....	61
Gambar 5.11	Luas Wilayah Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	63
Gambar 5.12	Contoh Klasifikasi Kerapatan Bangunan di Lapangan.....	64
Gambar 5.13	Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994.....	65
Gambar 5.14	Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 2000.....	66
Gambar 5.15	Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 2011.....	67

Gambar 5.16	Histogram Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994, 2000 dan 2011.	70
Gambar 5.17	Perbandingan Citra Landsat TM Tahun 1994 Kota Surabaya Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan.....	73
Gambar 5.18	Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Daratan Tahun 1994.....	74
Gambar 5.19	Perbandingan Citra Landsat ETM+ Tahun 2000 Kota Surabaya Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan.....	77
Gambar 5.20	Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Daratan Tahun 2000.....	78
Gambar 5.21	Perbandingan Citra Landsat ETM+ Tahun 2011 Kota Surabaya Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan.....	81
Gambar 5.22	Peta Suhu Permukaan Kota Surabaya Daratan Tahun 2011.....	82
Gambar 5.23	Wilayah UHI di Pusat Kota Surabaya (Daerah Komersil di Tunjungan dan Wilayah Terbangun di Pusat Kota).....	84
Gambar 5.24	Daerah Industri yang Berkembang di Pinggiran Kota.....	84
Gambar 5.25	Korelasi Antara Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	85
Gambar 5.26	Korelasi Antara Kerapatan Vegetasi (NDVI) dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	87
Gambar 5.27	Korelasi Antara Indeks Urban (IU) dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	89
Gambar 5.28	Peta Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Periode 1994-2000.....	91
Gambar 5.29	Peta Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Periode 2000-2011.....	92



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Nilai Albedo (%) pada Berbagai Jenis Permukaan dan Tanaman.....	16
Tabel 2.2	Nilai Albedo Permukaan Pasir Kering dan Basah Pada Panjang Gelombang Tertentu.....	17
Tabel 4.1	Luas Wilayah Administrasi, Kecamatan dan Kelurahan Kota Surabaya Tahun 2010.....	39
Tabel 4.2	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2010.....	44
Tabel 4.3	Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Menurut Kecamatan Tahun 1994, 2000 dan 2010.....	45
Tabel 4.4	Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 2009.....	46
Tabel 5.1	Luas dan Persentase Wilayah Tipe Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	50
Tabel 5.2	Pemeriksaan atau Verifikasi Data Tutupan Lahan Pada Beberapa Lokasi Sampel.....	52
Tabel 5.3	Luas dan Persentase Wilayah Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	56
Tabel 5.4	Luas dan Persentase Wilayah Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011.....	62
Tabel 5.5	Nilai NDVI dan Indeks Urban Hasil Survey Lapang.....	68
Tabel 5.6	Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994.....	71
Tabel 5.7	Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 2000.....	75
Tabel 5.8	Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 2011.....	79

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kota secara umum merupakan lingkungan yang dimanfaatkan oleh manusia untuk bermukim, bekerja atau melakukan kegiatan ekonomi, pusat pemerintahan, dan pusat kegiatan lain yang berperan besar dalam kehidupan manusia. Masyarakat perkotaan setiap hari melakukan pergerakan secara aktif dalam menjalani kegiatannya sehari-hari. Bahkan, masyarakat di luar perkotaan yang dikenal sebagai penglaju (*commuter*) juga melakukan pergerakan menuju ke kota untuk bekerja. Sebagian dari mereka ada yang menetap di wilayah perkotaan dan mengakibatkan peningkatan jumlah penduduk yang semakin tinggi setiap harinya.

Peningkatan jumlah penduduk yang semakin tinggi pada suatu kota pada dasarnya dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu pertumbuhan alami penduduk kota itu sendiri dan/atau peningkatan migrasi penduduk yang masuk ke kota secara permanen (urbanisasi). Adanya kebutuhan lahan yang tinggi di wilayah perkotaan, tetapi ketersediaan yang ada cukup terbatas menyebabkan pemanfaatan lahan yang ada lebih diutamakan untuk hal-hal yang mempunyai nilai ekonomis tinggi. Tuntutan pemenuhan kebutuhan hidup penduduk perkotaan yang jumlahnya semakin bertambah dan beragam juga dapat mengarah kepada peningkatan kegiatan masyarakat perkotaan yang bersifat eksploratif dan destruktif (negatif). Kegiatan tersebut akan berakibat pada berkurangnya ruang terbuka hijau yang ada di wilayah kota dan menyebabkan kenyamanan penduduk di wilayah perkotaan itu berkurang (Triyanti, 2008).

Perubahan pemanfaatan lahan yang terjadi di kota-kota besar akan menyebabkan kondisi suhu permukaan daratan di perkotaan lebih tinggi dibandingkan dengan wilayah di sekitarnya. Fenomena ini dikenal sebagai efek *urban heat island*. Di Indonesia, kelebihan panas yang tidak merata ini lebih dikenal dengan istilah kutub panas kota (Adiyanti, 1993). Kutub panas terbentuk jika sebagian tumbuh-tumbuhan (vegetasi) digantikan oleh aspal dan beton untuk jalan, bangunan dan struktur lain yang diperlukan untuk

mengakomodasi pertumbuhan jumlah penduduk yang tinggi. Permukaan tanah yang tergantikan tersebut akan lebih banyak menyerap panas matahari dan memantulkannya, sehingga menyebabkan suhu permukaan daratan di kota itu naik. Hal ini akan berpengaruh terhadap kondisi kualitas udara, kesehatan manusia dan juga akan berpengaruh terhadap penggunaan energi yang ada di kota tersebut (*U.S. Environment Protection Agency, 2001*). Peningkatan pulau panas juga merupakan salah satu faktor yang menyebabkan adanya perubahan iklim global (*U.S. Global Change Research Program, 2001*).

Kota Surabaya adalah Ibukota Provinsi Jawa Timur dan merupakan kota terbesar kedua di Indonesia setelah Jakarta. Letak geografisnya yang strategis membuat pemerintah kolonial Belanda, pada abad ke-19, memutuskannya sebagai pelabuhan utama dari rangkaian terakhir kegiatan pengumpulan hasil produksi pertanian di ujung timur Pulau Jawa untuk ekspor ke Eropa. Keputusan ini mengakibatkan bentuk dan struktur kota menjadi seperti pita yang membentang dari arah utara (pelabuhan) ke selatan (pedalaman penghasil pertanian dan perkebunan) (Handinoto dan Hartono, 2007).

Pada abad ke-21, bentuk dan struktur Kota Surabaya mulai mencapai keseimbangan akibat letak kawasan yang cukup strategis dan berimplikasi pada pesatnya pertumbuhan penduduk kota. Pada umumnya tingkat kepadatan tinggi terdapat di pusat kota, sehingga pembangunan di Kota Surabaya terasa telah melebihi kapasitas karena nyaris menutup seluruh ruang terbuka. Menurut sensus penduduk, Kota Surabaya memiliki jumlah penduduk sebanyak 2.765.487 jiwa dengan luas wilayah 326,81 km<sup>2</sup> dan kepadatan penduduknya sebesar 8.462 jiwa per km<sup>2</sup> (Badan Pusat Statistik, 2010). Semakin tinggi populasi di suatu area kota, semakin tinggi pula kerapatan bangunannya. Adanya kerapatan bangunan yang tinggi dan berkurangnya ruang terbuka hijau akan berdampak pada naiknya suhu permukaan daratan di perkotaan dan pada akhirnya akan menimbulkan penurunan daya dukung lingkungan kota (degradasi lingkungan).

Masih terbatasnya informasi yang menggambarkan pola spasial suhu permukaan daratan di Kota Surabaya menjadi alasan dilakukannya penelitian

ini. Diharapkan dengan adanya penelitian ini dapat digunakan untuk memantau perubahan suhu permukaan daratan akibat perubahan penutup/penggunaan lahan, sehingga dampak lebih jauh pada kondisi iklim dan lingkungan wilayahnya dapat diantisipasi lebih awal. Informasi tersebut selanjutnya dapat digunakan oleh pihak-pihak pengambil keputusan terkait dalam membuat perencanaan pembangunan di Kota Surabaya.

## 1.2 Masalah Penelitian

1. Bagaimana pola spasial suhu permukaan daratan Kota Surabaya pada tahun 1994, 2000 dan 2011?
2. Bagaimana hubungan atau korelasi antara suhu permukaan daratan Kota Surabaya terhadap tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan pada tahun 1994, 2000 dan 2011?
3. Bagaimana arah perubahan suhu permukaan daratan Kota Surabaya pada periode 1994-2000 dan periode 2000-2011?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan pada latar belakang dan masalah penelitian yang tertulis di atas, tujuan dibuatnya penelitian ini adalah untuk mengetahui:

1. Pola spasial dan arah perubahan suhu permukaan daratan di Kota Surabaya
2. Kaitan antara suhu permukaan daratan terhadap tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan pada tahun 1994, 2000 dan 2011.

## 1.4 Batasan Penelitian

1. Suhu permukaan daratan adalah panas permukaan bumi yang menyentuh di lokasi tertentu (bisa di halaman rumput, atap bangunan atau daun-daun pada kanopi tanaman hutan), yang dipantulkan dan direkam oleh sensor satelit (berdasarkan titik pandang satelit yang dilihatnya ketika itu terlihat melalui atmosfer tanah). Dengan demikian, suhu permukaan daratan tidak sama dengan suhu udara yang disertakan dalam laporan cuaca harian. (*Earth Observatory NASA, 2000*)

2. Kutub panas kota (*urban heat island*) adalah lebih tingginya suhu udara pada lapisan dekat permukaan atmosfer di dalam kota relatif bagi desa-desa disekelilingnya dan pola isotherm membentuk seperti pulau (Voogt, 2002).
3. Pola spasial suhu permukaan daratan dalam penelitian ini adalah sebaran suhu permukaan daratan dalam muka bumi berdasarkan tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.
4. Tutupan lahan adalah permukaan fisik bumi, termasuk berbagai kombinasi tipe vegetasi, tanah, batuan, dan badan air, juga elemen-elemen antropogenik, seperti lahan pertanian dan lahan terbangun.
5. NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) adalah suatu algoritma yang diterapkan pada citra (biasanya multisaluran) untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi. (Danoedoro, 1996)
6. Kerapatan vegetasi adalah luasan tutupan vegetasi dalam tiap satuan luas pengukuran. Kerapatan vegetasi yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari nilai perhitungan NDVI.
7. Indeks Urban (*Urban Index*) adalah suatu algoritma yang diterapkan pada citra (biasanya multisaluran) untuk mendeteksi kerapatan bangunan. (Kawamura et al., 1997)
8. Kerapatan bangunan adalah luasan tutupan lahan terbangun dalam tiap satuan luas pengukuran. Kerapatan bangunan yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari nilai perhitungan indeks urban.
9. Pendekatan keruangan (spasial) berupa perbedaan lokasi mengenai sifat-sifat penting atau seri-seri sifat penting (Bintarto & Hadisumarmo, 1991). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis pola spasial suhu permukaan daratan serta perbedaannya.
10. Pendekatan ekologi berupa interaksi antara variabel manusia dan lingkungannya untuk dipelajari kaitannya (Bintarto & Hadisumarmo, 1991). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis hubungan antara suhu permukaan daratan terhadap tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.

## BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu dan seni untuk memperoleh informasi tentang suatu objek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan suatu alat tanpa kontak langsung dengan objek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand and Kiefer, 1994).

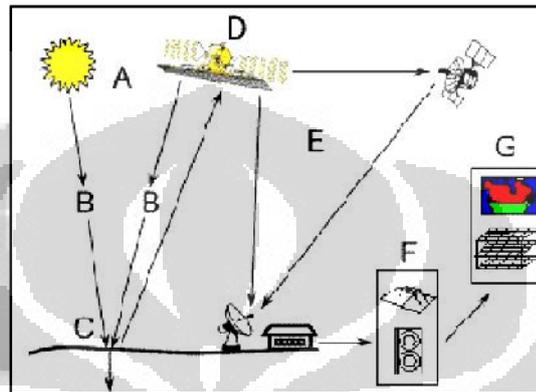
Pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan dengan menggunakan alat pengindera atau alat pengumpul data yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dari jarak jauh umumnya dipasang pada wahana (*platform*) yang berupa pesawat terbang, balon, satelit, atau wahana lainnya. Objek yang diindera adalah objek yang terletak di permukaan bumi, di atmosfer (dirgantara) dan di antariksa. Pengumpulan data dari jarak jauh tersebut dapat dilakukan dalam berbagai bentuk sesuai dengan tenaga yang digunakan. Tenaga yang digunakan dapat berupa variasi distribusi daya, distribusi gelombang bunyi atau distribusi gelombang elektromagnetik. Data penginderaan jauh dapat berupa citra (*imagery*), grafik dan atau data numerik.

Data penginderaan jauh dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah atau fenomena yang diindera atau diteliti. Proses penerjemahan data menjadi informasi disebut analisis atau interpretasi data. Apabila penerjemahan tersebut dilakukan secara digital dengan bantuan komputer disebut interpretasi digital.

Analisis data penginderaan jauh memerlukan data rujukan seperti peta tematik, data statistik dan data lapangan. Hasil analisis yang diperoleh berupa informasi mengenai bentang lahan, jenis penutup lahan, kondisi lokasi, dan kondisi sumber daya daerah yang diindera. Informasi tersebut bagi para pengguna dapat dimanfaatkan untuk membantu dalam proses pengambilan keputusan dalam mengembangkan daerah tersebut. Keseluruhan proses mulai dari pengambilan data, analisis data hingga penggunaan data disebut sistem penginderaan jauh (Purwadhi, 2001).

## 2.2 Sistem Penginderaan Jauh

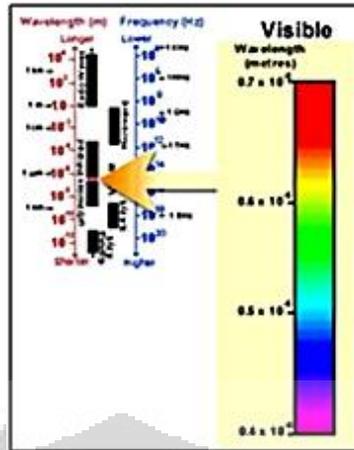
Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen atau komponen yang meliputi sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai penggunaan data. Konsep dasar digambarkan sebagai sistem penginderaan jauh dan penggunaannya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Sistem Penginderaan Jauh dan Penggunaannya

[Sumber: Levin, 1999]

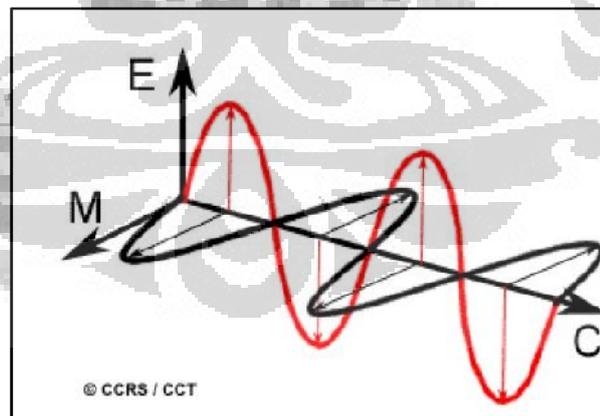
Seluruh sistem penginderaan jauh, baik pasif maupun aktif, memerlukan sumber tenaga yaitu dapat berupa sumber tenaga alamiah maupun sumber tenaga buatan. Spektrum elektromagnetik merupakan berkas dari tenaga elektromagnetik yang meliputi spektra kosmis, Gamma, X, ultraviolet, tampak, inframerah, gelombang mikro, dan gelombang radio. Jumlah total seluruh spektrum disebut spektrum elektromagnetik. Pembagian spektrum telah berkembang dari berbagai metode penginderaan atas setiap jenis radiasi dan perbedaan berdasarkan sifat tenaga pada berbagai panjang gelombang. Bagian spektrum tampak (*visible*) pada gambaran logaritmik merata bagian yang kecil karena kepekaan spektrum mata manusia hanya berkisar antara  $\pm$  (0,4 - 0,7  $\mu\text{m}$ ). Warna biru terdapat kira-kira pada kisaran (0,4 - 0,5  $\mu\text{m}$ ), hijau antara (0,5 - 0,6  $\mu\text{m}$ ) dan merah antara (0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$ ). Tenaga ultraviolet (0,03 - 0,4  $\mu\text{m}$ ) membentangi ke arah panjang gelombang yang lebih pendek dari bagian spektrum tampak, sedangkan ke arah yang lebih panjang adalah inframerah pantulan (0,7 - 3  $\mu\text{m}$ ), inframerah termal (3 - 5  $\mu\text{m}$  dan 8 - 18  $\mu\text{m}$ ), dan yang jauh lebih panjang adalah gelombang mikro (1  $\mu\text{m}$ ).



Gambar 2.2 Spektrum Elektromagnetik

[Sumber: Levin, 1999]

Gelombang radio, panas, sinar ultraviolet, sinar X adalah bentuk lain dari tenaga yang ada di permukaan bumi. Semua tenaga pada dasarnya sama, yaitu melakukan radiasi sesuai dengan teori dasar gelombang seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Gambar tersebut mengungkapkan bahwa tenaga elektromagnetik bergerak secara harmonis berbentuk sinusoidal pada suatu kecepatan cahaya ( $c$ ). Jarak dari puncak gelombang ke puncak gelombang berikutnya disebut panjang gelombang ( $\lambda$ ). Jumlah puncak yang melewati suatu titik tertentu dalam ruang persatuan waktu adalah frekuensi ( $f$ ).



Gambar 2.3 Gelombang Elektromagnetik. Komponen Meliputi Gelombang Elektrik Sinusoidal (E) dan Gelombang Magnetik Sinusoidal (M), Saling Tegak Lurus Terhadap Arah Radiasi.

[Sumber: Levin, 1999]

Tenaga elektromagnetik bergerak secara harmonis berbentuk sinusoidal dan memenuhi persamaan dasar gelombang berikut:

$$C = f \cdot \lambda \dots \dots \dots (2.1)$$

dimana  $c$  = suatu tetapan ( $3 \times 10^8$  m/detik),  $f$  = frekuensi, dan  $\lambda$  = panjang gelombang.

Sistem penginderaan jauh pasif menerima tenaga yang dipantulkan dan atau dipancarkan dari kenampakan yang ada di bumi. Distribusi spektral tenaga pantulan sinar matahari dan tenaga pancaran dari benda sifatnya tidak seragam. Tingkat tenaga matahari yang sampai di bumi bervariasi menurut waktu (jam dan musim), tempat (lokasi), kondisi cuaca, dan kondisi permukaan bumi (material, kemiringan, kekasaran permukaan).

Matahari merupakan sumber radiasi elektromagnetik yang paling penting untuk penginderaan jauh, tetapi semua benda pada suhu nol derajat absolut ( $0^0\text{K}$  atau  $-273^0\text{C}$ ) memancarkan radiasi elektromagnetik secara terus menerus. Hal itu disebabkan karena semua objek di bumi juga merupakan sumber radiasi, walaupun besar dan komposisi spektralnya berbeda dengan radiasi matahari. Besarnya tenaga radiasi suatu objek di permukaan bumi merupakan fungsi suhu permukaan objek tersebut. Hal ini ditunjukkan dengan hukum Stefan Boltzman yang menyatakan bahwa:

$$W = \delta T^4 \dots \dots \dots (2.2)$$

dimana:

$W$  = jumlah tenaga yang dipancarkan oleh permukaan objek setiap detik per satuan luas ( $\text{Wm}^{-2}$ )

$\delta$  = tetapan Stefan Boltzman ( $5,6697 \times 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ )

$T$  = suhu absolut objek ( $^0\text{K}$ )

Hukum ini dikemukakan untuk sumber tenaga yang berlaku sebagai benda hitam sempurna (*black body*) yaitu benda yang hipotetik ideal menyerap dan memancarkan kembali seluruh tenaga yang mengenainya (Lillesand dan Kiefer, 1994). Namun, benda yang semacam itu tidak ada (yang ada hanya mendekati kesempurnaan). Oleh karena itu, setiap tenaga yang dipancarkan suatu objek (benda) tidak tergantung pada suhu absolutnya, tetapi tergantung pada daya pancar atau distribusi spektral tenaga yang

dipancarkannya. Tenaga yang dipancarkan objek merupakan fungsi suhu, sehingga tenaga akan meningkat dengan adanya peningkatan suhu. Sejalan dengan hal tersebut, maka jumlah tenaga yang dipancarkan objek bervariasi dengan suhunya dan didasarkan pada distribusi spektral tenaga yang dipancarkan.

Radiasi berkaitan dengan panas objek di bumi, sehingga disebut tenaga termal atau inframerah termal. Tenaga ini tidak dapat dilihat atau dipotret, tetapi dapat diindera dengan sensor non-fotografi yaitu sensor termal atau sensor yang detektornya peka terhadap panjang gelombang inframerah termal (3 - 18  $\mu\text{m}$ ). Sensor tersebut dapat berupa radiometer atau *scanner (thermal scanner)*. Sensor termal dapat dioperasikan dalam wahana pesawat atau satelit. Pengoperasian sensor termal yang paling baik pada waktu ini hari karena pancaran panas benda ini hari merupakan pancaran panas bendanya sendiri (tidak terpengaruh oleh pancaran panas sumber lain), sehingga kontras pancaran yang direkam sensor merupakan kontras termal yang benar-benar direkam dari objek.

### 2.3 Citra Landsat (*Land Satellite*)

Landsat merupakan satelit sumberdaya bumi yang pada awalnya bernama ERTS-1 (*Earth Resources Technology Satellite*) diluncurkan pertama kalinya pada tanggal 23 Juli 1972 yang mengorbit hingga 6 Januari 1978. Satelit ini mengorbit mengelilingi bumi selaras matahari (*sunsynchronous*). Tepat sebelum peluncuran ERTS-B pada tanggal 22 Juli 1975, NASA (*National Aeronautic and Space Administration*) secara resmi menangani program ERTS menjadi program Landsat (untuk membedakannya dengan program satelit oseanografi "*Seasat*" yang telah direncanakan), sehingga ERTS-1 dan ERTS-B menjadi Landsat 1 dan Landsat 2. Landsat 3 diluncurkan pada tanggal 5 Maret 1978.

Sensor Landsat merekam data dengan luas cakupan 185 x 185 km untuk tiap-tiap *scene*-nya. Landsat 1 dan 2 membawa dua sensor yaitu RBV (*Return Beam Vidicon*) dan MSS (*Multispectral Scanner*). Terdapat dua perubahan besar Landsat 3 pada rancang bangunnya yaitu tambahan saluran

termal (10,4 - 12,6  $\mu\text{m}$ ) pada sensor MSS dan resolusi spasial sistem RBV ditingkatkan dengan menggunakan sistem dua kamera lebar (bukan multispektral). Sayangnya saluran termal pada Landsat 3 MSS mengalami masalah operasi, sehingga menyebabkan kegagalan yaitu hanya empat saluran yang tetap dapat menyajikan data dengan resolusi spasialnya 79 m. Sistem RBV pada Landsat 3 membuahakan citra berspektrum lebar dengan faktor peningkatan medan sebesar 2,6 dibandingkan RBV multispektral pada misi sebelumnya (Landsat 1 dan 2).

Landsat 4 dan 5 dirancang agar mempunyai stabilitas lebih baik dari Landsat 1, 2 dan 3. Landsat 4 diluncurkan pada bulan Juli 1982 dan Landsat 5 pada bulan Maret 1984. Landsat 6 diluncurkan pada bulan Februari 1993, tetapi tidak mencapai orbit dan jatuh ke laut. Landsat 4 dan 5 merupakan pengembangan sensor pada sistem Landsat 1, 2 dan 3 dengan peningkatan resolusi spasial, kepekaan radiometrik, laju pengiriman datanya lebih cepat, dan fokus penginderaan informasi yang berkaitan dengan vegetasi. Perubahan potensial satelit Landsat 4, 5 dan 6 meliputi perubahan waktu lintas ekuator dari jam 9.42 menjadi jam 11.00, ketinggian orbit dari 920 km menjadi 705 km, dan penggunaan sistem penentu posisi global GPS (*Global Positioning System*) yang canggih untuk menghasilkan rekaman letak ketinggian satelit yang tepat. Landsat 4, 5 dan 6 menggunakan sistem pengirim data lintas TDRSS (*Tracking Data Relay Satellite System*) yang menggunakan dua satelit komunikasi untuk pengiriman data dari Landsat ke beberapa stasiun bumi di seluruh dunia. Interval waktu pemotretan daerah yang sama adalah 16 hari. Hal yang tidak terduga adalah Landsat 6 setelah diluncurkan tahun 1993 mengalami kegagalan. Oleh karena itu, EOSAT (*Earth Observation Satellite*) sebagai operator satelit tersebut mengambil langkah teknis yaitu peningkatan keandalan Landsat 5 (sejauh dimungkinkan) untuk menjamin kelanjutan program Landsat sebelum peluncuran Landsat 7.

Hasil proses data TM di stasiun bumi menggunakan proyeksi UTM (*Universal Transverse Mercator*) atau proyeksi PS (*Polar Stereographic*), sehingga resolusi spasial untuk data non-termal 30 m dan untuk data termal mempunyai resolusi spasial 120 m.

Pada sensor ETM terdapat saluran pankromatik (0,50 - 0,90  $\mu\text{m}$ ) yang didesain mempunyai resolusi spasial 15 meter. Sensor ETM juga didesain dapat merekam citra multispektral dengan enam saluran seperti pada sensor TM yaitu menggunakan panjang gelombang tampak (*visible*), inframerah dekat, inframerah pendek dengan resolusi spasial 30 meter, sedangkan satu saluran termal dengan resolusi spasial diperbaiki menjadi 60 meter.

#### 2.4 Suhu Permukaan Daratan (*Land Surface Temperature*)

Suhu permukaan merupakan salah satu parameter kunci bagi neraca energi di permukaan dan juga merupakan parameter klimatologis yang utama. Suhu permukaan dapat mengendalikan fluks energi gelombang panjang yang kembali ke atmosfer dan sangat tergantung pada keadaan parameter permukaan lainnya seperti albedo, kelembaban permukaan, kondisi dan tingkat penutupan vegetasi (Voogt, 2002).

Respon suhu permukaan sangat ditentukan oleh radiasi matahari yang datang pada permukaan dan oleh parameter-parameter yang berhubungan dengan kondisi permukaan serta atmosfer seperti kelembaban tanah, termal inersia dan albedo. Pada permukaan bervegetasi, suhu permukaan kanopi secara tidak langsung dikendalikan oleh ketersediaan air pada mintakat (zone) perakaran dan secara langsung oleh evapotranspirasi (Carlson, 1986 dalam Mora, 1999)

Suhu permukaan daratan (*land surface temperature*) adalah bagaimana panas permukaan bumi menyentuh di lokasi tertentu (dari titik pandang satelit, permukaan adalah apa saja yang dilihatnya ketika itu terlihat melalui atmosfer ke tanah, berupa rumput di halaman rumput, atap bangunan, atau daun-daun kanopi tanaman hutan). Suhu diukur pada tingkat permukaan dan dapat dianggap sebagai suhu kulit tanah. Namun, permukaan bumi masih jauh dari permukaan yang homogen. Permukaan bumi terdiri dari bahan yang berbeda dan geometri yang bervariasi yang merumitkan estimasi suhu permukaan (Becker dan Li 1995, Qin dan Karnieli, 1999).

Suhu permukaan dikendalikan oleh keseimbangan energi permukaan, keadaan atmosfer, sifat termal dari permukaan, dan media bawah permukaan,

yang merupakan faktor paling penting pengendalian fisik, kimia, dan proses biologis dari bumi. Suhu permukaan bervegetasi padat adalah suhu permukaan vegetasi kanopi, sedangkan untuk daerah yang jarang bervegetasi itu adalah suhu rata-rata kanopi vegetasi, tubuh vegetasi, dan tanah. Selain itu, permukaan biasanya sangat tidak homogen pada resolusi spasial satelit. Oleh karena itu, suhu permukaan didefinisikan sebagai rata-rata suhu jenis permukaan di setiap piksel, dihitung dengan tutupan bobot mereka (Kerr et al., 1992).

## 2.5 Aplikasi Penginderaan Jauh (*Remote Sensing*) untuk Pengukuran Suhu Permukaan

Studi iklim mengenai *urban heat island* (UHI) dengan menggunakan satelit baru berkembang dalam 3 dekade belakangan ini seiring dengan ditemukannya metode ekstraksi suhu permukaan dari data termal inframerah. Awalnya, kebanyakan studi ini menggunakan satelit NOAA AVHRR. Pada tahun 1990-an para peneliti iklim perkotaan mulai marak menggunakan band inframerah satelit Landsat *Thematic Mapper* (TM) dan pada awal abad ke-21 *Enhanced Thematic Mapper Plus* (ETM+) untuk mengetahui efek UHI. Studi-studi dengan menggunakan satelit Landsat telah diterapkan di berbagai belahan dunia dan tidak sedikit diterapkan di daerah tropis seperti Singapura (Nichol, 1996) dan Bandung (Hidayat, 2006). Lebih jauh Nichol (1996) menyimpulkan bahwa nilai suhu permukaan dari satelit Landsat mencerminkan suhu udara yang sebenarnya pada UCL (*Urban Canopy Layer*) sehingga satelit dapat dijadikan data yang cukup akurat untuk kota tropis basah.

Saat ini, penggunaan teknologi satelit akan sangat membantu dalam mendeteksi distribusi suhu permukaan dalam kaitannya dengan pulau panas perkotaan. Dengan sekali potret, luasan lahan yang dipantau dapat mencakup semua wilayah. Data satelit NOAA dari Amerika Serikat memiliki cakupan 2800 km x 2800 km (setengah wilayah Indonesia) dan satelit Landsat memiliki cakupan 185 km x 185 km. Dilengkapi dengan sensor inframerah thermal (pada NOAA sensor 3 dan 4 dan Landsat sensor 6), citra satelit akan

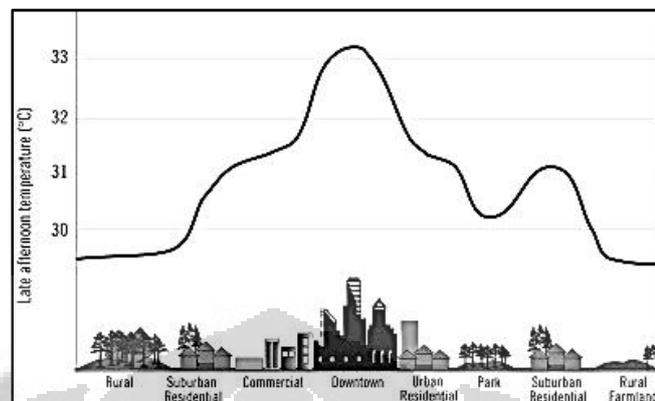
dapat menggambarkan kondisi suhu permukaan daratan. Dalam beberapa kajian suhu permukaan berkorelasi kuat terhadap suhu udara. Pada satelit NOAA, dengan resolusi rendah (1.1 km x 1.1. km), tampilannya akan kurang detail jika dibandingkan dengan satelit Landsat (30 m x 30 m). Dalam berbagai kasus, data Landsat lebih banyak digunakan untuk memantau kondisi pulau panas.

## 2.6 Kutub Panas Perkotaan (*Urban Heat Island*)

*Urban heat island* (UHI) atau disebut juga kutub panas perkotaan adalah karakteristik panas yang ada pada daerah urban lebih tinggi dibandingkan dengan daerah non urban. Secara umum, UHI tidak hanya mengacu pada penambahan suhu udara, tetapi juga bisa mengacu pada panas relatif permukaan atau material sub permukaan. UHI adalah perubahan iklim akibat ketidak hati-hatian karena modifikasi atmosfer dan permukaan pada daerah urban. UHI mempunyai implikasi penting bagi kenyamanan manusia, polusi udara urban, manajemen energi, dan perencanaan kota. UHI dikota beriklim panas sangat tidak menguntungkan karena mengakibatkan makin banyaknya energi yang habis untuk mendinginkan, meningkatkan ketidaknyamanan manusia dan meningkatkan konsentrasi polusi udara. Tingkat urbanisasi yang tinggi di negara-negara berkembang mengindikasikan bahwa jumlah manusia yang akan dipengaruhi oleh UHI akan semakin bertambah (Voogt, 2002).

Studi iklim perkotaan telah lama mengkaji besarnya perbedaan suhu udara antara kota dan daerah rural yang mengelilinginya. Secara tradisional, studi mengenai UHI diukur dengan menggunakan pengukuran in situ di lokasi yang kecil. Terdapat dua metode pengukuran temperatur yang dilakukan dalam studi-studi mengenai UHI, yaitu: 1) *urban canopy layer* (UCL) *heat island* yang mengukur suhu udara di antara dua elemen kasar dengan batas atas di bawah atap, contohnya di antara bangunan dan kanopi tumbuhan dan 2) *urban boundary layer* (UBL) *heat island* yang mengukur suhu udara di atas UCL dimana batas bawahnya subjek untuk dipengaruhi oleh permukaan

urban. Munculnya teknologi satelit penginderaan jauh telah memungkinkan studi *urban heat island* untuk dilakukan pada wilayah yang luas.



Gambar.2.4 Suhu Udara di Pulau Panas dan Daerah Sekitarnya

[Sumber: Bauman, 2001]

Pada gambar di atas, terlihat jelas perbedaan suhu udara pada siang hari di wilayah perkotaan, daerah pinggir kota dan perkampungan. Pada siang hari, suhu udara di daerah perkotaan lebih tinggi hingga mencapai 3 - 4<sup>0</sup>C. Daerah yang bervegetasi, suhu udaranya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan daerah yang merupakan lahan permukiman. Daerah sub-urban permukiman yang tidak bervegetasi juga memiliki suhu udara lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang bervegetasi. Daerah tersebut juga dapat di sebut sub pulau panas, dan dalam perkembangannya akan menjadi pulau panas yang baru, jika pengembangan perkotaannya tidak memperhatikan efek lingkungan. Selain suhu udara, pulau panas juga membawa pengaruh terhadap perbedaan iklim dan kualitas udara di daerah perkotaan dengan perkampungan.

## 2.7 Efek Kutub Panas Perkotaan

Bauman (2001) dalam kajian kutub panas perkotaan di Washington DC menyebutkan beberapa efek pulau panas, diantaranya sebagai berikut:

- a. Wilayah perkotaan biasanya memiliki lahan yang didominasi oleh beton, aspal dan bangunan. Kemampuan menyeimbangkan pemantulan dan penyerapan energi radiasi menjadi berkurang, sehingga menyebabkan peningkatan suhu udara di permukaan kota.

- b. Lahan perkotaan yang didominasi oleh beton, aspal dan bangunan menyebabkan turunnya kemampuan lahan untuk menginfiltrasi air hujan yang jatuh, sehingga air hujan tersebut akan langsung dialirkan di permukaan (*run off*). Dalam kasus ini, lahan akan mudah terkena banjir dan kekeringan karena kemampuan daya simpan terhadap air akan berkurang.
- c. Banyak kota besar mempunyai permukaan vertikal lebih besar dari bentuk geometris yang berbeda. Radiasi dipantulkan bolak-balik oleh dinding bangunan, menghasilkan energi yang terperangkap dan suhu yang lebih tinggi.
- d. Pada suhu yang tinggi akan meningkatkan penggunaan energi seperti penggunaan mesin pendingin, misalnya AC (*air conditioner*), yang banyak mengandung zat-zat rumah kaca seperti CFC, sehingga akan meningkatkan jumlah polutan di udara. Efek ini tidak baik untuk kesehatan.
- e. Suhu udara yang panas dan polusi udara yang tinggi mengakibatkan wilayah perkotaan tidak akan nyaman untuk ditinggali.

## 2.8 Albedo

Albedo adalah rasio antara radiasi matahari yang dipantulkan terhadap radiasi matahari yang datang. Albedo disebut pula sebagai koefisien pemantulan dari sebuah obyek, biasanya diekspresikan sebagai nilai presentasi atau sebuah fraksi. Pemantulan suatu obyek merupakan sebuah ukuran dari kemampuan suatu obyek untuk memantulkan radiasi matahari pada suatu panjang gelombang tertentu. Dengan demikian, dapat dikatakan bahwa albedo merupakan hasil integrasi antara komposisi radiasi matahari yang datang dengan pemantulan dari suatu obyek (Geiger *et al.*,1995).

Nilai albedo permukaan tanah menunjukkan keragaman yang cukup besar yang tergantung pada ukuran partikel, komposisi mineral, kelembaban, kandungan bahan organik, dan kekasaran permukaan. Nilai albedo vegetasi juga sangat beragam. Keragaman nilai albedo pada vegetasi tersebut dapat disebabkan oleh tipe vegetasi, warna, geometri kanopi, kandungan

kelembaban, kebasahan, persen permukaan yang tertutup oleh vegetasi, ukuran dan luas daun, dan tahap (fase) pertumbuhan tanaman.

Tabel 2.1 memperlihatkan nilai albedo beberapa tipe permukaan yang dikompilasi dari beberapa sumber.

Tabel 2.1 Nilai Albedo (%) Pada Berbagai Jenis Permukaan dan Tanaman

Jenis Permukaan	LC	SFG	GR	S	MTb
Areal terbuka	5 – 20				
Tanah basah		10			
Tanah kering		10 – 25	32		
Batu-batuan		10 – 15			
Pasir		20 – 30			
Permukaan laut	10		5		
Salju	80 – 90	80			
Salju sedang mencair	60 – 70	55			
Rumput		25	24	10 – 20	24
Vegetasi hutan/global		5 – 10			
Jagung					18
Tebu					15
Tomat					23
Padang rumput alami					25
Aspal				5 – 10	
Tanaman				15 – 25	
Tanah liat kering				20 – 35	
Beton kering				17 – 27	
Tanah hitam				5 – 15	
Tanah abu-abu lembab				10 – 20	
Hutan gugur daun				10 – 20	
Hutan konifer				15 – 25	

[Sumber: Harsanugraha (1992) ditambah hasil review dari beberapa sumber]

Keterangan: LC = Liljequist and Cihak (1979), SFG = Sulman (1982), GR = Geiger (1965), MTb = Monteith (1973), S = Seller(1965)

Selain itu, nilai albedo juga sangat dipengaruhi oleh besarnya sudut datang matahari dan panjang gelombang (Geiger *et al.*, 1995). Tabel 2.2. menunjukkan perubahan nilai albedo berdasarkan tingkat kelembaban pada berbagai panjang gelombang (Sauberer *dalam* Geiger *et al.*,1995).

Tabel 2.2. Nilai Albedo Permukaan Pasir Kering dan Basah Pada Panjang Gelombang Tertentu

Kondisi	Panjang Gelombang				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
- Pasir kering	20	23	29	30	30
- Pasir basah	10	12	15	16	19

[Sumber: Sauberer *dalam* Geiger et al.,1995]

Pada bentang lahan yang heterogen seperti daerah perkotaan (*urban*) atau pedesaan (*rural*), nilai albedo sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan lahan yang ada. Dua karakteristik yang sangat menonjolkan albedo adalah adanya vegetasi dan struktur kanopi. Permukaan vegetasi secara umum mempunyai nilai albedo yang lebih tinggi dibandingkan permukaan yang tertutup oleh bahan bangunan (konstruksi) yang terdapat di kota dan menunjukkan pola albedo musiman yang dapat menggambarkan siklus fenologi vegetasi (Justice *et al.*,1985 *dalam* Berst dan Goward, 1987). Kedua faktor ini akan menampilkan pola-pola pemantulan yang membedakannya dari permukaan yang tidak bervegetasi. Struktur kanopi merupakan faktor yang paling penting karena adanya interaksi-interaksi yang terjadi dalam struktur kanopi tersebut yang dapat mengubah nilai albedo, sehingga dapat diperbandingkan antara nilai albedo dari permukaan bervegetasi yang relatif datar (struktur kanopi datar, seperti tanaman padi atau lapangan rumput) dengan permukaan vegetasi yang lain (yang memiliki kanopi yang tinggi, seperti hutan) (Knipping, 1970; Dickinson, 1983; Otterman, 1984 *dalam* Berst dan Goward, 1987).

## 2.9 Perubahan Penutup/Penggunaan Lahan dan Dampaknya terhadap Kondisi Lingkungan/Iklim Mikro

Penggunaan lahan adalah semua bentuk campur tangan manusia terhadap sumberdaya lahan, baik yang sifatnya menetap (permanen) maupun berupa daur (*cycle*) yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhannya, baik kebendaan maupun kejiwaan (spiritual) atau kedua-duanya (Vink, 1975). Dengan demikian, penggunaan lahan erat kaitannya dengan aktivitas manusia

dan sumberdaya lahan serta bersifat dinamis mengikuti perkembangan kehidupan manusia dan budaya (Abubakar, 1991).

Penggunaan lahan (*land use*) mempunyai pengertian yang berbeda dengan penutup lahan (*land cover*). Penggunaan lahan adalah keterangan yang berkaitan dengan kegiatan-kegiatan yang dilaksanakan di beberapa lokasi, sedangkan penutup lahan adalah karakteristik fisik intern dari lokasi-lokasi tersebut. Penutup lahan menyangkut pada atribut-atribut yang ada di permukaan tanah dan dekat permukaan tanah (seperti air tanah) (Turner II et al., 1991 dalam Rustiadi, 1996), sedangkan penggunaan lahan lebih menyangkut pada hubungan antara lahan pertanian, padang rumput, permukiman, hutan lindung dan sebagainya yang terintegrasi (Yoshino, 1992 dalam Rustiadi, 1996).

Salah satu faktor yang berasosiasi dengan keragaman iklim di masa lampau adalah perubahan dalam penggunaan lahan, pembukaan hutan dan pembangunan kota (Diharto, 1999). Perubahan dalam penggunaan lahan tersebut mengakibatkan meningkatnya albedo dan kekasaran permukaan. Distribusi iklim lokal dan regional mengalami perubahan dalam prosesnya. Selain itu, faktor lokal seperti halnya pembakaran yang berasal dari rumah dan industri juga dapat memodifikasi iklim lokal yang biasa disebut "*urban heat island effect*".

Hasil penelitian Adiningsih (1994) menunjukkan gambaran bahwa perubahan lahan yang terjadi di kota Jakarta disebabkan karena makin berkembangnya wilayah perkotaan, sehingga meningkatkan suhu udara dan membentuk pulau panas (*heat island*). Pulau panas adalah suatu fenomena iklim di daerah perkotaan dimana distribusi suhu udara secara horisontal menunjukkan adanya pusat suhu tinggi (Landsberg, 1981). Dampak lain dari adanya perubahan lahan menjadi areal perkotaan adalah berubahnya pola curah hujan dan menurunnya kualitas udara.

## **2.10 NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)**

Salah satu turunan data penginderaan jauh yang sering digunakan adalah NDVI. NDVI merupakan hasil pendekatan secara matematis yang

didasarkan pada pemantulan (albedo) tajuk vegetasi yang dapat berupa nilai rasio atau kombinasi antara radiasi tampak dan inframerah dekat.

NDVI biasanya diaplikasikan untuk mengetahui kerapatan vegetasi, kapasitas fotosintesis, absorpsi energi oleh kanopi tumbuhan, dll. Rasional pemakaian NDVI untuk mengetahui kerapatan vegetasi adalah sebagai berikut. Tumbuhan hijau hidup menyerap radiasi matahari pada region spektral *photosynthetically active radiation* (PAR). Sel daun juga berubah menjadi merefleksikan dan mentransmisikan radiasi matahari pada region spektral inframerah dekat karena level energi foton pada region itu tidak cukup untuk mensintesa molekul organik. Absorpsi yang kuat akan mengakibatkan pemanasan tumbuhan yang berlebihan dan mungkin merusak jaringannya. Oleh karena itu, tumbuhan hijau hidup tampil relatif gelap pada PAR (400 – 700 nm) dan relatif terang pada inframerah dekat (NIR).

### **2.11 Indeks Urban (*Urban Index*)**

Kepadatan tinggi adalah sebuah karakteristik umum dari permukiman perkotaan. Semakin tinggi populasi di suatu area kota, semakin tinggi pula kerapatan bangunannya. Kepadatan yang tinggi tersebut akan berdampak pada berkurangnya ruang terbuka hijau yang ada di perkotaan.

Indeks urban dapat digunakan untuk mendeteksi kerapatan bangunan dengan baik. Terbentuk korelasi positif yang besar antara indeks urban dengan kerapatan bangunan (Kawamura et al., 1997). Indeks urban berbanding terbalik dengan NDVI (indeks vegetasi). Hal ini terbukti dengan terbentuknya korelasi negatif yang besar antara keduanya, dengan asumsi bahwa daerah yang kerapatan bangunannya lebih tinggi berarti vegetasinya lebih sedikit.

Indeks urban didasarkan pada Landsat TM/ETM+ saluran 7 dan 4. Pada saluran 7, obyek yang mempunyai saluran spektral tertinggi yaitu obyek tanah kering. Pada saluran 4, obyek yang mempunyai pantulan spektral tertinggi yaitu obyek vegetasi. Dengan asumsi bahwa atap bangunan didominasi oleh genteng, yang terbuat dari bahan dasar tanah, maka transformasi ini dicoba diterapkan untuk menyadap fenomena kekotaan yang didominasi oleh obyek bangunan.

Transformasi indeks urban pada data digital Landsat TM atau ETM+ memiliki keunggulan sekaligus kelemahan dalam mempresentasikan distribusi tingkat kerapatan bangunan. Keunggulannya yaitu indeks urban dapat mempresentasikan tingkat kerapatan bangunan dengan baik, dibuktikan dengan adanya koefisien korelasi yang besar positif antara kedua variabel tersebut. Kelemahannya yaitu hasil klasifikasi citra distribusi indeks urban adalah peta kelas kerapatan bangunan tentatif, tidak aktual apabila tidak seluruh daerah liputan berupa lahan terbangun.

## 2.12 Sejarah Kota Surabaya

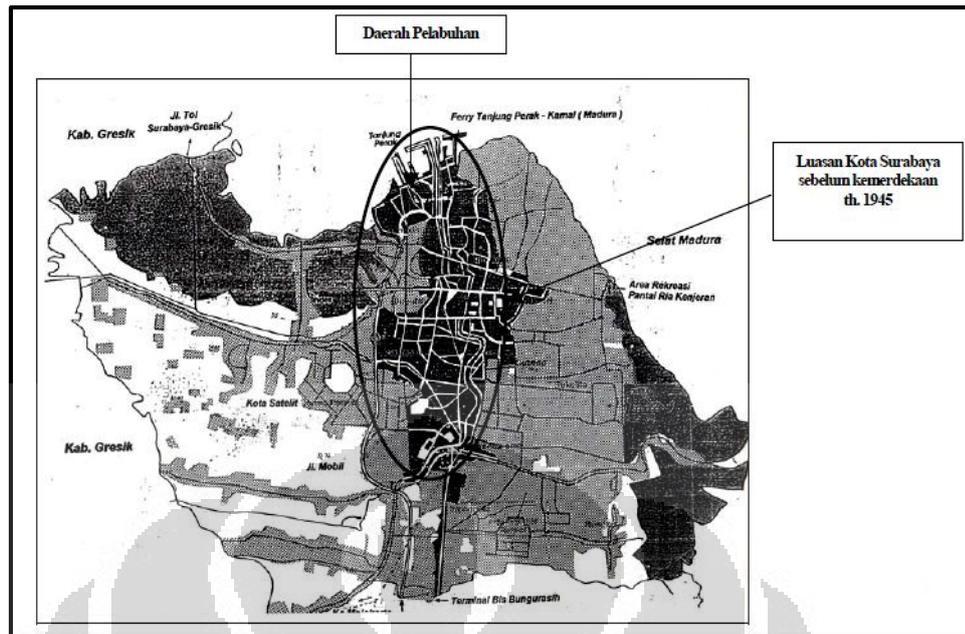
Berdasarkan legenda dan sejarah yang ada, terdapat hipotesis bahwa kota Surabaya dahulu bernama Hujung Galuh dengan garis pantai mundur kurang lebih 6 km ke arah darat jika dibandingkan dengan garis pantai yang ada sekarang (Handinoto, 1996). Pada tahun 1358, Surabaya merupakan suatu desa penambangan kecil di tepian muara sungai Brantas (Prasasti Triwulan I). Letaknya yang strategis di muara sungai Brantas sekaligus di pesisir pulau Jawa dan ditunjang dengan daerah pedalaman (*hinterland*) yang subur, berkembang menjadi kota kerajaan yang makmur. Tata ruang kota Surabaya pada waktu itu diduga mempunyai pola yang sama dengan tata ruang kota-kota Jawa abad pertengahan pada umumnya.

Berawal dari sebuah tempat yang tidak berarti di tepi muara sungai kecil, yang kelak bernama Kalimas, kota Surabaya yang terletak di pesisir utara pulau Jawa, berkembang menjadi sebuah pelabuhan penting di jaman Mojopahit pada abad ke-14. Letak geografisnya yang sangat strategis membuat pemerintah kolonial Belanda pada abad ke-19 memutuskannya sebagai pelabuhan utama (*collecting centers*) dari rangkaian terakhir kegiatan pengumpulan hasil produksi perkebunan di ujung timur pulau Jawa yang ada di daerah pedalaman (*hinterland*) untuk di ekspor ke Eropa. Keputusan ini berpengaruh besar terhadap perkembangan jaringan transportasi yang mengakibatkan bentuk dan struktur kota menjadi semakin seperti pita yang membentang dari arah utara ke selatan. Meskipun pada awal abad ke-20 dibangun sebuah pelabuhan modern yang dinamakan Tanjung Perak yang

terletak di sebelah barat laut pelabuhan rakyat Kalimas, tetapi jaringan utama transportasi (dari arah utara ke selatan sepanjang kurang lebih 13 km) mendominasi bentuk kota yang cenderung linier ini terus bertahan sampai pertengahan abad ke-20.

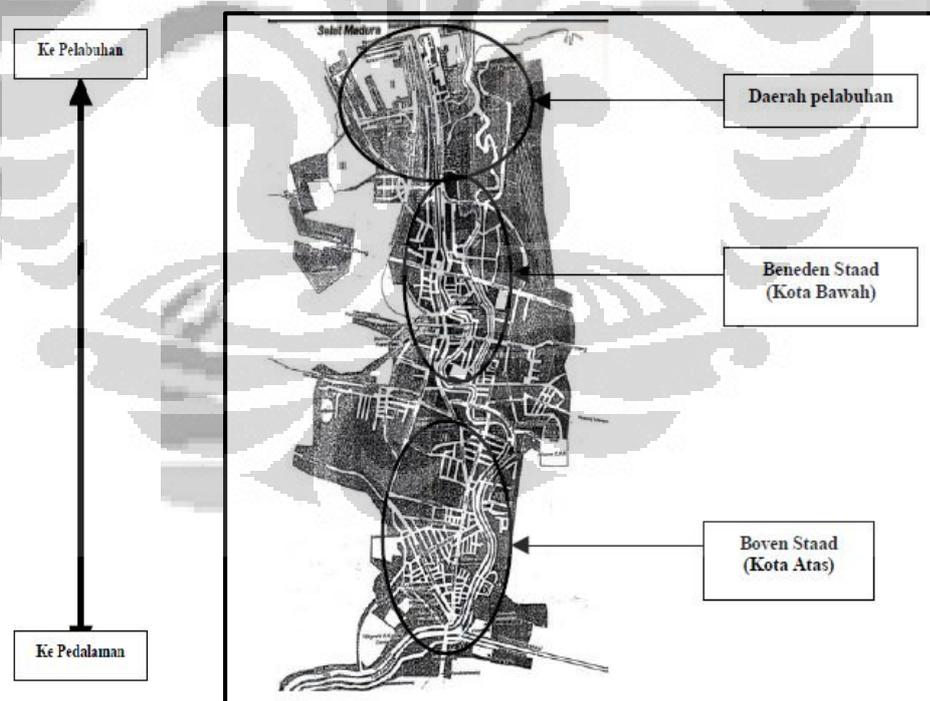
Perubahan bentuk kota pelabuhan Surabaya yang pada awalnya didominasi arah utara-selatan sepanjang Kalimas ini sedikit demi sedikit mulai berubah karena transportasi jalan darat, jalan kereta api dan tram yang menggantikan peran Kalimas. Hasil utama yang berupa komoditi perkebunan yang diekspor ke pasaran Eropa sampai awal kemerdekaan tahun 1945, membuat akses jalan utama kota dari daerah selatan (yang menuju ke pedalaman) ke daerah Tanjung Perak yang ada disebelah utara kota. Jalan raya utama maupun rel kereta api dan tram cenderung untuk mengikuti aliran sungai yang mengalir dari arah selatan ke utara kota yang menuju ke pelabuhan.

Semuanya ini kemudian mengalami perubahan secara drastis pada awal tahun 1980an. Globalisasi ikut mendorong perpindahan industri yang berteknologi menengah dan rendah dari negara maju ke negara-negara berkembang seperti Indonesia. Perpindahan ini pada dasarnya dipicu oleh murahannya tenaga kerja (waktu itu), serta pangsa pasar Indonesia yang sangat besar, sehingga bisa mengurangi ongkos transportasi. Pertumbuhan daerah industri di tepi kota (karena tanah yang murah dan infrastruktur yang memadai) mengakibatkan berbagai multiplier efek yang besar terhadap bentuk dan struktur kota pelabuhan Surabaya. Kota yang dulunya cenderung berbentuk seperti pita dari utara ke selatan, kemudian dengan adanya jalan arteri utama yang diciptakan dari arah timur ke barat menimbulkan keseimbangan di dalam bentuk kotanya.



Gambar 2.5 Perbandingan Luasan Kota Surabaya Sebelum Kemerdekaan Tahun 1945, dengan Luasan Sekarang Tahun 2000.

[Sumber: Handinoto dan Hartono, 2007]



Gambar 2.6 Bentuk Kota Surabaya Sampai Pada Tahun 1970-an yang Memanjang dari Utara ke Selatan, Sesuai dengan Arah Aliran Kalimas ke Arah Pelabuhan Tanjung Perak.

[Sumber: Handinoto dan Hartono, 2007]

### 2.13 Penelitian – Penelitian Terdahulu

1. Hidayat (2006), penelitiannya yang berjudul “*Distribusi Suhu Permukaan di Kota Bandung tahun 1991 dan 2001*” menggunakan citra landsat TM (1991) dan ETM+ (2001) dengan variabel berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan ketinggian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah suhu yang cukup tinggi yaitu lebih  $23^{\circ}\text{C}$  tersebar merata pada bagian tengah daerah penelitian baik itu tahun 1991 maupun 2001 dengan jenis tutupan lahan berupa lahan terbangun dan lahan yang termasuk kelas kerapatan non vegetasi. Sedangkan suhu yang lebih rendah sebarannya pada bagian utara, timur, dan selatan dengan jenis tutupan lahan selain lahan terbangun dan lahan yang termasuk kelas kerapatan vegetasi jarang hingga sangat rapat.
2. Triyanti (2008), penelitiannya yang berjudul “*Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006*” menggunakan citra landsat ETM+ dengan variabel berupa kerapatan vegetasi dan tutupan lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata suhu permukaan di Kota Semarang pada tahun 2006 lebih tinggi ( $22,76^{\circ}\text{C}$ ) dibandingkan pada tahun 2001 ( $19,39^{\circ}\text{C}$ ). Pola spasial suhu permukaan terpanas ( $> 25^{\circ}\text{C}$ ) pada tahun 2001 maupun 2006 menunjukkan pola spasial yang sama sesuai dengan perkembangan daerah urban di bagian timur Kota Semarang (kearah selatan dan barat wilayah urban).
3. Iswanto (2008), penelitiannya yang berjudul “*Urban Heat Island di Kota Pangkal Pinang Tahun 2000 dan 2006*” menggunakan citra landsat TM (2000) dan ETM+ (2006) dengan variabel berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan lahan terbangun dan/atau lahan terbuka. Hasil penelitian menunjukkan bahwa wilayah UHI baik pada tahun 2000 maupun 2006 mempunyai pola kontinu pada bagian tengah kota. Pada tahun 2006, wilayah UHI bertambah luas dengan pola acak di bagian barat dan timur Kota Pangkalpinang karena adanya perluasan wilayah urban. Profil suhu permukaan pada tahun 2006 menunjukkan bahwa pembangunan daerah rural mengakibatkan suhu permukaan daerah rural dapat menyamai bahkan melebihi suhu permukaan di pusat kota.

4. Hutasoit (2010), penelitiannya yang berjudul “*Variasi Distribusi Suhu Permukaan Berdasarkan Tutupan Lahan di Metropolitan Mebidang (Medan, Binjai, Deliserdang) Tahun 2009*” menggunakan citra landsat ETM+ dengan variabel berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu permukaan memusat di inti kota yaitu Kota Medan. Terdapat pusat-pusat suhu permukaan tinggi di bagian timur dan barat yaitu pusat Kota Binjai dan Kabupaten Deli Serdang. Suhu permukaan rendah terdapat di bagian tepi wilayah penelitian yakni daerah perkebunan yang mengindikasikan kerapatan vegetasi tinggi dan kerapatan bangunan rendah. Wilayah dengan suhu permukaan rendah mengelilingi daerah dengan suhu permukaan tinggi.



## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

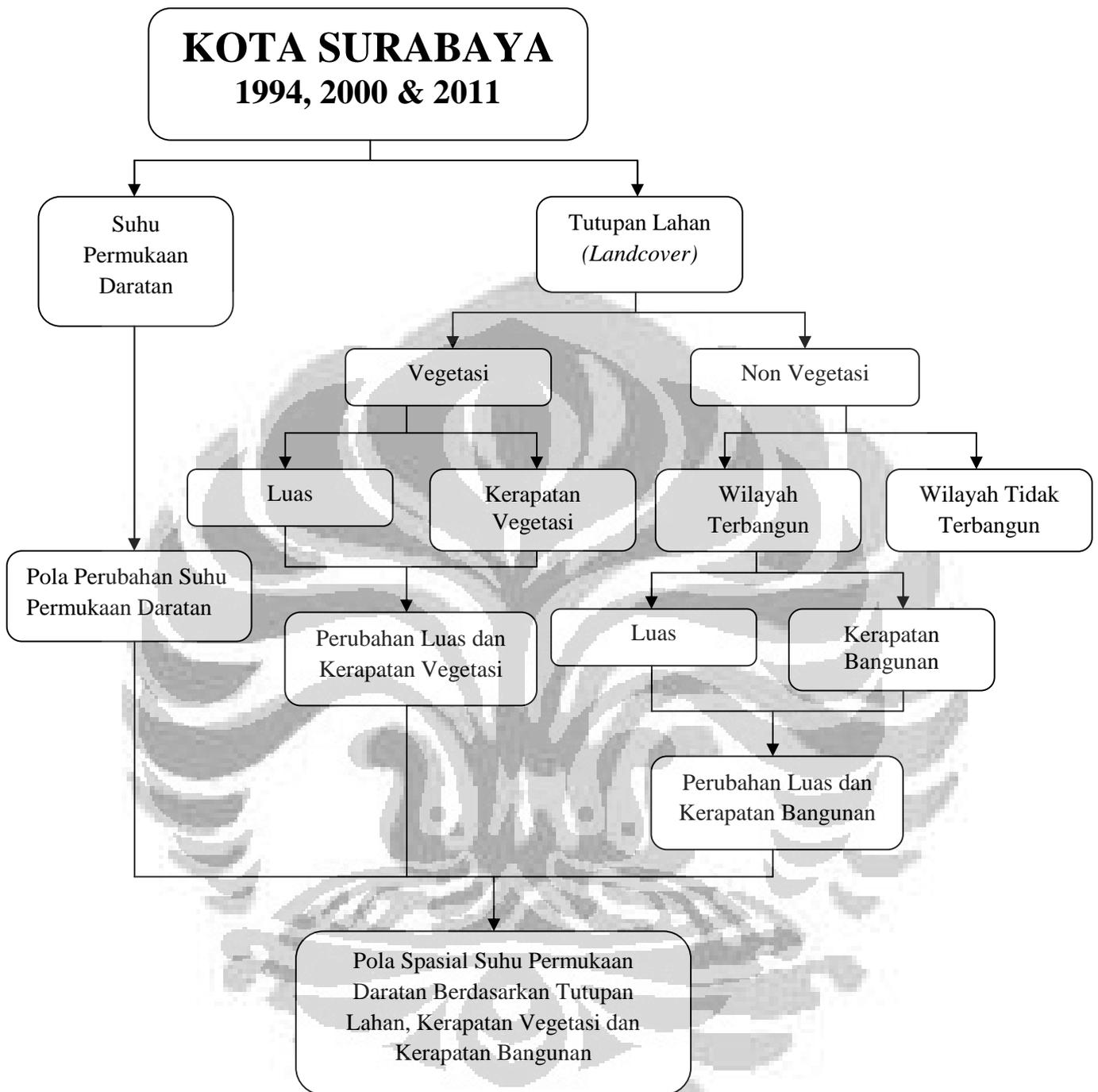
#### 3.1 Kerangka Alur Pikir

Pola spasial suhu permukaan daratan di Kota Surabaya akan dilihat berdasarkan perubahan suhu permukaan daratan pada tahun 1994, 2000 dan 2011, sehingga dapat diketahui sejauh mana pola spasial perubahan suhu permukaan daratan yang terjadi di wilayah tersebut.

Untuk menentukan pola spasial suhu permukaan daratan, variabel yang digunakan diantaranya berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan. Tutupan lahan mengalami perubahan dari waktu ke waktu seiring dengan adanya perkembangan Kota Surabaya, dimana hampir seluruh kawasan permukiman telah berkembang menjadi permukiman yang relatif padat.

Pada umumnya, tingkat kerapatan bangunan yang terdapat di pusat kota tinggi, sehingga ruang terbuka hijau (tutupan vegetasi) yang ada menjadi semakin berkurang dan digantikan dengan wilayah terbangun. Permukaan tanah yang tergantikan tersebut akan lebih banyak menyerap panas matahari dan memantulkannya, sehingga menyebabkan suhu permukaan daratan di kota itu naik. Adanya kerapatan bangunan yang tinggi dan berkurangnya ruang terbuka hijau akan berdampak pada naiknya suhu permukaan daratan di kota itu sendiri dan pada akhirnya akan menimbulkan penurunan daya dukung lingkungan (degradasi lingkungan).

Pendekatan yang digunakan berupa pendekatan keruangan (spasial) dan pendekatan ekologi. Penelitian ini dilakukan dengan membandingkan pola spasial suhu permukaan daratan pada tahun 1994, 2000 dan 2011, sehingga akan terlihat perubahan dan arah suhu permukaannya, serta seberapa besar pengaruh tutupan lahan, kerapatan vegetasi, dan kerapatan bangunan terhadap suhu permukaan daratan di wilayah tersebut, sehingga dampak lebih jauh pada kondisi iklim dan lingkungan wilayahnya dapat diantisipasi lebih awal.



Gambar.3.1 Alur Pikir Penelitian

Variabel dalam penelitian ini terbagi menjadi dua, yaitu:

1. Variabel terikat (dependen) : suhu permukaan daratan
2. Variabel bebas (independen) : tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan.

### 3.2 Tehnik Pengumpulan dan Jenis Data

Penelitian ini menggunakan data yang terdiri dari dua jenis, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer berupa pemeriksaan atau verifikasi yang diperoleh dari hasil survey lapang, sedangkan data sekunder diperoleh dari instansi terkait dan studi literatur. Data-data yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

#### 1. Data Primer

Pengumpulan data primer bertujuan untuk melakukan pemeriksaan ulang atau verifikasi data terhadap tutupan lahan sebagai substitusi untuk kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan. Peta yang dihasilkan dari citra perlu diperiksa ulang atau diverifikasi di lapangan untuk diketahui kondisi sesungguhnya pada saat kegiatan penelitian dilakukan.

Untuk tutupan lahan, verifikasi lapang dilakukan dengan mengambil sampel secara acak pada tiap-tiap kenampakan yang berbeda. Sedangkan untuk verifikasi kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan, pengambilan sampel dilakukan dengan menggunakan metode *stratified random sampling* yaitu dengan melakukan *overlay* peta antar variabel yang berupa tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan. Sebanyak 40 lokasi sampel diperoleh untuk kemudian dianalisis serta dilihat keterkaitan antara kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan terhadap suhu permukaan daratan (Peta 1). Dalam analisis titik, diasumsikan jarak pandang manusia sejauh 90 m<sup>2</sup> atau 3x3 piksel landsat (citra landsat memiliki resolusi spektral 30 m). Verifikasi kerapatan vegetasi dilakukan dengan melihat struktur dan proporsi kanopi, serta kerapatan tajuk. Sedangkan verifikasi kerapatan bangunan dilihat dengan menggunakan parameter proporsi kerapatan bangunan yang diberi skala 1-4, setara dengan sangat jarang-sangat rapat. Setelah dilakukan survey lapang, kemudian dilakukan pengklasifikasian ke dalam kelas tinggi, sedang, rendah, dan non vegetasi/bangunan.

## 2. Data Sekunder

- Peta Administrasi dan Jaringan Jalan Kota Surabaya skala 1:50.000 dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).
- Peta Penggunaan Tanah tahun 1995, 2004 dan 2009 Kota Surabaya skala 1:50.000 dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).
- Data Demografi Kota Surabaya tahun 1994, 2000 dan 2010 dari Badan Pusat Statistik (BPS).
- Google Earth Kota Surabaya
- Data Suhu, Kelembaban dan Curah hujan Kota Surabaya tahun 1994, 2000 dan 2011 dari BMKG.
- Citra Landsat 5 TM Kota Surabaya *path 118 row 65* tanggal 24 September 1994 pukul 09.02 WIB dari Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh, LAPAN.
- Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya *path 118 row 65* tanggal 17 Agustus 2000 pukul 09.26 WIB dari *U.S. Geological Survey* (USGS) (<http://www.usgs.gov/>).
- Citra Landsat 7 ETM+ Kota Surabaya *path 118 row 65* tanggal 1 September 2011 pukul 09.28 WIB dari PT. Seameo Biotrop, Bogor.
- Studi literatur yang didapat dari buku, skripsi, tesis, dan *browsing* internet untuk mendapatkan referensi yang berhubungan dengan penelitian.

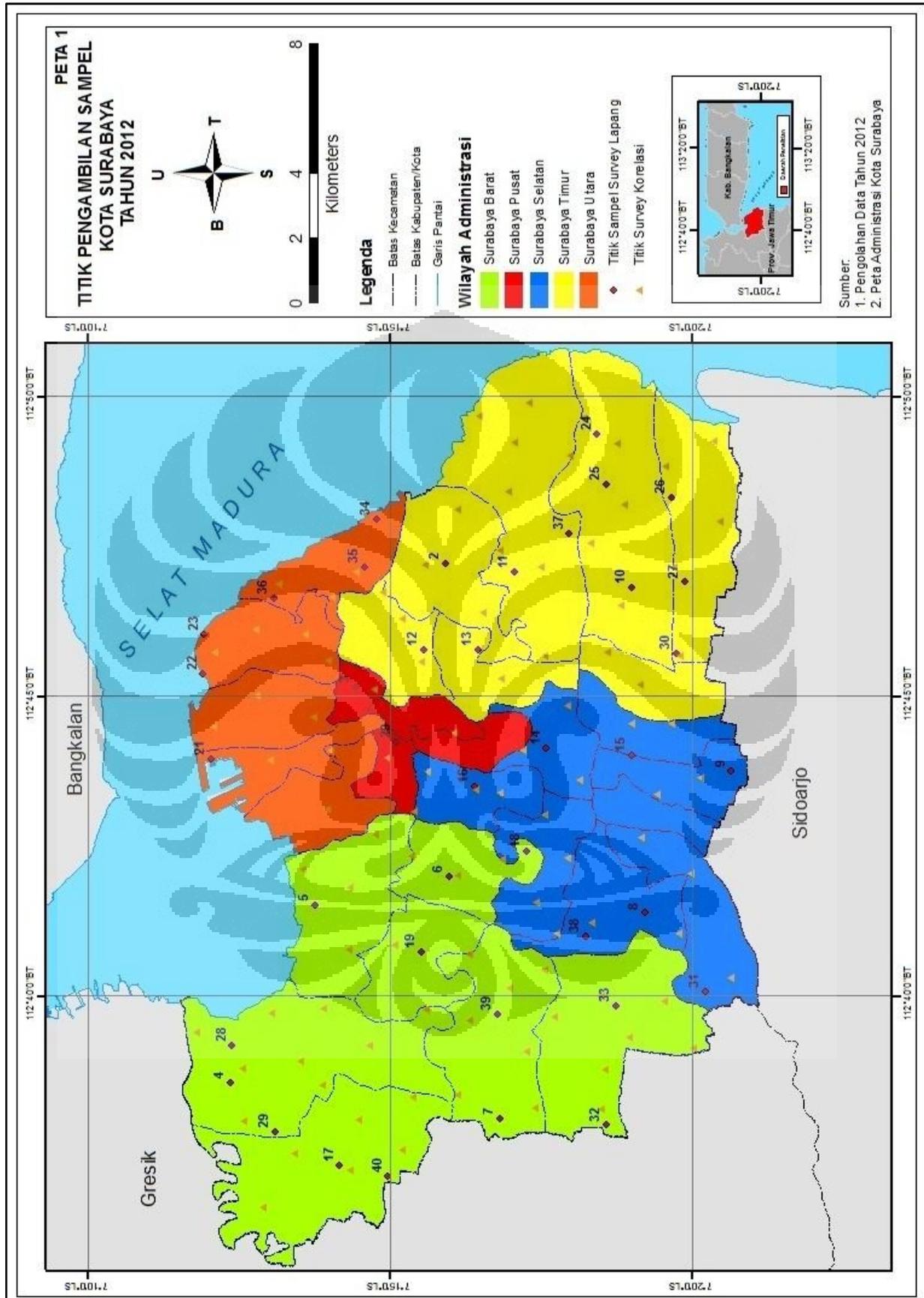
### 3.3 Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan software Arc.Gis 9.3, Arc.View, ER Mapper 7.0, Envi 4.4, dan SPSS 13.

Pada proses awal pengolahan citra terlebih dahulu harus dilakukan koreksi. Terdapat dua koreksi yang dilakukan dalam penelitian ini, yaitu:

#### 1. Koreksi Radiometrik

Kesalahan atau cacat radiometrik yaitu kesalahan yang berupa pergeseran nilai atau derajat keabuan elemen gambar (piksel) pada citra (Purwadhi, 2001). Kesalahan radiometrik dapat disebabkan karena adanya kesalahan



Gambar 3.2. Peta Persebaran Titik Pengambilan Sampel Kota Surabaya

pada sistem optik, kesalahan karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer, dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari. Koreksi ini bertujuan untuk membuat nilai-nilai pada citra tersebut berada pada kondisi idealnya, sehingga dapat digunakan untuk analisis baik visual maupun matematis. Metode koreksi radiometrik yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa penyesuaian histogram. Metode ini sangat sederhana. Misalnya, pada citra yang dikaji terdapat perairan. Apabila melihat pola tanggapan spektral air memiliki nilai 0 sedangkan nilai terendah pada citra yang dikaji adalah 25, maka diasumsikan bahwa nilai 25 itu merupakan gangguan atmosferik.

## 2. Koreksi Geometrik

Orbit satelit sangat tinggi dan medan pandangnya kecil, maka terjadi distorsi geometrik. Berdasarkan sumbernya, distorsi atau kesalahan geometrik dapat dikelompokkan menjadi dua tipe yaitu kesalahan internal dan kesalahan eksternal (Purwadhi, 2001).

Data citra harus dikoreksi geometrik terhadap sistem koordinat bumi, agar semua informasi data citra telah sesuai keberadaannya di bumi. Pada proses koreksi geometrik ini terdapat dua tahapan. Tahap yang pertama adalah relokasi posisi piksel ke posisi yang seharusnya dan proses resampling nilai piksel (interpolasi spektral).

Dalam melakukan koreksi geometrik, hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan titik kontrol (GCP = *Ground Control Points*), setelah itu dilakukan proses koreksi geometrik. Titik kontrol ini berupa objek yang terlihat pada citra sekaligus terlihat pada peta rujukan yang digunakan dalam koreksi geometrik. Titik kontrol ini bisa berupa persilangan antara sungai dengan jalan ataupun persimpangan jalan dan beberapa objek lain yang tampak dengan jelas di citra maupun peta rujukan. Sebenarnya kedua citra telah terkoreksi geometrik, namun karena ketidaksesuaian koreksi antar citra dan banyaknya distorsi yang terjadi, sehingga koreksi kedua citra didasarkan pada peta rujukan. Peta rujukan dalam penelitian ini adalah Peta dari BPN dengan proyeksi Transverse Mercator WGS 84 Zona

49 bagian selatan dengan grid UTM. Titik-titik diambil sebanyak 4 buah untuk setiap citra dengan RMS kurang dari 0,5.

Setelah citra terkoreksi, maka citra akan dipotong sesuai dengan *Area of Interest*.

Proses pengolahan citra adalah sebagai berikut:

1. Ekstraksi tutupan lahan dari citra baik TM maupun ETM+ dilakukan dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Klasifikasi terbimbing menggunakan algoritma untuk mengkaji atau menganalisis sejumlah besar piksel yang tidak dikenal dan membaginya dalam sejumlah kelas (Purwadhi, 2001). Tutupan lahan dibagi menjadi 6 (enam) kelas diantaranya badan air, perairan darat, pertanian lahan basah, pertanian lahan kering, urban (wilayah terbangun), dan tutupan awan. Verifikasi dilakukan dengan membandingkan terhadap hasil survey lapang, peta penggunaan tanah dari BPN, dan Google Earth.
2. Melakukan pengolahan NDVI yang dihasilkan dari citra satelit Landsat TM dan ETM+ dengan menggunakan saluran 3 dan saluran 4, dengan formula:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \dots\dots\dots(3.1)$$

dimana:

NDVI : *normalized difference vegetation index* atau nilai/indeks dari kondisi vegetasi/tumbuhan disuatu wilayah.

NIR : *near infrared reflectance* atau pantulan sinar inframerah dekat (saluran 4)

RED : *red reflectance* atau pantulan sinar merah (saluran 3)

3. Suhu permukaan didapat dari hasil perhitungan nilai kecerahan satelit (*brightness value*). Dalam metode ini, diasumsikan bahwa kandungan air pada atmosfer adalah konstan untuk wilayah yang kecil, sehingga kondisi atmosfer dapat dianggap seragam dan pengaruh kondisi atmosfer pada *radiance temperature* dapat diabaikan (Chen et al.,2005).
  - a. Pengambilan nilai suhu permukaan dari citra Landsat 5 (TM)  
Chen, Wang, dan Li pada tahun 2002 mengembangkan metode untuk mendapatkan suhu permukaan dengan 2 cara:

Pertama, *digital number* (DN) band 6 dikonversikan menjadi *radiation luminance* ( $R_{TM6} = \text{mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1}$ ) dengan formula:

$$R_{TM6} = \frac{V}{255} (R_{\max} - R_{\min}) + R_{\min} \dots \dots \dots (3.2)$$

dimana:

$V$  = DN band 6

$R_{\max} = 1,896 \text{ (mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1}\text{)}$

$R_{\min} = 0,1534 \text{ (mW cm}^{-2} \text{sr}^{-1}\text{)}$

Lalu *radiation luminance* dikonversikan menjadi nilai kecerahan satelit dalam satuan derajat Kelvin,  $T(^{\circ}\text{K})$ , dengan persamaan:

$$T = \frac{K1}{\ln(K2/R_{TM6}/b)+1} \dots \dots \dots (3.3)$$

dimana:

$T$  : suhu permukaan ( $^{\circ}\text{K}$ )

$K1$  : konstanta kalibrasi 1 (watt/meter persegi\*ster\* $\mu\text{m}$ ) sebesar 607,76

$K2$  : konstanta kalibrasi 2 (watt/meter persegi\*ster\* $\mu\text{m}$ ) sebesar 1260,56

$b$  : *range* spektral efektif ketika respon sensor melebihi 50% sebesar 1.239 ( $\mu\text{m}$ )

b. Pengambilan nilai suhu permukaan dari Citra Landsat 7 (ETM+)

Landsat 7 mempunyai 2 band thermal yaitu band 6 *low gain* dan band 6 *high gain*. Band 6 *low gain* akan dianalisis dalam hal ini mengacu pada formula yang telah ditetapkan oleh Landsat 7 User's Handbook.

Pertama, *digital number* (DN) band 6 dikonversikan menjadi nilai radiansi ( $L$ ) dengan formula berikut:

**Radiansi ( $L$ ) = gain\*DN + offset**

yang dapat diekspresikan menjadi:

$$\text{Radiansi (L)} = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{Q_{\text{CALMAX}} - Q_{\text{CALMIN}}} * (Q_{\text{CAL}} - Q_{\text{CALMIN}}) + L_{\min} \dots (3.4)$$

dimana:

$$QCALMIN = 1$$

$$QCALMAX = 255$$

$$QCAL = DN$$

LMAX dan LMIN adalah radiansi spektral dari band 6 pada *digital number* 1 sampai dengan 255 (didapatkan dari *header* file citra).

Lalu, nilai kecerahan satelit dapat diambil dari nilai radiansi spektral di atas dengan persamaan berikut ini:

$$T = \frac{K2}{\ln(K1/L\lambda + 1)} \dots \dots \dots (3.5)$$

dimana:

T : suhu permukaan ( $^{\circ}K$ )

K1 : konstanta kalibrasi 1 (watt/meter persegi\*ster\* $\mu m$ )  
sebesar 666,09

K2 : konstanta kalibrasi 2 (watt/meter persegi\*ster\* $\mu m$ )  
sebesar 1282,71

L $\lambda$  : radiasi atau *spectral radiance* (watt/meter persegi\*ster\* $\mu m$ )

Temperatur dalam satuan derajat Kelvin ini kemudian diubah ke dalam satuan derajat Celcius dengan rumus:

$$\text{Temperatur Celcius} = \text{Temperatur Kelvin} - 273.15 \dots \dots \dots (3.6)$$

4. Melakukan pengolahan data untuk mendapatkan klasifikasi kerapatan bangunan.

Melakukan pengolahan indeks urban (*Urban Index*) yang dikembangkan oleh (Kawamura et al.,1997) yaitu:

$$IU = \left[ \frac{B7-B4}{B7+B4} + 1 \right] \times 100 \dots \dots \dots (3.7)$$

dimana:

IU = Indeks Urban

B7 = Saluran 7 (Inframerah Tengah II)

B4 = saluran 4 (Inframerah Dekat)

5. Data yang diperoleh dari hasil pengolahan citra dan survei lapang akan dikategorisasikan atau diklasifikasikan berdasarkan kebutuhan analisis data dan sebaran nilai data tersebut.

### 3.4 Analisis Data

Analisis data akan dilakukan baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis kualitatif dilakukan dengan pendekatan keruangan (spasial) dan pendekatan ekologi. Pendekatan keruangan (spasial) berupa perbedaan lokasi mengenai sifat-sifat penting atau seri-seri sifat penting, sedangkan pendekatan ekologi berupa interaksi antara variabel manusia dan lingkungannya untuk dipelajari kaitannya (Bintarto & Hadisumarno, 1991). Untuk menganalisis pola spasial suhu permukaan serta perbedaannya digunakan pendekatan keruangan (spasial). Untuk menganalisis hubungan antara suhu permukaan dengan tutupan lahan, kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan digunakan pendekatan ekologi.

Selain analisis secara kualitatif, dilakukan juga analisis secara kuantitatif yang berupa perhitungan statistik. Analisis statistik digunakan untuk mengetahui kekuatan dan bentuk pengaruh antar variabel yang diuji. Analisis statistik yang digunakan berupa uji korelasi *Pearson Product Moment* untuk mengetahui seberapa besar hubungan antara kerapatan vegetasi dan kerapatan bangunan terhadap suhu permukaan daratan.

$$r_{XY} = \frac{n(\sum XY) - (\sum X \cdot \sum Y)}{\sqrt{\{n\sum X^2 - (\sum X)^2\}\{n\sum Y^2 - (\sum Y)^2\}}} \dots\dots\dots(3.8)$$

keterangan:

$r$  = koefisien korelasi

$n$  = jumlah sampel

$X$  = variabel bebas

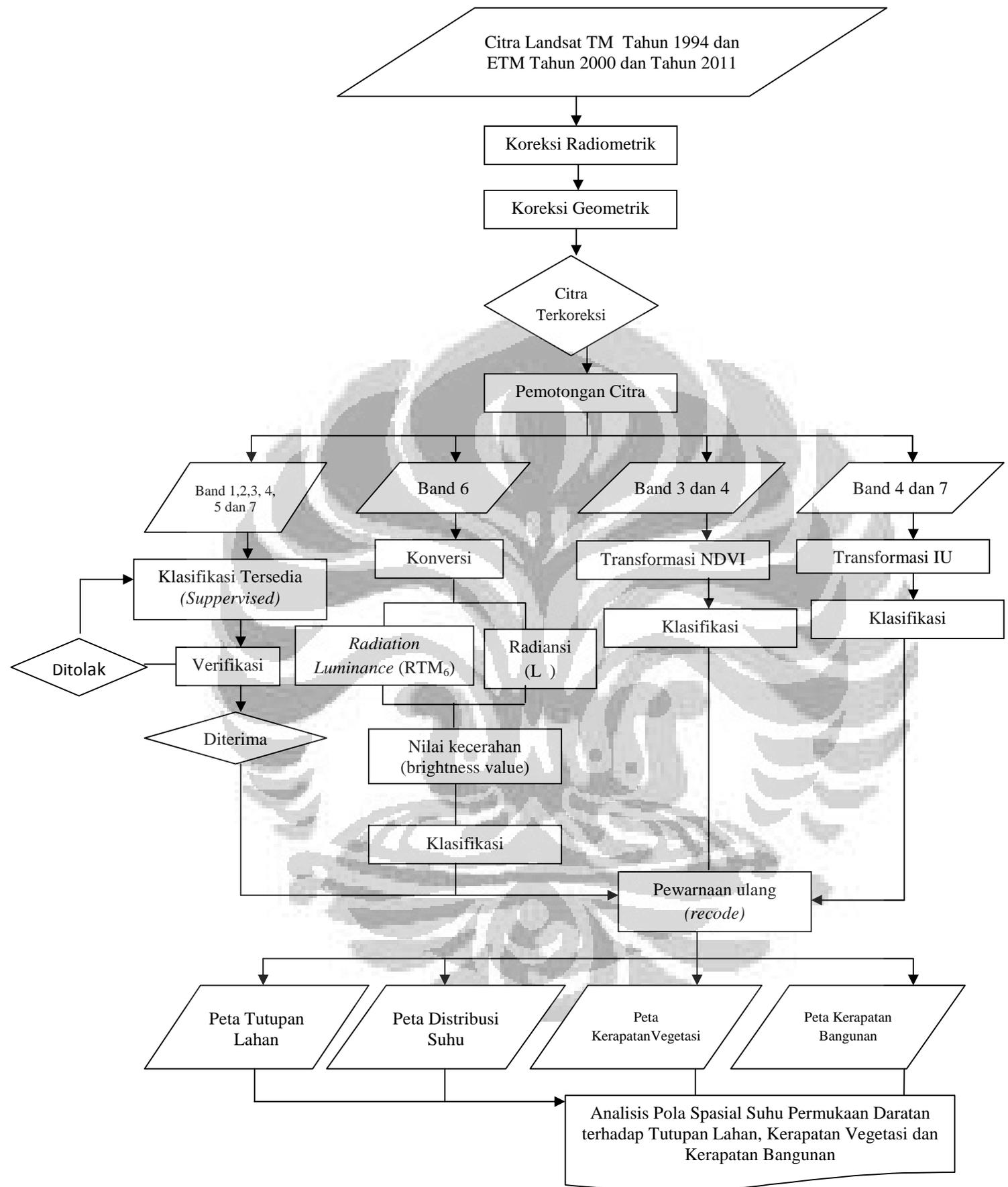
$Y$  = variabel terikat

Hasil perhitungan koefisien korelasi ( $r$ ) akan menunjukkan hubungan antar variabel yang dihitung dengan rentang nilai  $r$  antara 0 sampai dengan 1. Nilai  $r$  tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

- 1)  $r = 0,25$  maka kedua variabel tidak memiliki hubungan / lemah;
- 2)  $0,26 < r < 0,50$  maka kedua variabel memiliki hubungan sedang;
- 3)  $0,51 < r < 0,75$  maka kedua variabel memiliki hubungan kuat;
- 4)  $0,76 < r < 1$  maka kedua variabel memiliki hubungan sempurna.

Sebagai sampel, diambil 100 titik (Peta 1) yang diasumsikan bisa mewakili informasi keseluruhan. Setiap titik memiliki nilai suhu permukaan, nilai indeks kerapatan vegetasi dan nilai indeks urban. Titik sampel korelasi tersebut kemudian dianalisis menggunakan metode statistik, yang hasilnya berupa grafik korelasi antara suhu dengan kerapatan vegetasi dan suhu dengan kerapatan bangunan. Pengambilan titik sampel korelasi tersebut tersebar di daerah penelitian dengan tujuan untuk yaitu melihat seberapa besar korelasi antar variabel tersebut.





Gambar 3.3 Alur Pengolahan Data

## BAB 4

### GAMBARAN UMUM PENELITIAN

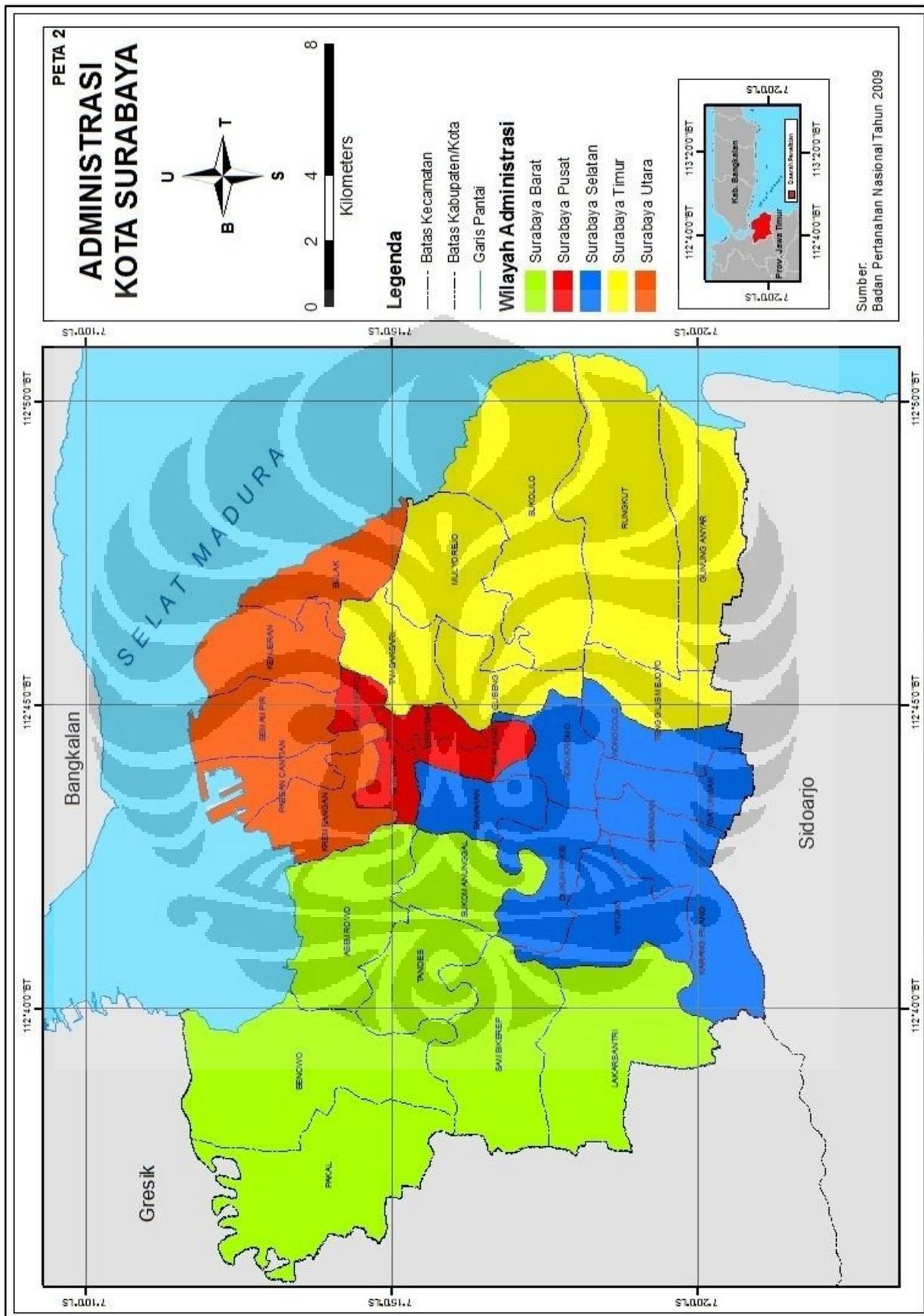
#### 4.1 Administrasi

Kota Surabaya terletak di tepi pantai utara Provinsi Jawa Timur dan merupakan Ibukota Provinsi tersebut. Secara geografis, berada pada koordinat  $112^{\circ}35'11,35''$  BT -  $112^{\circ}50'37,36''$  BT dan  $07^{\circ}20'55,72''$  -  $07^{\circ}11'23,33''$  LS dengan luas wilayah seluruhnya yaitu  $326,81 \text{ km}^2$ . Kota ini terletak pada zone 49 bagian selatan dengan grid UTM, jika dilihat menggunakan proyeksi Transverse Mercator WGS 84. Koordinatnya yaitu  $675117,5 \text{ mT}$  -  $703590,7 \text{ mT}$  dan  $9187271,9 \text{ mU}$  -  $9204964 \text{ mU}$ . Batas-batas wilayah Kota Surabaya, diantaranya:

- a. Sebelah Utara : Selat Madura (Kab. Bangkalan)
- b. Sebelah Timur : Selat Madura
- c. Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo
- d. Sebelah Barat : Kabupaten Gresik

Secara administrasi pemerintahan Kota Surabaya dikepalai oleh walikota yang juga membawahi koordinasi atas wilayah administrasi kecamatan yang dikepalai oleh camat. Terdapat 31 kecamatan dan 160 kelurahan yang terbagi menjadi 1.363 RW (Rukun Warga) dan 8.909 RT (Rukun Tetangga). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.1 (Peta 2).

Kota Surabaya terdiri dari 5 (lima) wilayah bagian yang terdiri dari Surabaya Barat (7 kecamatan), Surabaya Pusat (4 kecamatan), Surabaya Selatan (8 kecamatan), Surabaya Timur (7 kecamatan), dan Surabaya Utara (5 kecamatan). Kecamatan terluas di Kota Surabaya yaitu Kecamatan Lakarsantri dengan luas  $34,05 \text{ km}^2$ , sedangkan kecamatan terkecil yaitu Kecamatan Simokerto dengan luas  $2,59 \text{ km}^2$ . Untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.1.



Gambar 4.1. Peta Administrasi Kota Surabaya

Tabel 4.1 Luas Wilayah Administrasi, Kecamatan dan Kelurahan Kota  
Surabaya Tahun 2010

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (Km <sup>2</sup> )	Jumlah Kelurahan
1.	Tegalsari	4,29	5
2.	Genteng	4,05	5
3.	Bubutan	3,86	5
4.	Simokerto	2,59	5
5.	Pabean Cantian	6,8	5
6.	Semampir	8,76	5
7.	Krembangan	8,34	5
8.	Kenjeran	7,77	4
9.	Bulak	6,72	5
10.	Tambaksari	8,99	8
11.	Gubeng	7,99	6
12.	Rungkut	21,08	6
13.	Tunggal Mejoyo	5,52	5
14.	Gunung Anyar	9,71	4
15.	Sukolilo	23,68	7
16.	Mulyorejo	14,21	6
17.	Sawahan	6,93	6
18.	Wonokromo	8,47	6
19.	Karangpilang	9,23	4
20.	Dukuh Pakis	9,94	4
21.	Wiyung	12,46	4
22.	Wonocolo	6,77	5
23.	Gayungan	6,07	4
24.	Jambangan	4,19	4
25.	Tandes	11,07	6
26.	Sukomanunggal	9,23	6
27.	Asemrowo	15,44	5
28.	Benowo	23,73	5
29.	Lakarsantri	34,05	5
30.	Pakal	22,07	5
31.	Sambikerep	17,94	4
	<b>Total</b>	<b>326,81</b>	<b>160</b>

[Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya, 2010]

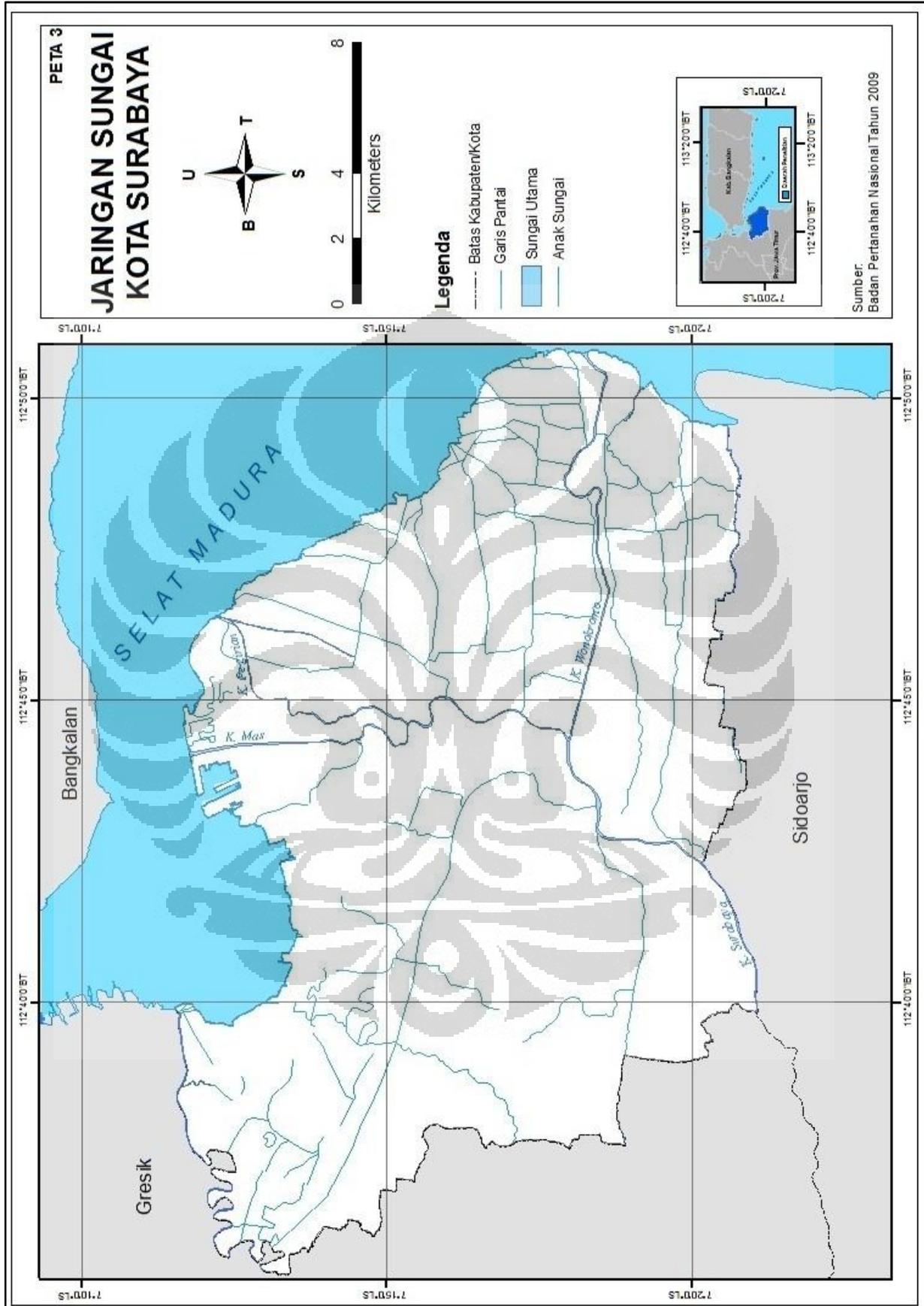
## 4.2 Topografi

Kota Surabaya sebagian besar berupa dataran rendah dengan ketinggian 0 – 50 meter di atas permukaan laut. Terdapat dua bukit landai di sebelah selatan yaitu di daerah Lidah dan Gayungan dengan ketinggian 25 – 50 meter di atas permukaan laut.

Secara topografi, sekitar 80% dari luas wilayah Kota Surabaya (25.919,04 Ha) merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3 – 6 mdpl dan kemiringan < 3% meliputi daerah Surabaya bagian utara, selatan, dan timur. Sisanya, berupa perbukitan bergelombang rendah, berada di daerah Surabaya bagian barat, yang memiliki ketinggian < 30 m dan kemiringan antara 5 - 15%.

Jenis batuan terdiri dari 4 jenis. Pada dasarnya berupa tanah liat atau unit-unit pasir. Untuk jenis tanah, sebagian besar berupa tanah alluvial yang merupakan hasil endapan sungai dan pantai. Endapan sungai umumnya berukuran pasir, sedangkan endapan pantai berupa lanau dan lempung. Selebihnya, di bagian barat terdapat perbukitan yang mengandung kadar kapur yang tinggi.

Surabaya terletak di muara Kalimas yang merupakan dua dari pecahan Sungai Brantas. Begitu memasuki Kota Surabaya, sungai tersebut berubah nama menjadi Kali Surabaya yang kemudian terpecah menjadi 3 yaitu Kalimas, Kali Pegirian, dan Kali Wonokromo. Bentuk Sungai yang tegak lurus terhadap garis pantai (orthogonal) diikuti dengan bentuk kotanya memiliki keuntungan sendiri secara geografis. Banyak hunian penduduk yang ada di samping kiri dan kanan sungai yang masuk ke dalam kota, sehingga harus dibangun banyak jembatan di dalam kota untuk menghubungkan kedua tepi sungai tersebut (Peta 3).

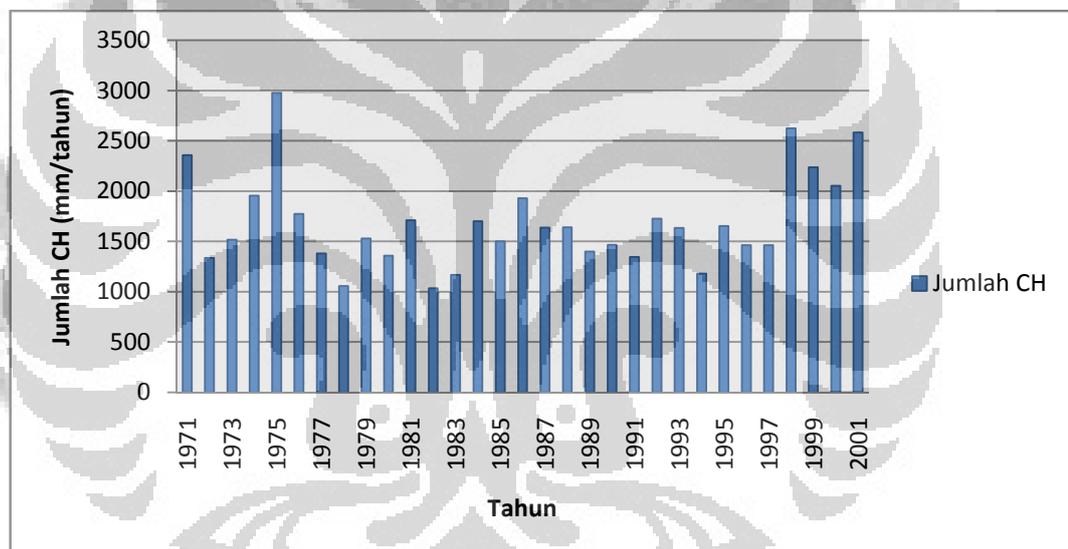


Gambar 4.2. Peta Jaringan Sungai Kota Surabaya

### 4.3 Iklim

Sebagaimana daerah tropis lainnya, Kota Surabaya memiliki 2 musim yaitu musim hujan dan musim kemarau. Musim kemarau berada pada bulan Mei - Oktober, sedangkan musim hujan berada pada bulan Nopember - April. Curah hujan rata-rata sebesar 182,3 mm. Temperatur maksimum dan minimum sekitar  $35,2^{\circ}\text{C}$  dan  $23,3^{\circ}\text{C}$  (Stasiun Pengamat Juanda/Tahun 2011).

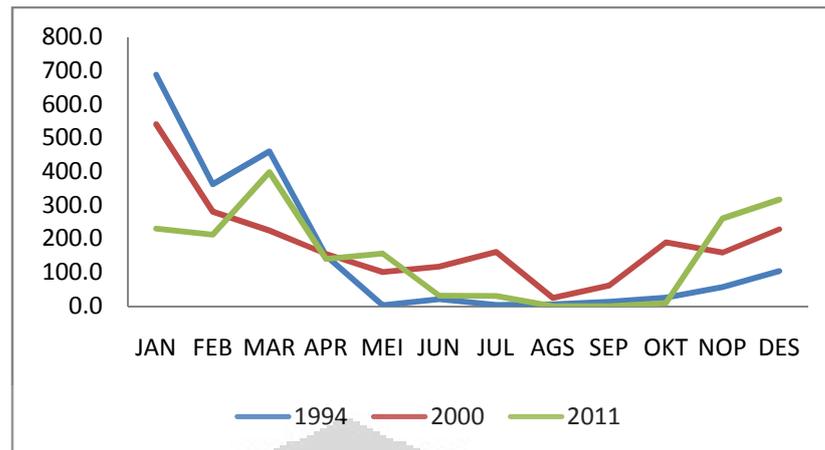
Faktor orografis tidak terlalu berpengaruh bagi intensitas curah hujan di Kota Surabaya karena letaknya yang cukup jauh dari pegunungan atau hadapan lereng. Faktor yang paling berpengaruh terhadap curah hujan di Kota Surabaya adalah angin muson (angin musim). Hal ini dapat terlihat dari pola curah hujan tahunan tahunan Kota Surabaya yang bertipe musonal.



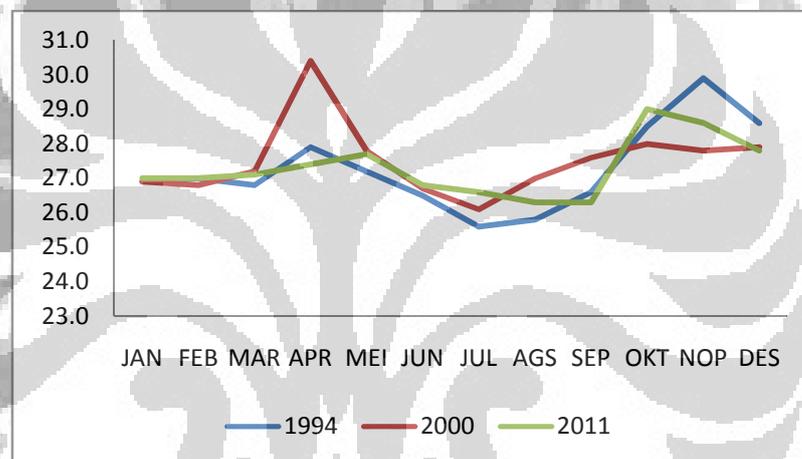
Gambar 4.3. Grafik Curah Hujan Selama 30 Tahun Kota Surabaya (1971 – 2001)

[Sumber: BMKG Stasiun Perak, Kota Surabaya]

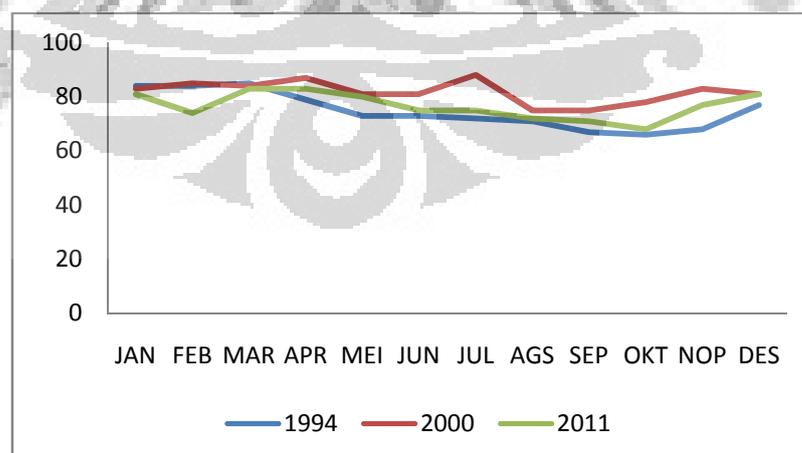
Adapun rata-rata curah hujan, suhu dan kelembaban bulanan pada tahun 1994, 2000 dan 2011 Kota Surabaya dapat dilihat pada Gambar 4.4, Gambar 4.5 dan Gambar 4.6. (Sumber: *Badan Meteorologi dan Klimatologi wilayah I, Stasiun Klimatologi Juanda, Kota Surabaya*)



Gambar 4.4. Grafik Curah Hujan Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011



Gambar 4.5. Grafik Suhu Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011



Gambar 4.6. Grafik Kelembaban Rata-rata Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

#### 4.4 Penduduk

Berdasarkan data hasil sensus penduduk tahun 2010, jumlah penduduk Kota Surabaya sebesar 2.765.487 jiwa dengan kepadatan penduduk sebesar 8.462 jiwa per km<sup>2</sup>. Jumlah penduduk terbanyak terdapat di Kecamatan Tambaksari sebesar 204.805 jiwa. Jumlah penduduk yang paling sedikit terdapat di Kecamatan Bulak sebesar 37.214 jiwa.

Kepadatan penduduk tertinggi berada di Kecamatan Simokerto sebesar 30.625 jiwa per km<sup>2</sup> (dengan jumlah penduduk sebesar 79.319 jiwa dan luas wilayah sebesar 2,59 km<sup>2</sup>). Hal ini menunjukkan bahwa tiap 1 km<sup>2</sup> didiami oleh 30.625 jiwa penduduk. Kepadatan penduduk terendah berada di Kecamatan Pakal sebesar 2.148 jiwa per km<sup>2</sup> (dengan jumlah penduduk 51.195 jiwa dan luas wilayah 22,07 km<sup>2</sup>). Hal ini menunjukkan bahwa tiap 1 km<sup>2</sup> didiami oleh 51.195 jiwa penduduk. Sebagian besar wilayah ini masih didominasi oleh persawahan dan kebun.

Tabel.4.2 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2010

Tahun	Jumlah Penduduk (jiwa)	Kepadatan Penduduk (jiwa/km <sup>2</sup> )	Pertambahan Penduduk (jiwa/tahun)
1994	2.306.474	13.083	-
2000	2.444.976	7.491	138.512
2010	2.765.487	8.462	320.511

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Pada Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa jumlah penduduk Kota Surabaya semakin meningkat, namun tidak dengan kepadatan penduduknya. Kepadatan penduduk pada tahun 1994 lebih tinggi dibandingkan dengan kepadatan penduduk tahun-tahun setelahnya yaitu tahun 2000 dan 2010. Hal ini disebabkan karena adanya pemekaran wilayah administrasi Kota Surabaya setelah tahun 1994 dari yang tadinya 28 Kecamatan menjadi 31 Kecamatan dengan masuknya 3 kecamatan baru yaitu Kecamatan Pakal (pecahan dari Kecamatan Benowo) dan Kecamatan Sambikerep (pecahan dari Kecamatan Lakarsantri) di Surabaya Barat, serta Kecamatan Bulak (pecahan dari kecamatan Kenjeran) di Surabaya Utara.

Tabel 4.3 Jumlah dan Kepadatan Penduduk Kota Surabaya Menurut  
Kecamatan Tahun 1994, 2000, dan 2010

No.	Kecamatan	Luas Wilayah (km <sup>2</sup> )			Jumlah Penduduk (jiwa)			Kepadatan Penduduk (jiwa/km <sup>2</sup> )		
		1994	2000	2010	1994	2000	2010	1994	2000	2010
1.	Tegalsari	4,90	4,29	4,29	117.141	114.667	85.606	23.906	26.729	19.995
2.	Genteng	3,53	4,04	4,05	65.758	64.077	45.548	18.628	15.860	11.493
3.	Bubutan	3,45	3,86	3,86	107.090	104.789	84.465	31.041	24.147	21.882
4.	Simokerto	2,66	2,89	2,59	108.169	106.203	79.319	40.665	41.005	30.625
5.	Pabean Cantian	4,42	6,80	6,80	44.403	89.136	69.423	20.426	13.108	10.209
6.	Semampir	5,34	8,76	8,76	78.224	155.089	151.429	28.929	17.704	17.286
7.	Krembangan	4,58	8,34	8,34	59.224	119.551	106.664	25.744	14.335	12.789
8.	Kenjeran	12,50	14,42	7,77	40.240	103.767	163.438	6.376	7.196	21.226
9.	Bulak*)	-	-	6,72	-	-	37.214	-	-	5.538
10.	Tambaksari	9,09	8,99	8,99	197.142	210.008	204.805	21.688	23.360	22.781
11.	Gubeng	7,49	7,99	7,99	146.980	143.759	128.127	19.624	17.992	16.036
12.	Rungkut	17,45	21,08	21,08	51.937	75.823	121.084	2.976	3.597	5.744
13.	Tunggal Mejoyo	5,90	5,52	5,52	38.525	41.140	72.467	6.529	7.453	13.128
14.	Gunung Anyar	12,36	9,71	9,71	26.066	31.434	62.120	2.109	3.237	6.398
15.	Sukolilo	21,00	23,69	23,68	67.795	74.382	119.873	3.228	3.140	5.062
16.	Mulyorejo	12,59	14,21	14,21	52.747	57.287	94.728	4.189	4.031	6.666
17.	Sawahan	7,64	6,93	6,93	198.669	199.635	170.605	26.004	28.807	24.618
18.	Wonokromo	6,90	8,47	8,47	171.843	174.206	132.211	24.905	20.567	15.727
19.	Karangpilang	7,73	9,23	9,23	44.026	49.421	72.649	5.695	5.354	7.851
20.	Dukuh Pakis	5,99	9,94	9,94	44.409	46.375	64.249	7.414	4.665	6.464
21.	Wiyung	11,52	12,46	12,46	33.332	39.825	67.987	2.893	3.153	5.456
22.	Wonocolo	6,12	6,78	6,77	57.311	61.240	80.276	9.365	9.032	11.858
23.	Gayungan	6,23	6,07	6,07	35.207	36.817	42.717	5.651	6.065	7.037
24.	Jambangan	3,84	4,19	4,19	28.627	31.630	46.430	7.455	7.549	11.081
25.	Tandes	9,50	11,07	11,07	82.114	85.046	103.084	8.464	7.682	9.312
26.	Sukomanunggal	9,23	9,23	9,23	75.401	83.644	102.612	8.169	9.062	10.901
27.	Asemrowo	13,47	15,44	15,44	20.126	30.137	42.704	1.494	1.952	2.766
28.	Benowo	41,04	45,79	23,73	35.226	50.790	47.404	858	1.109	2.282
29.	Lakarsantri	34,19	36,48	34,05	58.431	65.638	54.133	1.709	1.799	2.696
30.	Pakal*)	-	-	22,07	-	-	51.195	-	-	2.148
31.	Sambikerep*)	-	-	17,94	-	-	61.101	-	-	3.406
	<b>Total</b>	<b>290,64</b>	<b>326,37</b>	<b>326,81</b>	<b>2.306.474</b>	<b>2.444.976</b>	<b>2.765.487</b>	<b>13.083</b>	<b>7.491</b>	<b>8.462</b>

\*) belum terpecah menjadi kecamatan baru

[Sumber: Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Surabaya, 2010]

#### 4.5 Penggunaan Tanah dan Jaringan Jalan

Untuk penggunaan tanah Kota Surabaya, data dari Badan Pertanahan Nasional (BPN) berupa peta (Peta 4) belum diperbaharui lagi setelah tahun 2009. Jaringan jalan Kota Surabaya secara umum bertemu di pusat kota. Terdapat jalan Tol Nasional yang memanjang dari arah utara-selatan (Tol Sidoarjo) dan yang menuju ke arah Barat (Tol Gresik) (Peta 5).

Tabel.4.4 Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 2009

Penggunaan Tanah	Luas (km <sup>2</sup> )	Persen (%)
Industri	24,6	7,5
Tanah Kosong	6,8	2,1
Tambak	37,5	11,4
Kebun	16,4	5,0
Permukiman	213,8	65,1
Tegalan	5,1	1,6
Persawahan	24,4	7,4
Total	326,81	100,0

[Sumber: Badan Pertanahan Nasional, 2009]

Penggunaan tanah dengan luas terbesar berupa permukiman (65,1%), diikuti oleh tambak (11,4%), industri (7,5%), persawahan (7,4%), kebun (5,0%), tanah kosong (2,1%) dan yang paling kecil berupa tegalan (1,6%) (Peta 4 dan Tabel 4.4)

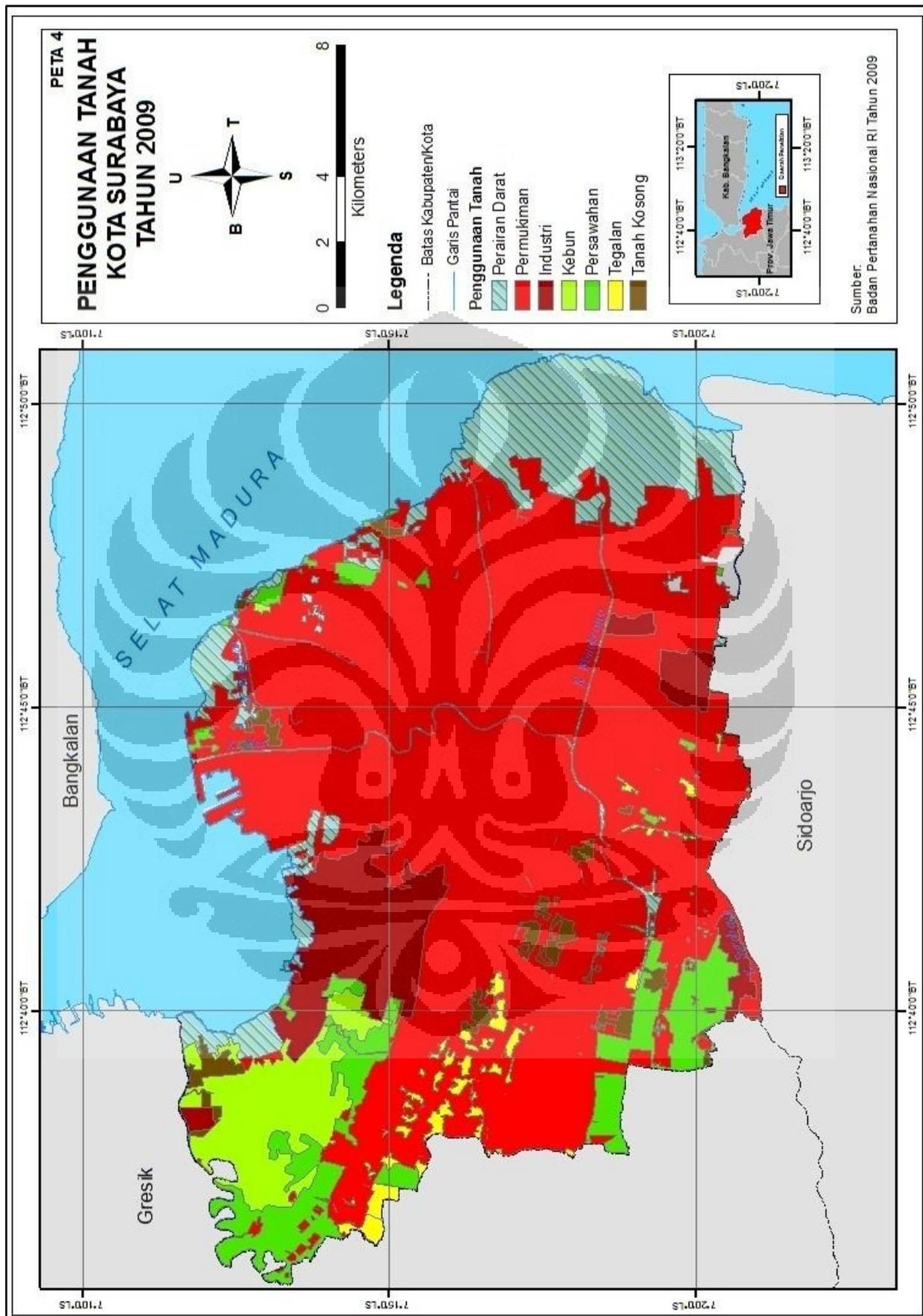
Penggunaan tanah berupa permukiman sebagian besar ditemukan di bagian utara, tengah, dan selatan Kota Surabaya dengan pola linier mengikuti jalan dan jaringan sungai. Terdapat pula permukiman di sebelah barat dan timur tetapi tidak terlalu padat karena sebagian besar penggunaan tanah masih berupa vegetasi dan tambak. Secara relatif, konsentrasi perkembangan fisik kota membujur dari kawasan barat dan kawasan timur kota akibat sudah terbangunnya lahan di kawasan utara, tengah, dan selatan. Secara umum, perkembangan fisik kota tersebut didominasi oleh pembangunan kawasan perumahan real estate dan fasilitas perniagaan. Perumahan yang berupa kampung terkonsentrasi di area pusat kota, sedangkan perumahan real estate tersebar di kawasan barat, timur dan selatan kota. Pada beberapa lokasi sudah

dibangun perumahan vertikal baik berupa rumah susun (sederhana) maupun apartemen dan kondominium (mewah).

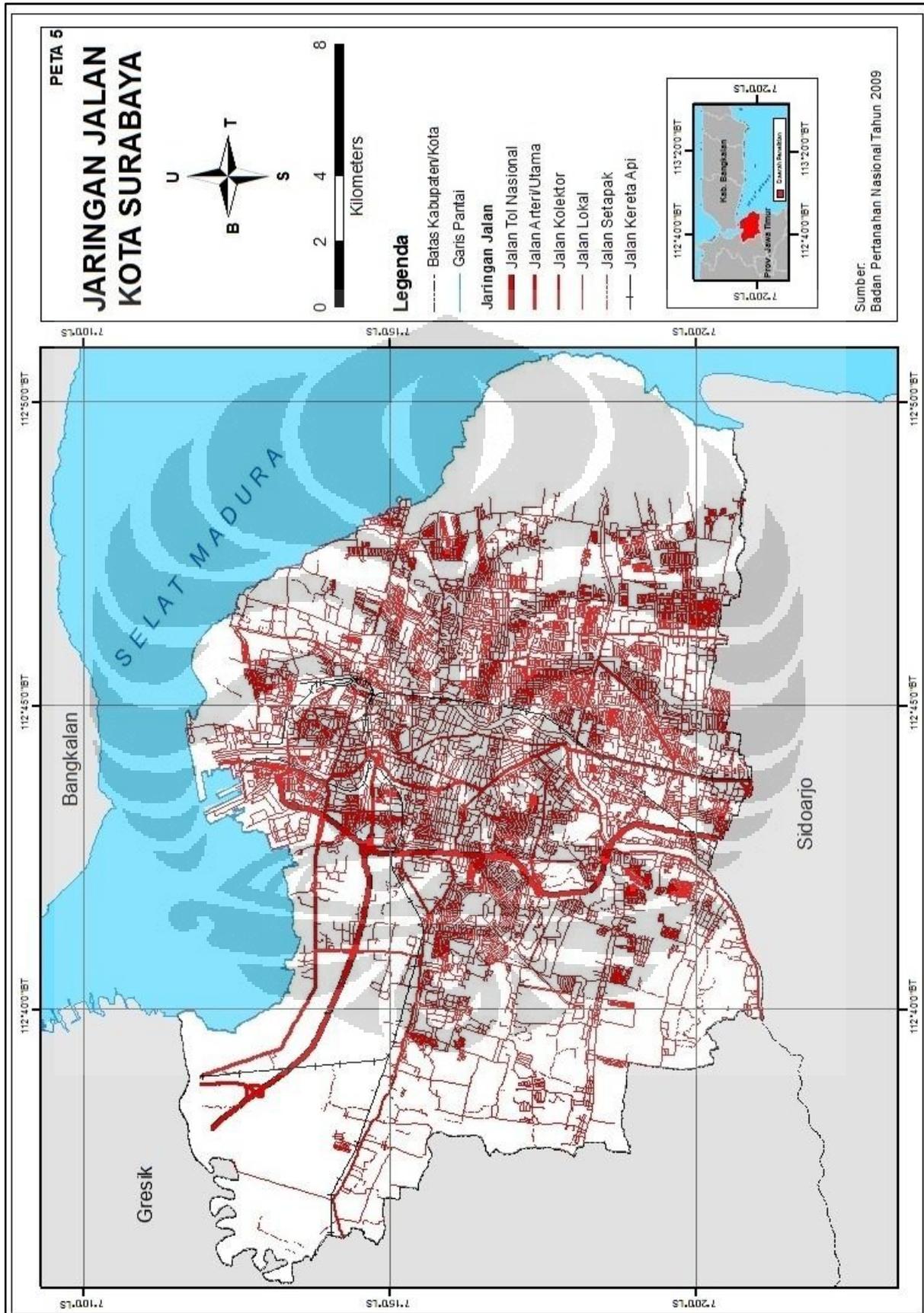
Penggunaan tanah berupa industri terkonsentrasi di kawasan pesisir utara dan kawasan selatan kota yang berbatasan dengan wilayah Kabupaten Gresik dan Sidoarjo. Di bagian selatan terdapat di Kecamatan Rungkut yang membentuk suatu kumpulan (*cluster*) industri yang dikenal dengan sebutan “Rungkut Industri”. Di bagian utara, penggunaan tanah berupa industri hanya terdapat di Kecamatan Asemrowo dan Kecamatan Tandes, tetapi sebagian besar hanya merupakan gudang-gudang industri saja. Penggunaan tanah berupa jasa dan perdagangan terkonsentrasi di kawasan pusat kota dan sebagian di areal permukiman yang berkembang di kawasan barat dan timur kota.

Penggunaan tanah berupa persawahan sebagian besar terdapat di bagian barat dan selatan Kota Surabaya dengan jumlah penduduk yang masih sedikit. Penggunaan tanah berupa kebun dan tegalan sebagian besar berada di sekitar persawahan dan dekat dengan permukiman dengan jaringan jalan yang tidak terlalu padat.

Pemanfaatan ruang wilayah pesisir meliputi perumahan pesisir (kampung nelayan), tambak garam dan ikan, pergudangan militer, industri kapal, pelabuhan, dan wisata. Pada bagian pesisir utara saat ini telah dibangun jalan yang menghubungkan Kota Surabaya dan Pulau Madura (Jembatan Suramadu). Di bagian utara, penggunaan tanah dominan berupa tambak ikan dan garam karena berdekatan dengan garis pantai/Selat Madura. Sedangkan di bagian timur terdapat danau (bosem) dan rawa yang juga banyak terdapat hutan mangrove di sekitarnya. Dikembangkan pula kegiatan penangkapan ikan tradisional dan wisata pantai (Kenjeran, Rungkut, dan sekitarnya).



Gambar 4.7. Peta Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 2009



Gambar 4.8. Peta Jaringan Jalan Kota Surabaya

## BAB 5

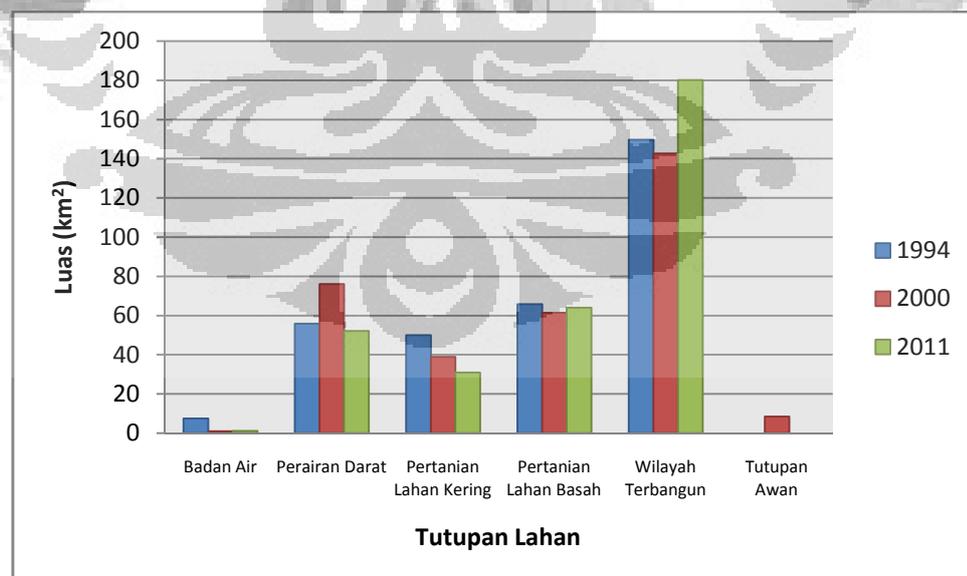
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 5.1 Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Klasifikasi tutupan lahan dari citra satelit pada tahun 1994, 2000 dan 2011 menggunakan metode klasifikasi terbimbing (*supervised classification*). Hasil klasifikasi tutupan lahan tersebut dapat dilihat pada Tabel dan Grafik 5.1.

Tabel 5.1 Luas dan Persentase Tipe Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

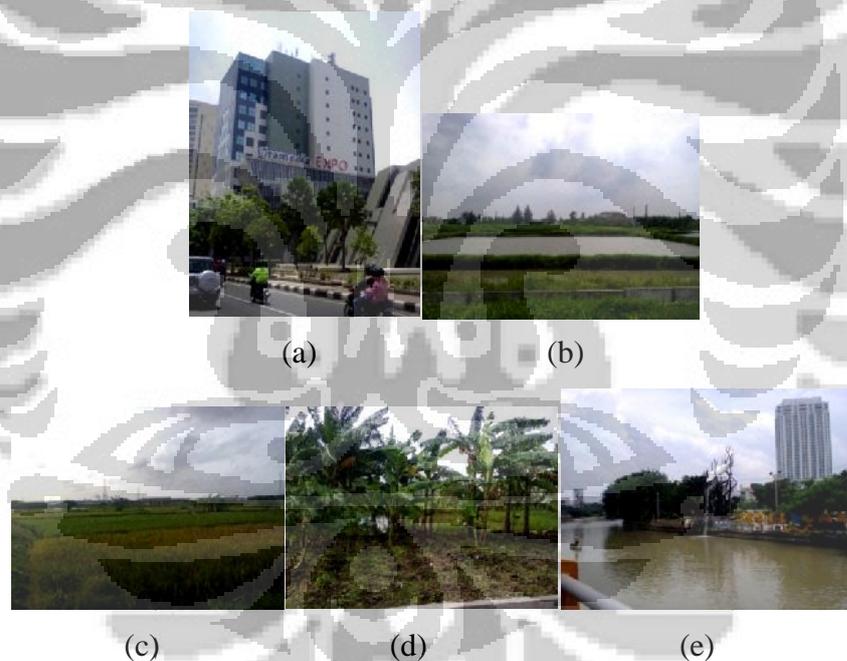
No	Tutupan Lahan	Luas Lahan					
		1994		2000		2011	
		km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
1.	Badan Air	7,52	2,29	1,04	0,32	1,11	0,34
2.	Perairan Darat	55,80	16,98	76,04	23,15	52,11	15,87
3.	Pertanian Lahan Kering	49,94	15,19	38,88	11,83	31,00	9,44
4.	Pertanian Lahan Basah	65,78	20,01	61,39	18,69	64,02	19,50
5.	Wilayah Terbangun	149,64	45,53	142,69	43,43	180,12	54,85
6.	Tutupan Awan	0	0	8,49	2,58	0	0



Gambar 5.1 Luas Wilayah Tipe Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Berdasarkan Tabel dan Grafik 5.1, dapat diketahui bahwa pada tahun 1994, 2000 dan 2011 luas tutupan lahan yang paling mendominasi adalah wilayah terbangun. Hal ini disebabkan karena jumlah penduduk yang terus meningkat setiap tahunnya (Tabel 4.2 dan Tabel 4.3), sehingga menyebabkan berkurangnya luas tutupan lahan vegetasi yang tadinya berupa pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah menjadi wilayah terbangun. Badan air merupakan tutupan lahan yang memiliki luas wilayah terkecil dibandingkan dengan yang lainnya. Untuk tutupan lahan berupa perairan darat yang lokasinya berada di dekat garis pantai tidak terlalu banyak mengalami perubahan. Terdapat tutupan awan sebesar 2,58% dari luas wilayah keseluruhan pada tahun 2000, sehingga tidak dapat diidentifikasi tutupan lahan yang tertutup oleh awan tersebut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta 6, Peta 7 dan Peta 8.



[Sumber: Dokumentasi Rizka NF, 2012]

Gambar 5.2 Contoh Kenampakan Masing-Masing Tutupan Lahan (dari kiri ke kanan, atas ke bawah: Wilayah Terbangun di Pusat Kota Tunjungan (a), Perairan Darat di Kecamatan Benowo (b), Pertanian Lahan Basah di Kecamatan Pakal (c), Pertanian Lahan Kering di Kecamatan Rungkut (d), Badan Air Kalimas di Pusat Kota(e))

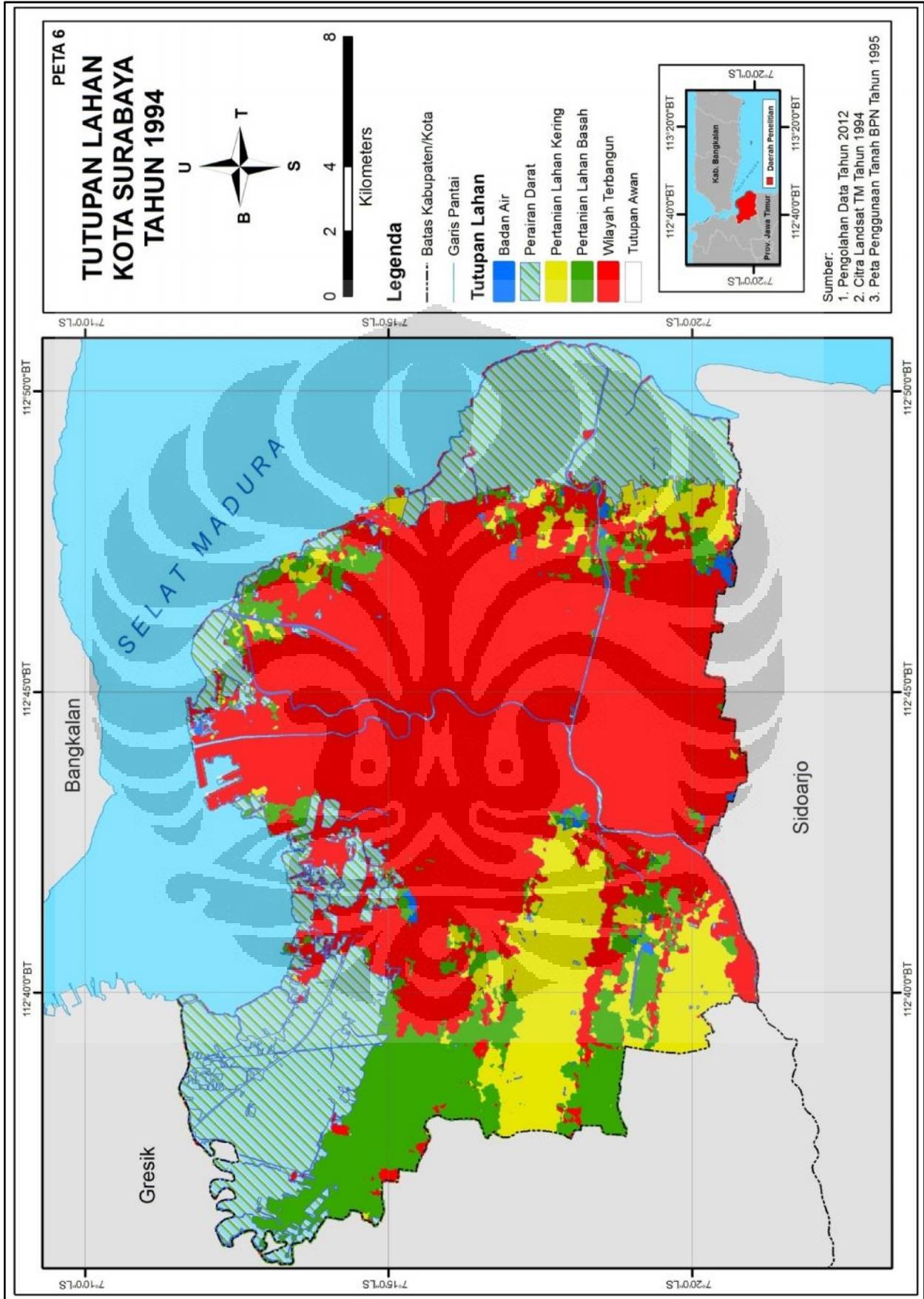
Survey tutupan lahan dilakukan pada bulan Maret 2012 dengan melakukan verifikasi data hasil klasifikasi citra pada tahun 2011. Survey dilakukan dengan cara mengambil sampel secara acak pada tiap-tiap kenampakan tutupan lahan yang ada yaitu berupa wilayah terbangun, pertanian lahan kering, pertanian lahan basah, perairan darat, dan badan air yang dekat jaringan jalan dan mudah di akses. Beberapa contoh masing-masing kenampakan tutupan lahan dapat terlihat pada Gambar 5.2.

Pemeriksaan data atau verifikasi tutupan lahan juga dilakukan dengan cara membandingkan antara hasil interpretasi data yang berasal dari hasil klasifikasi terbimbing Citra Landsat tahun 2011 dan Citra *Geo Eye* yang berasal dari aplikasi *google earth* terhadap survey lapang yang dilakukan pada 40 lokasi sampel. Hasil interpretasi data yang berasal dari citra landsat dan citra *geo eye* sebagian besar sesuai dengan hasil survey lapang yang dilakukan pada beberapa lokasi sampel dan memiliki nilai akurasi sebesar 83%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

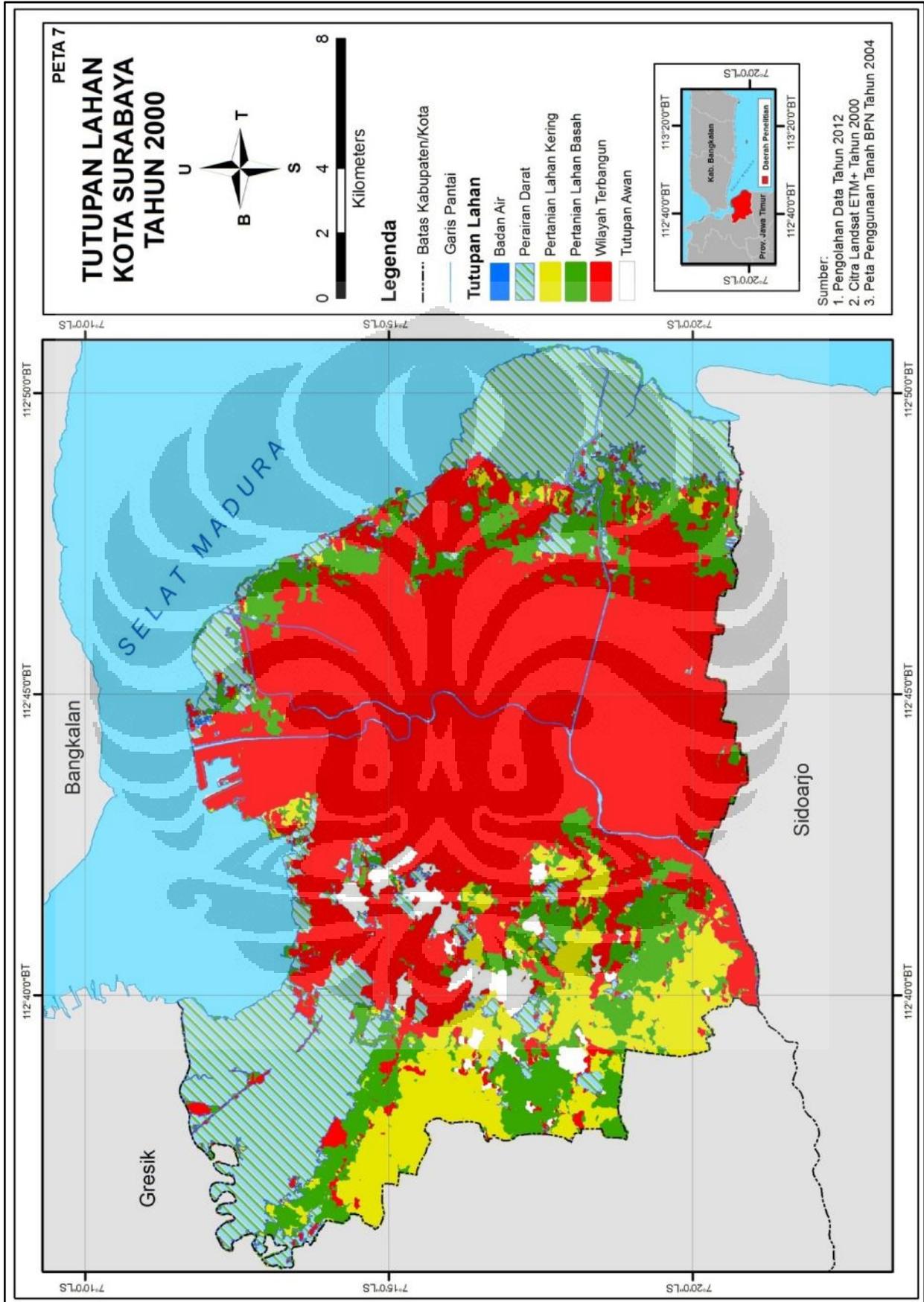
Tabel 5.2 Pemeriksaan atau Verifikasi Data Tutupan Lahan pada Beberapa Lokasi Sampel

Lokasi Survey	Tutupan Lahan		
	Citra Landsat Tahun 2011	Citra <i>Geo Eye</i>	Hasil Survey Lapang
1	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
2	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
3	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
4	perairan darat	tambak	tambak
5	wilayah terbangun	industri	industri
14	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
22	perairan darat	tambak	tambak
23	perairan darat	tambak	tambak
38	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
39	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
40	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan

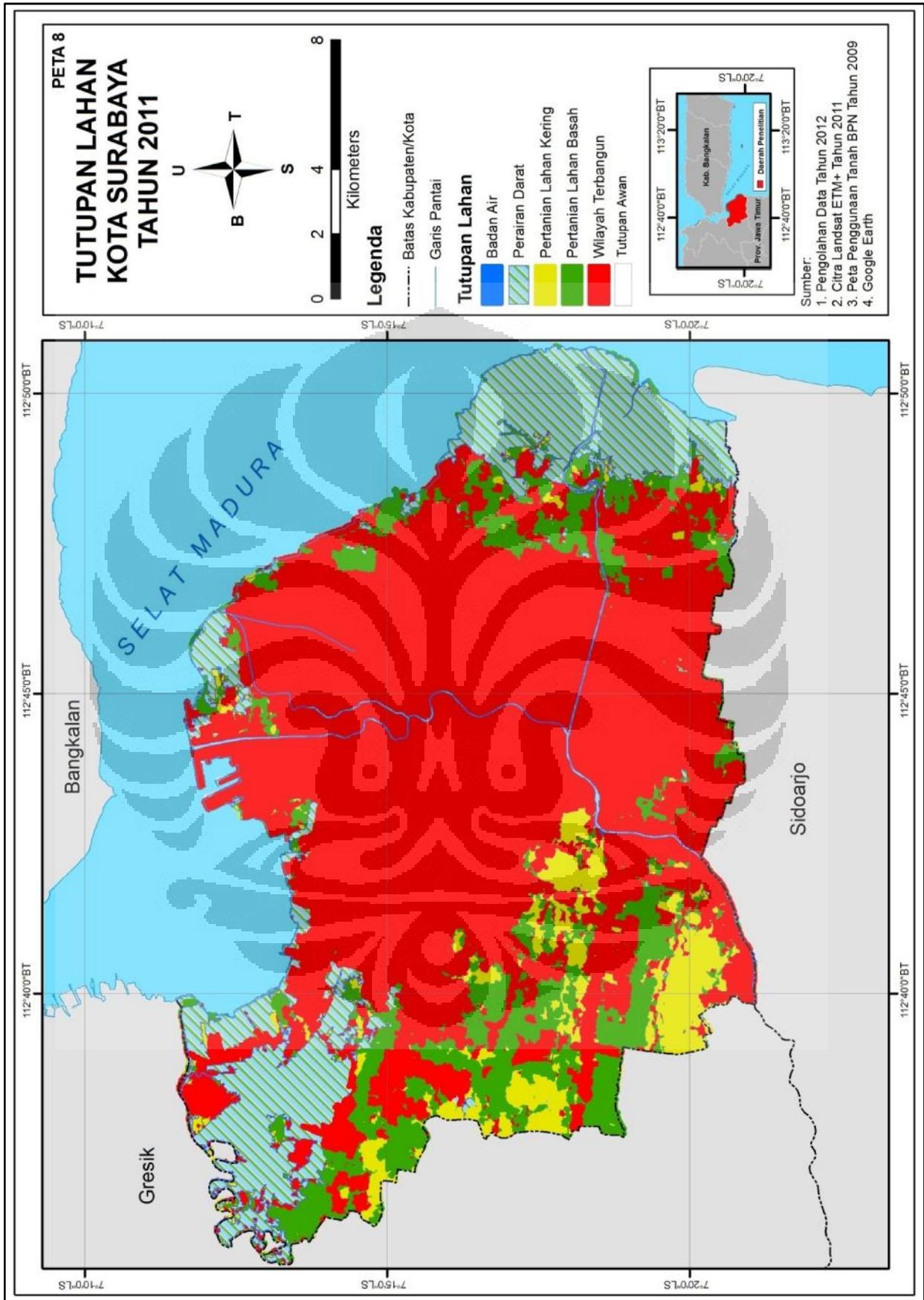
[Sumber: Pengolahan Data, 2012]



Gambar 5.3 Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 1994



Gambar 5.4 Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2000



Gambar 5.5 Peta Tutupan Lahan Kota Surabaya Tahun 2011

## 5.2 Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000, dan 2011

Kerapatan vegetasi dalam penelitian ini diwakilkan oleh nilai yang didapat dari hasil perhitungan NDVI. Pada tahun 1994, hasil pengolahan citra menunjukkan NDVI yang mempunyai rentang nilai cukup jauh antara -1,00 sampai dengan 0,75 dengan rata-rata sebesar -0,09 dan standar deviasinya sebesar 0,09 (Peta 9).

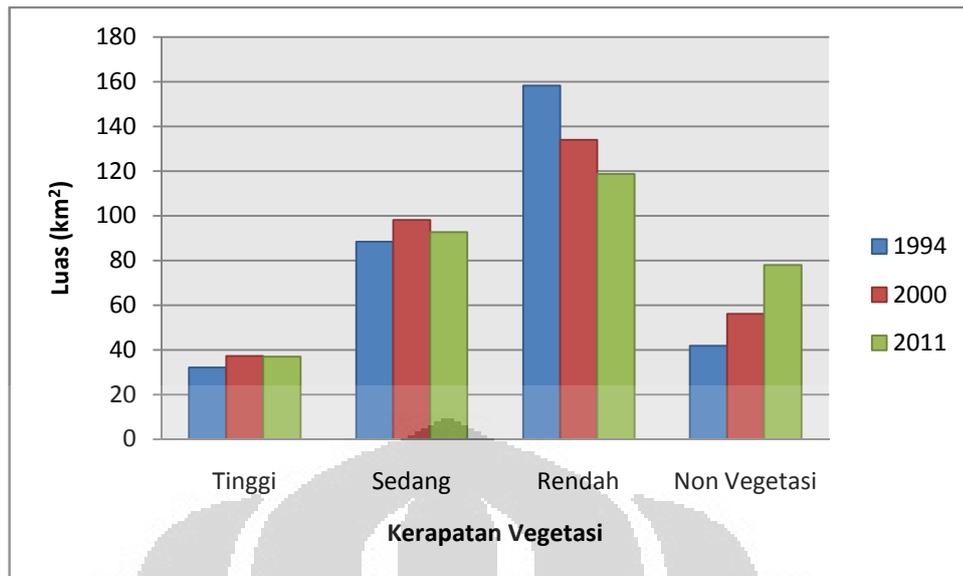
Hasil pengolahan citra pada tahun 2000 menunjukkan NDVI dengan rentang nilai yang tidak jauh berbeda dengan tahun 1994, berkisar antara -0,92 sampai dengan 0,66 dengan rata-rata sebesar -0,08 dan standar deviasinya sebesar 0,14 (Peta 10).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2011 menunjukan NDVI dengan rentang nilai yang jauh lebih pendek dibandingkan dengan tahun 1994 dan tahun 2000, berkisar antara -0,84 sampai dengan 0,63 dengan rata-rata sebesar -0,02 dan standar deviasinya sebesar 0,07 (Peta 11).

Berdasarkan perhitungan pada ketiga tahun tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata nilai NDVI menunjukan angka minus (-) yang mengindikasikan bahwa Kota Surabaya, sangat jarang ditemukan vegetasi dengan kerapatan yang tinggi. Kerapatan vegetasi tinggi bisa ditemukan di bagian sebelah timur dan barat Kota Surabaya. Sebagai contoh, di bagian barat terdapat area konsevasi yang berupa hutan mangrove. Untuk kerapatan vegetasi rendah dan non vegetasi terdapat di bagian utara sampai selatan Kota Surabaya. Sebagai contoh, di daerah pusat kota yang didominasi oleh bangunan.

Tabel 5.3 Luas dan Persentase Wilayah untuk Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Klasifikasi Kerapatan Vegetasi	Luas (km <sup>2</sup> )			Persentase (%)		
	1994	2000	2011	1994	2000	2011
Tinggi	32,09	37,33	37,04	10,01	11,47	11,35
Sedang	88,37	98,13	92,66	27,56	30,14	28,39
Rendah	158,31	134,03	118,71	49,38	41,17	36,38
Non Vegetasi	41,85	56,09	77,93	13,05	17,23	23,88



Gambar 5.6 Luas Wilayah Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Berdasarkan tabel dan grafik di atas, dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah termasuk ke dalam kelas kerapatan vegetasi rendah, sedangkan kelas kerapatan vegetasi tinggi memiliki luas wilayah terkecil baik pada tahun 1994, 2000, maupun 2011.

Pada tahun 2000, wilayah kerapatan vegetasi tinggi dan sedang merupakan area yang paling dominan. Wilayah kerapatan vegetasi tinggi memiliki area seluas 33,73 km<sup>2</sup> atau 11,47%, sedangkan untuk kelas kerapatan vegetasi sedang seluas 98,13 atau 30,14%. Hal ini mungkin disebabkan karena curah hujan dan kelembaban udara pada tahun 2000 lebih tinggi dibandingkan tahun 1994 dan tahun 2011, sehingga kerapatan tajuk menjadi semakin lebat dan panas yang diserap ke dalam tanah menjadi besar. Pada umumnya, kerapatan vegetasi tinggi berasosiasi dengan tutupan lahan berupa hutan dan taman kota, sedangkan untuk kerapatan vegetasi sedang berasosiasi dengan pertanian lahan kering dan pertanian lahan basah.

Wilayah kerapatan vegetasi rendah yang paling dominan terdapat pada tahun 1994 dengan wilayah seluas 158,31 km<sup>2</sup> atau 49,38%. Tetapi, sebagian besar wilayah pada tahun 1994 ini belum merupakan wilayah terbangun. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang

mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor. Kerapatan vegetasi dalam kelas ini berasosiasi dengan rumput, padang, lapangan rumput, bahkan sawah yang mengering atau *pasca* panen yang memiliki struktur kanopi datar dan kerapatan tajuk jarang.

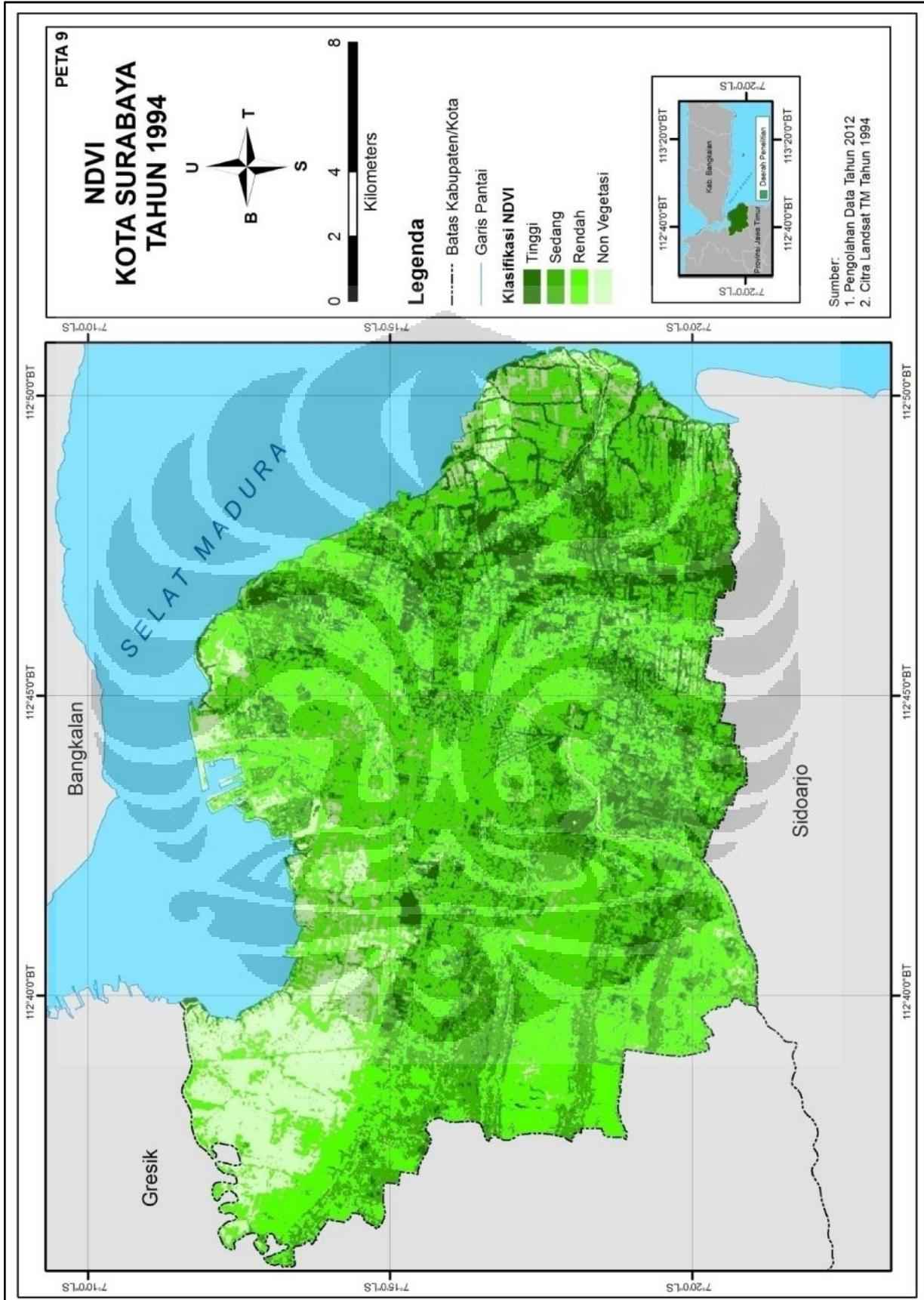
Kelas kerapatan non vegetasi yang paling dominan terdapat pada tahun 2011 dimana sebagian besar merupakan wilayah terbangun dan sangat jarang ditemukan adanya vegetasi. Kelas kerapatan vegetasi ini juga berasosiasi terhadap tutupan lahan berupa badan air dan perairan darat.

Verifikasi data hasil klasifikasi dapat dilihat berdasarkan proporsi atau struktur kanopi dan kerapatan tajuk vegetasi yang dilakukan dalam cakupan  $90 \text{ m}^2$  (3 x 3 piksel landsat). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta 9, Peta 10, Peta 11 dan Gambar 5.7.

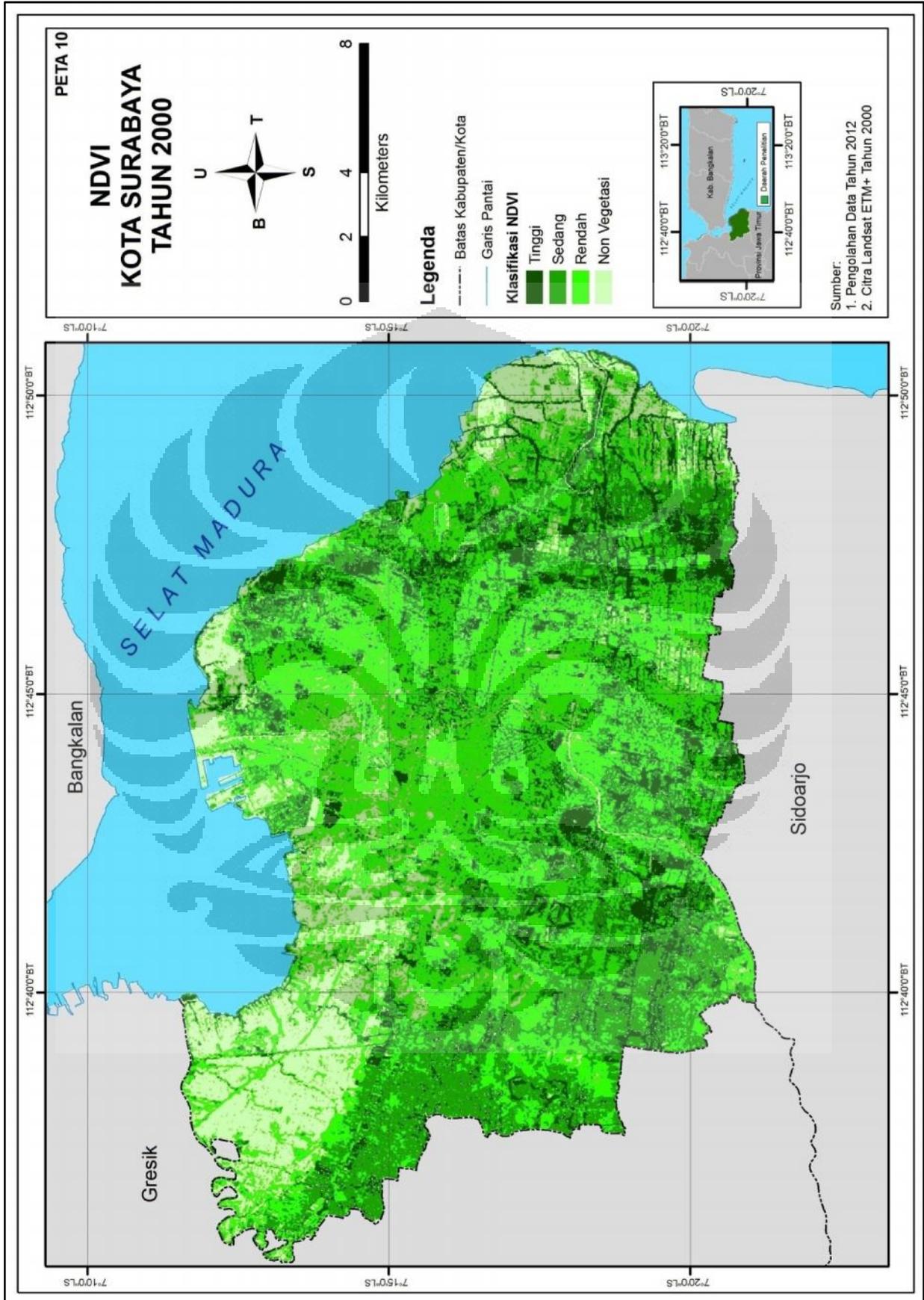


[Sumber: Dokumentasi Rizka NF, 2012]

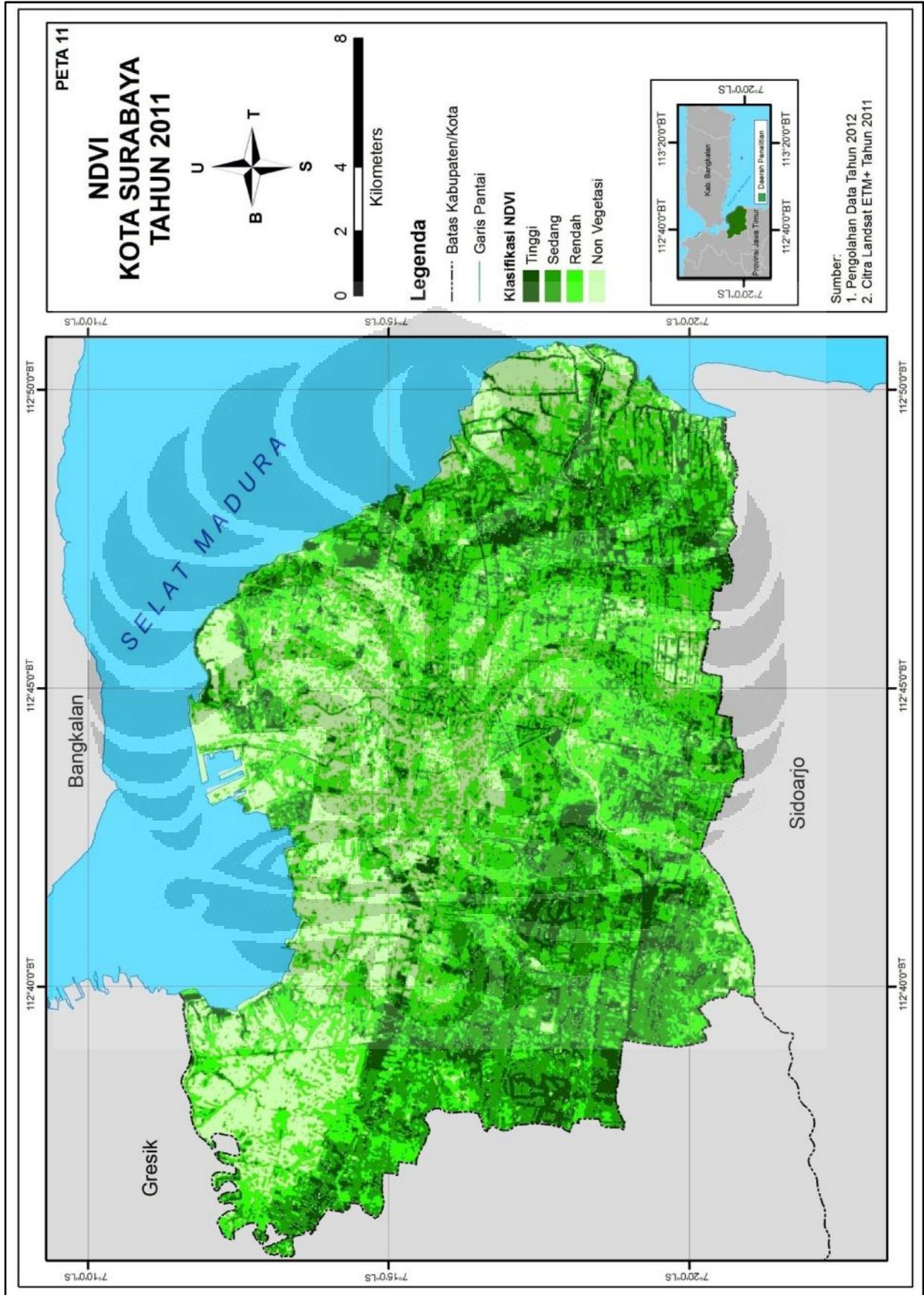
Gambar 5.7 Contoh Klasifikasi Kerapatan Vegetasi di Lapangan (dari kiri ke kanan, atas ke bawah: Kerapatan Vegetasi Sedang (Koridor Jalan, Kec. Tandes) (a), Kerapatan Vegetasi Rendah (Pusat Kota) (b), Kerapatan Vegetasi Tinggi (Hutan di Pantai Kenjeran) (c), Non Vegetasi (Badan Air, Kali Wonokromo)(d).



Gambar 5.8 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 1994



Gambar 5.9 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2000



Gambar 5.10 Peta Kerapatan Vegetasi Kota Surabaya Tahun 2011

### 5.3 Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Kerapatan bangunan dalam penelitian ini diwakilkan oleh nilai yang didapat dari hasil perhitungan indeks urban (IU). Pada tahun 1994, hasil pengolahan citra menunjukkan indeks urban yang mempunyai rentang nilai antara 0 sampai dengan 186,67 dengan rata-rata sebesar 29,86 dan standar deviasinya sebesar 43,36 (Peta 12).

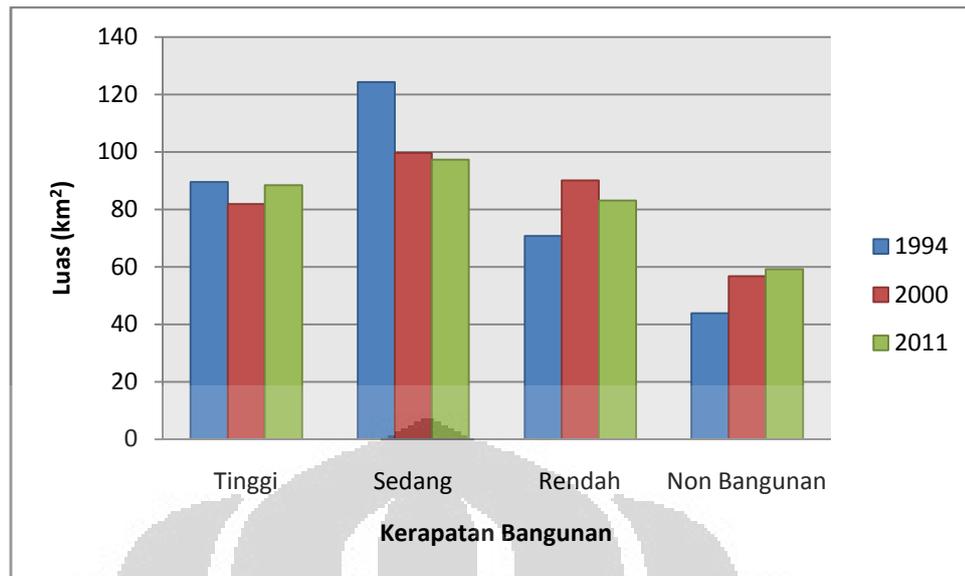
Hasil pengolahan citra pada tahun 2000 menunjukkan indeks urban dengan rentang nilai yang tidak jauh berbeda dengan tahun 1994 dan lebih pendek, berkisar antara 0 sampai dengan 184,62 dengan rata-rata sebesar 42,58 dan standar deviasinya sebesar 54,03 (Peta 13).

Hasil pengolahan citra pada tahun 2011 menunjukkan indeks urban dengan rentang nilai yang lebih pendek dibandingkan dengan tahun 1994 dan tahun 2000, berkisar antara 11,76 sampai dengan 170,67 dengan rata-rata sebesar 100,53 dan standar deviasinya sebesar 6,64 (Peta 14).

Berdasarkan perhitungan pada ketiga tahun tersebut dapat diketahui bahwa rata-rata nilai indeks urban semakin bertambah tiap tahunnya. Hal ini mengindikasikan bahwa terdapat perkembangan wilayah terbangun akibat semakin bertambahnya jumlah penduduk. Perkembangan wilayah terbangun yang tadinya hanya memanjang dari arah utara ke selatan, semakin meluas ke arah timur sampai barat, sehingga terbentuklah keseimbangan dalam bentuk kotanya.

Tabel 5.4 Luas dan Persentase Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

Klasifikasi Kepadatan Bangunan	Luas (km <sup>2</sup> )			Persentase (%)		
	1994	2000	2011	1994	2000	2011
Tinggi	89,52	81,93	88,44	27,25	24,94	27,04
Sedang	124,34	99,72	97,34	37,86	30,35	29,63
Rendah	70,73	90,11	83,15	21,53	27,43	25,31
Non Bangunan	43,87	56,78	59,22	13,36	17,28	18,02



Gambar 5.11 Luas Wilayah Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

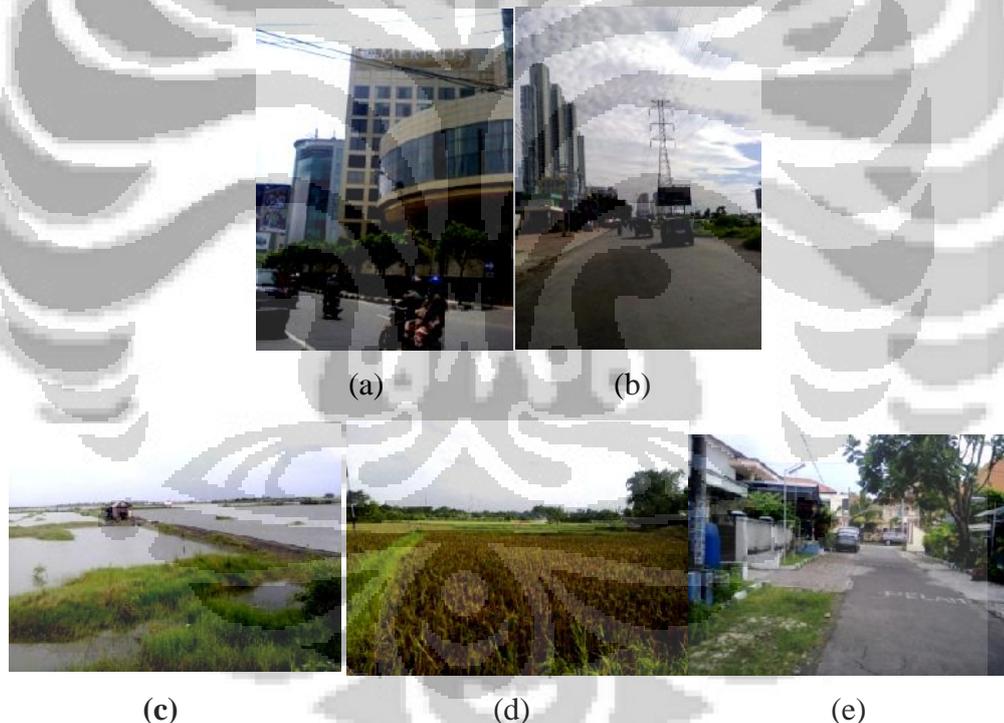
[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Berdasarkan tabel dan grafik tersebut di atas, dapat diketahui bahwa sebagian besar wilayah termasuk ke dalam kelas kerapatan bangunan sedang, sedangkan kelas non bangunan memiliki luas wilayah terkecil baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011.

Wilayah kerapatan bangunan dengan kelas kerapatan tinggi tidak begitu jauh berbeda antara tahun 1994 dan tahun 2011. Tetapi, terdapat perbedaan mendasar pada kedua tahun tersebut, dimana pada tahun 1994 nilai indeks urban dengan kelas kerapatan tinggi tidak hanya terdapat pada bangunan, tetapi terdapat pula pada tutupan lahan berupa sawah yang sudah mengering (*pasca panen*). Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor, sehingga luas wilayah dengan kelas kerapatan bangunan tinggi pada tahun 1994 sedikit lebih besar dibandingkan dengan tahun 2011. Untuk tahun 2000 dan tahun 2011, nilai indeks urban dengan kelas kerapatan tinggi sebagian besar terdapat pada tutupan lahan berupa wilayah terbangun yang terdapat di pusat kota berupa gedung-gedung bertingkat, permukiman padat, dan wilayah industri.

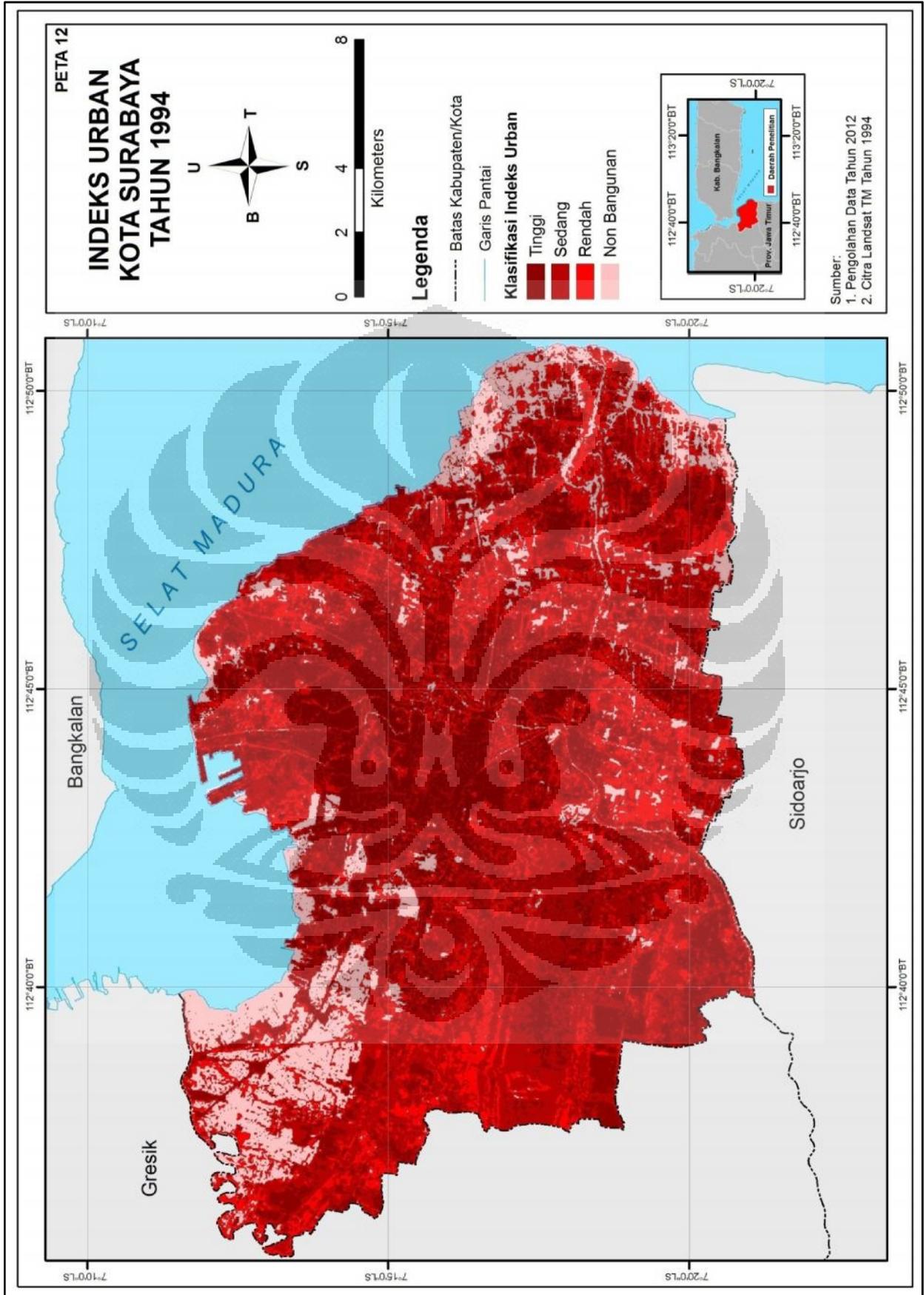
Transformasi indeks urban memang memiliki keunggulan sekaligus kelemahan dalam mempresentasikan distribusi tingkat kerapatan bangunan. Keunggulannya yaitu transformasi indeks urban dapat mempresentasikan tingkat kerapatan bangunan dengan baik, sedangkan kelemahannya yaitu hasil klasifikasi citra distribusi indeks urban adalah peta kelas kerapatan bangunan tentatif, tidak aktual apabila tidak seluruh daerah liputan berupa lahan terbangun, sehingga dalam menganalisa pola spasial kerapatan bangunan yang dihasilkan dari transformasi indeks urban perlu dilakukan survey lapang.

Verifikasi data hasil klasifikasi dapat dilihat berdasarkan proporsi bangunan yang dilakukan dalam cakupan  $90 \text{ m}^2$  ( $3 \times 3$  piksel landsat), serta karakteristik bangunan yang ada. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Peta 9, Peta 10, Peta 11 dan Gambar 5.12.

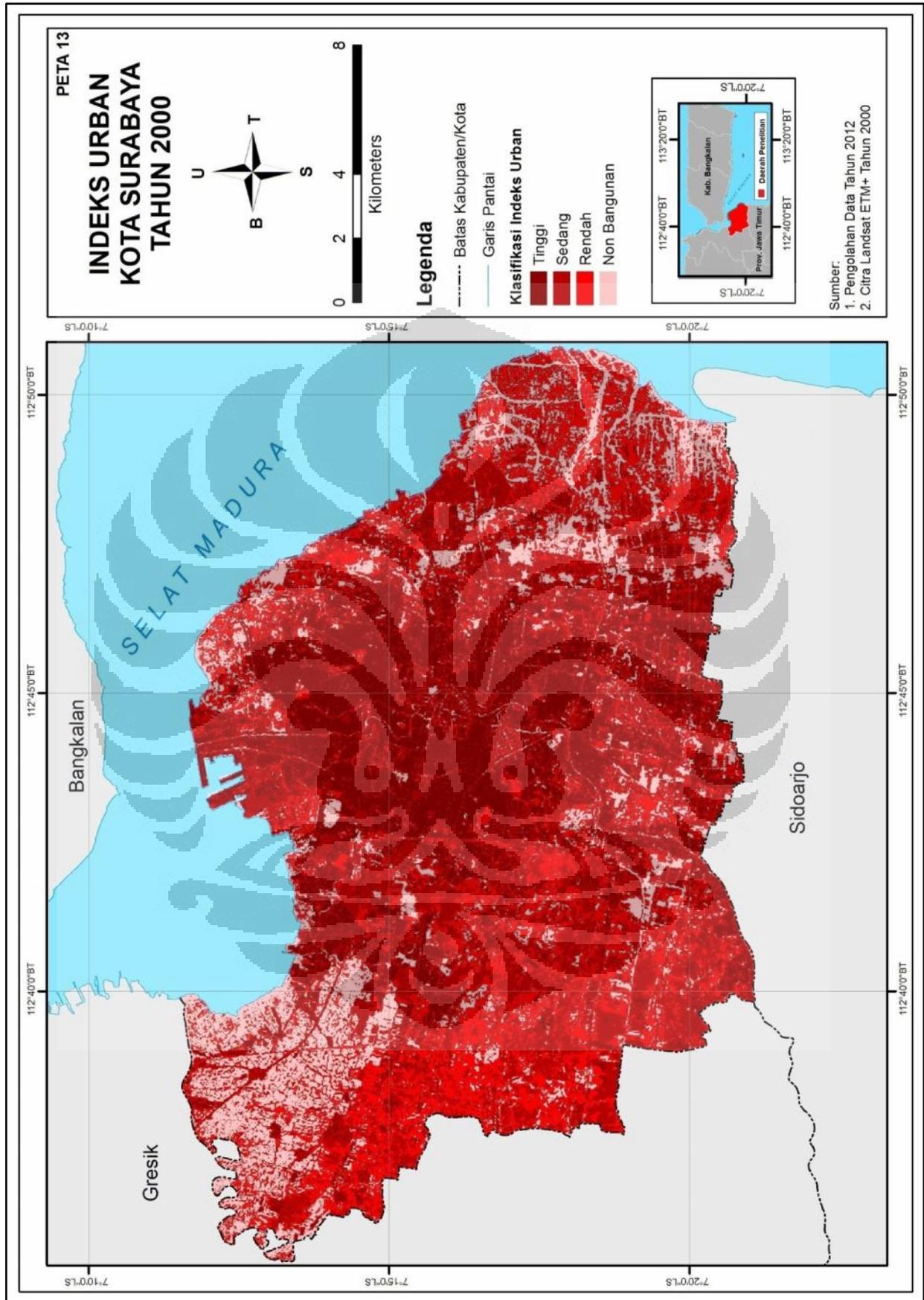


[Sumber: Dokumentasi Rizka NF, 2012]

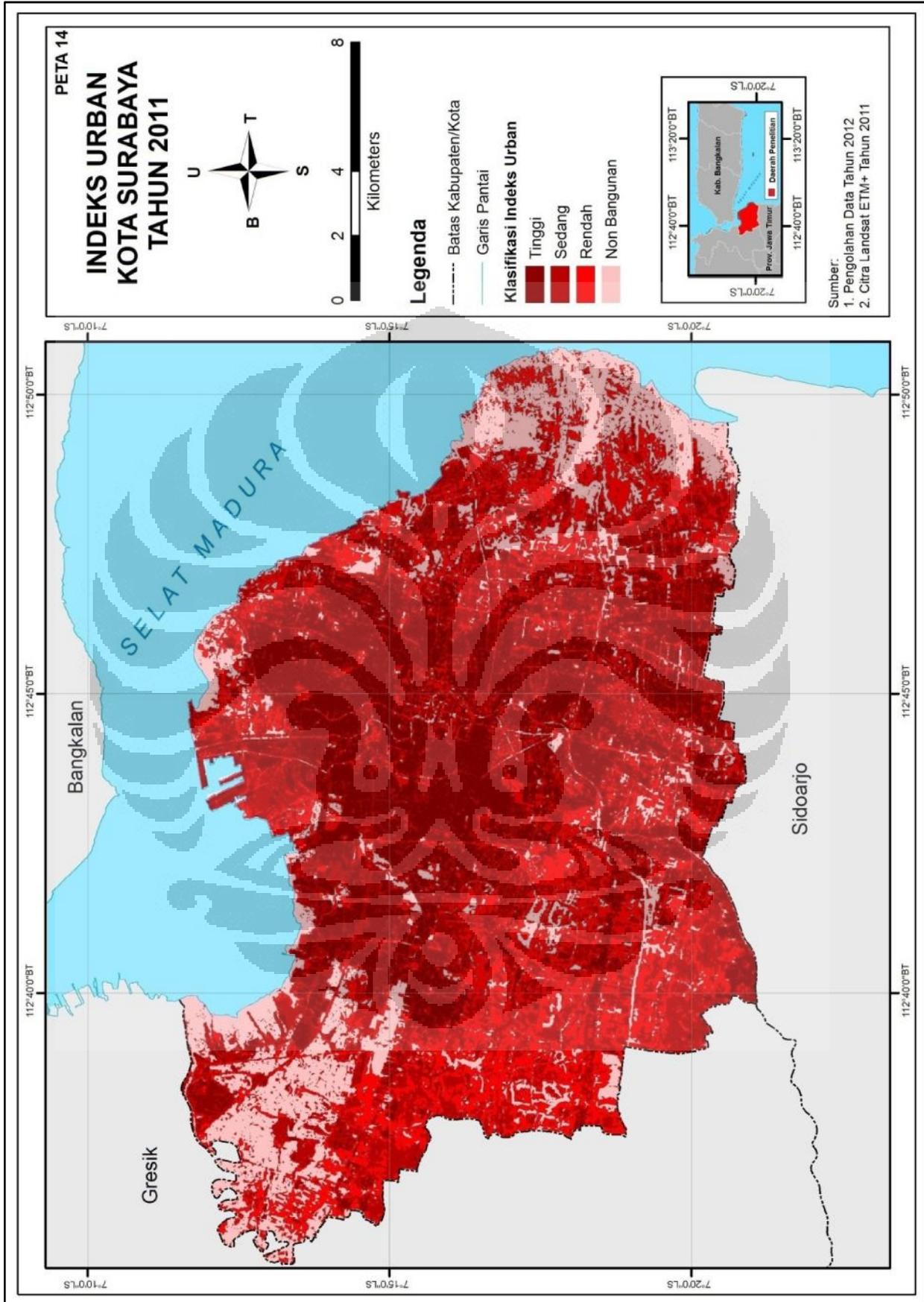
Gambar 5.12 Contoh Klasifikasi Kerapatan Bangunan di Lapangan (dari kiri ke kanan, atas ke bawah: Kepadatan Bangunan Tinggi (Pusat Kota) (a), Kepadatan Bangunan Rendah (Kec. Lakarsantri) (b), Non Bangunan (Tambak di Kec. Benowo) (c), Sawah Pasca Panen (Kecamatan Pakal) (d), Kepadatan Bangunan Sedang (Perumahan, Kec. Tandes (e)).



Gambar 5.13 Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 1994



Gambar 5.14 Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 2000



Gambar 5.15 Peta Kerapatan Bangunan Kota Surabaya Tahun 2011

Untuk menguji reabilitas NDVI dan Indeks urban, maka data NDVI dan Indeks urban pada tahun 2011 dibandingkan dengan data hasil verifikasi lapangan (Peta 1). Hasilnya dapat dilihat pada tabel 5.4 di bawah ini.

Tabel 5.5 Nilai NDVI dan Indeks Urban Hasil Survey Lapang

Lokasi Sampel	Koordinat		NDVI	IU	Kerapatan Vegetasi		Kerapatan Bangunan
	BT	LS			Proporsi Kanopi	Kerapatan Tajuk	
1	112°40'20.9"	7°20'58.2"	-0,28	103,16	1	1	4
2	112°47'11.5"	7°15'55.3"	0,13	91,52	3	2	2
3	112°45'7.90"	7°14'26.2"	-0,32	122,91	1	1	4
4	112°38'32.6"	7°12'21.3"	-0,29	87,50	1	1	1
5	112°41'29.3"	7°13'46.3"	-0,36	121,54	1	1	4
6	112°41'58.6"	7°15'58.2"	-0,28	118,03	2	1	4
7	112°37'56.7"	7°16'48.4"	0,01	87,04	3	2	2
8	112°41'22.7"	7°19'13.3"	0,32	59,99	4	4	1
9	112°43'43.6"	7°20'38.3"	0,12	93,02	3	2	2
10	112°46'49.6"	7°18'59.9"	0,25	63,52	3	2	1
11	112°47'3.60"	7°17'4.40"	-0,01	105,45	2	2	3
12	112°45'46.5"	7°15'33.9"	-0,28	127,94	1	1	4
13	112°45'45.2"	7°16'27.1"	-0,21	112,96	1	1	3
14	112°44'6.80"	7°17'34.9"	0,25	72,09	3	2	1
15	112°44'0.20"	7°18'58.6"	0,16	82,75	2	1	2
16	112°43'28.3"	7°16'23.2"	-0,28	126,40	1	1	4
17	112°37'9.50"	7°14'10.3"	0,08	77,78	3	2	2
18	112°42'22.5"	7°17'16.3"	0,36	73,50	3	2	2
19	112°40'44.2"	7°15'31.3"	0,19	99,03	3	2	3
20	112°44'12.8"	7°15'6.10"	-0,25	112,09	1	1	3
21	112°43'54.9"	7°12'2.70"	-0,29	112,77	1	1	3
22	112°45'22.6"	7°11'54.7"	0,28	66,67	4	4	1
23	112°45'59.7"	7°11'56.1"	0,21	65,45	4	4	1
24	112°49'23.1"	7°18'24.1"	0,17	81,25	3	2	2
25	112°48'31.3"	7°18'34.7"	0,12	74,42	3	2	1
26	112°48'17.9"	7°19'38.5"	-0,10	103,07	2	1	1
27	112°46'52.9"	7°19'53.1"	0,03	113,54	2	1	3
28	112°39'10.5"	7°12'22.6"	-0,32	115,79	1	1	3
29	112°37'44.1"	7°13'3.80"	-0,25	114,03	1	1	3
30	112°45'41.2"	7°19'43.8"	-0,29	127,27	1	1	4
31	112°40'2.90"	7°20'11.7"	0,17	87,27	3	2	2
32	112°37'48.8"	7°18'34.7"	-0,18	111,30	2	2	3
33	112°39'49.7"	7°18'44.0"	0,36	61,65	3	3	1
34	112°47'54.7"	7°14'46.1"	0,05	98,46	2	2	3
35	112°47'8.20"	7°14'34.2"	0,11	54,79	2	2	1
36	112°46'34.9"	7°13'3.80"	0,17	94,02	2	1	3
37	112°47'41.4"	7°17'58.8"	0,24	86,67	3	2	2
38	112°40'59.4"	7°18'16.1"	-0,19	115,33	2	1	3
39	112°39'41.0"	7°16'47.1"	0,13	95,57	3	2	3
40	112°36'58.3"	7°14'56.8"	0,15	98,25	3	2	3

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

## 5.4 Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya

### 5.4.1 Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994, 2000 dan 2011

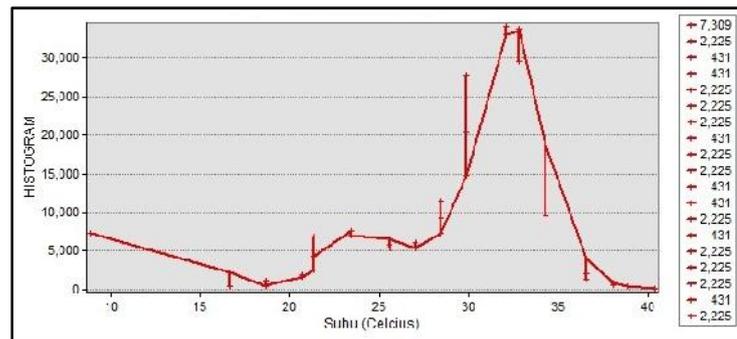
Berdasarkan hasil pengolahan citra satelit pada tanggal 24 September 1994 pukul 09.02 WIB, dapat diketahui bahwa nilai suhu permukaan daratan terendah sebesar  $17,63^{\circ}\text{C}$  dan tertinggi sebesar  $39,42^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata suhu permukaan daratan sebesar  $28,26^{\circ}\text{C}$  dengan nilai standarnya deviasi sebesar  $4,63^{\circ}\text{C}$ .

Pada citra satelit tanggal 17 Agustus 2000 pukul 09.26 WIB, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai suhu permukaan dan standar deviasi lebih rendah dibandingkan pada tahun sebelumnya. Nilai suhu permukaan daratan terendah sebesar  $16,49^{\circ}\text{C}$  dan tertinggi sebesar  $30,37^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata suhu permukaan daratan sebesar  $24,28^{\circ}\text{C}$  dengan nilai standar deviasinya sebesar  $3,20^{\circ}\text{C}$ .

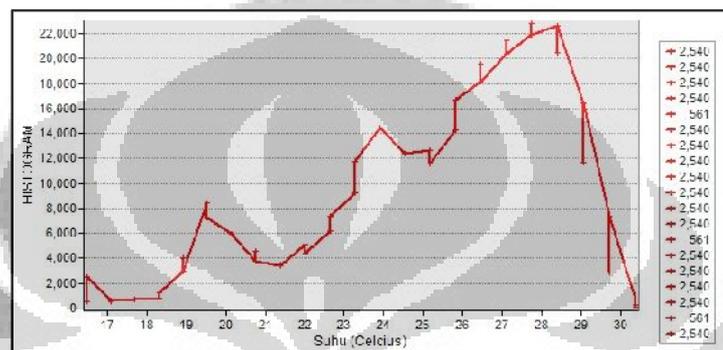
Pada citra satelit tanggal 1 September 2011 pukul 09.28 WIB, dapat diketahui bahwa rata-rata nilai suhu permukaan daratan lebih tinggi dibandingkan dengan dua tahun sebelumnya, walaupun nilai suhu permukaan tertingginya lebih kecil dibandingkan dengan tahun 1994. Nilai suhu permukaan daratan terendah sebesar  $18,37^{\circ}\text{C}$  dan tertinggi sebesar  $35,15^{\circ}\text{C}$ . Rata-rata suhu permukaan daratan sebesar  $29,51^{\circ}\text{C}$  dengan nilai standar deviasinya sebesar  $3,54^{\circ}\text{C}$ .

Disamping nilai statistik yang berupa angka-angka, data citra juga dapat ditampilkan dalam bentuk histogram untuk menunjukkan sebaran nilai suhu permukaan yang berada di sumbu X terhadap frekuensinya yang berada di sumbu Y. Histogram ini digunakan sebagai dasar penentuan kelas interval dalam proses klasifikasi. Klasifikasi ini dilakukan dengan melakukan pemotongan (*slicing*) histogram citra distribusi suhu permukaan baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011 (Gambar 5.16).

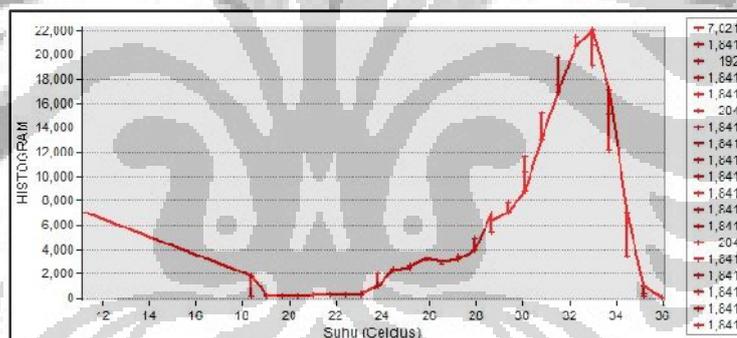
Berdasarkan pada ketiga histogram tersebut, maka klasifikasi suhu permukaan daratan dapat dibagi menjadi lima kelas yang dapat dilihat pada peta suhu permukaan daratan yang ada penjelasan di bawah ini (Peta 15, Peta 16, Peta 17).



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.16 Histogram Suhu Permukaan Tahun 1994 (a), 2000 (b), dan 2011 (c)

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Nilai suhu permukaan daratan yang diperoleh, baik pada tahun 1994, 2000 dan 2011, konsisten dengan data dari BMKG (Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5) dimana curah hujan dan kelembaban udara pada tahun 2000 lebih tinggi dibandingkan dengan tahun 1994 dan 2011, sehingga nilai suhu permukaan daratan yang dihasilkan menjadi lebih rendah pada tahun tersebut. Selain itu, hal ini bisa juga disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer sehingga mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam oleh sensor. Untuk tahun 1994 dan tahun 2011, hasil yang diperoleh konsisten

dimana rata-rata suhu permukaan yang dihasilkan pada tahun 1994 lebih rendah dibandingkan dengan suhu permukaan yang dihasilkan pada tahun 2011.

#### 5.4.2 Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 1994, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5.6 Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994

Kelas	Suhu Permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )	Luas	
		$\text{km}^2$	%
1	< 20	26,52	8,04
2	21 – 24	39,58	12,00
3	25 – 29	81,94	24,85
4	30 – 34	147,87	44,85
5	> 35	33,79	10,25

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Wilayah suhu pada kelas 4 mencakup 44,85% dari keseluruhan luas Kota Surabaya. Kemudian, diikuti oleh wilayah suhu kelas 3 yang mencakup 24,85%, kelas 2 yang mencakup 12,00%, kelas 5 (wilayah UHI) yang mencakup 10,25%, dan wilayah dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 8,04% dari wilayah penelitian.

Wilayah suhu kelas 1 dan 2 banyak terdapat di bagian barat daya dan timur Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa perairan darat di Kecamatan Benowo, sedangkan di sebelah timur berada sedikit di Kecamatan Gunung Anyar, Kecamatan Rungkut, dan Kecamatan Sukolilo yang berdekatan dengan garis pantai timur Kota Surabaya.

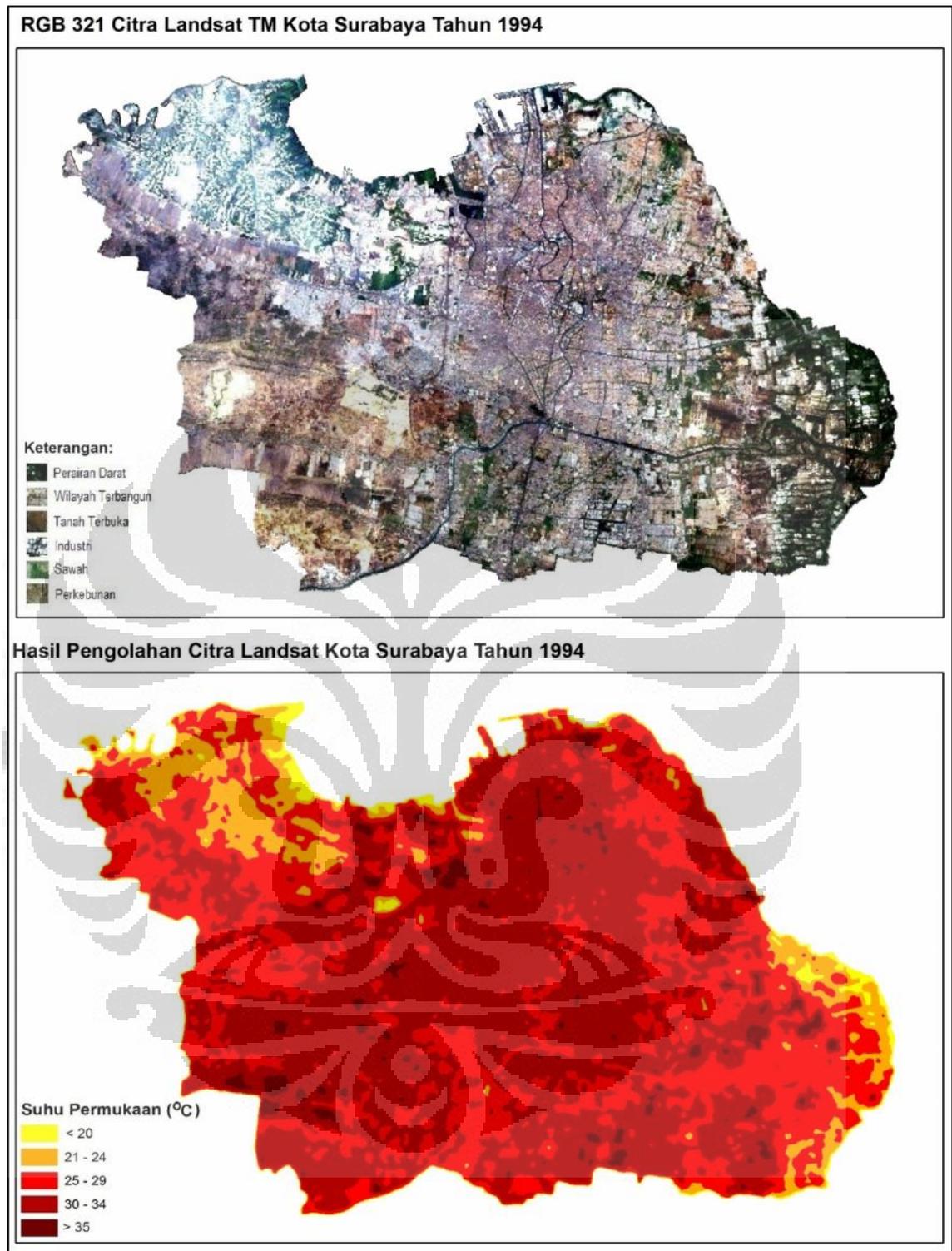
Wilayah suhu kelas 3 sebagian besar terdapat di daerah pinggiran kota (sub-urban) yang mayoritas tutupan lahannya berupa daerah pertanian, baik pertanian lahan basah ataupun pertanian lahan kering. Sebagai contoh, di bagian barat wilayah penelitian yaitu Kecamatan Pakal dan Kecamatan

Sambikerep sebagian besar penggunaan tanahnya didominasi oleh kebun campuran dan juga sawah. Kemudian, di bagian selatan yaitu Kecamatan Jambangan tutupan lahan yang ada berupa pertanian lahan basah yang berupa sawah. Di sebelah timur wilayah penelitian juga terdapat tutupan lahan yang berupa pertanian tanah kering.

Wilayah suhu kelas 4 merupakan wilayah suhu yang tersebar hampir diseluruh wilayah penelitian. Namun, wilayah suhu ini paling dominan terdapat di bagian utara sampai ke pusat kota yang tutupan lahannya berupa wilayah terbangun. Wilayah suhu ini tersebar di Kecamatan Pabean Cantian, Kecamatan Semampir, Kecamatan Bubutan, Kecamatan Sawahan, Kecamatan Tambaksari, Kecamatan Gubeng, dan Kecamatan Sukomanunggal.

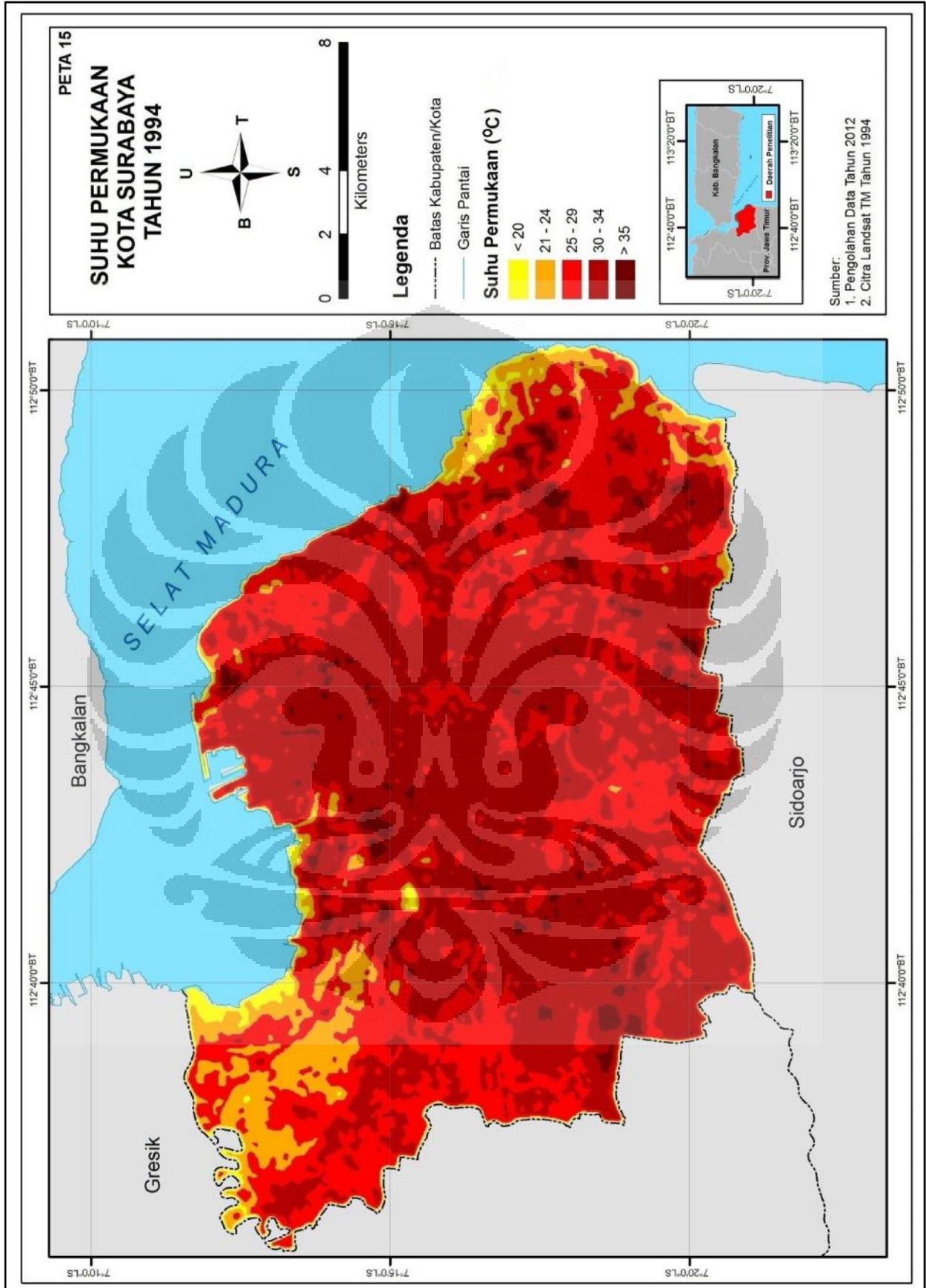
Wilayah suhu kelas 5 (wilayah UHI) memiliki luas wilayah yang sedikit dan hanya berbentuk strip-strip saja. Sebagai contoh, di bagian utara dan pusat kota yaitu di Kecamatan Krembangan, Kecamatan Asemrowo dan Kecamatan Tandes yang tutupan lahannya berasosiasi terhadap wilayah terbangun yang berupa permukiman padat, industri dan gudang industri. Di bagian selatan, wilayah terbangun berupa industri di Kecamatan Tenggilis Mejoyo. Di sebelah barat dan timur terdapat di Kecamatan Lakarsantri dan Kecamatan Sukolilo yang tutupan lahannya berupa pertanian lahan basah yang merupakan sawah.

Secara umum pola spasial suhu permukaan pada tahun 1994, yaitu wilayah dengan suhu permukaan tertinggi (wilayah UHI) terdapat hanya sebagian kecil di wilayah pusat kota yang penggunaan tanahnya berupa permukiman padat dan industri. Walaupun ada sebagian yang berada di sebelah barat dan timur wilayah penelitian yang penggunaan tanahnya yang berupa sawah. Hal ini mungkin disebabkan karena adanya perbedaan kondisi atmosfer yang mempengaruhi nilai pantulan obyek yang terekam pada sensor atau bahkan sawah yang mengering atau *pasca* panen yang memiliki struktur kanopi datar dan kerapatan tajuk jarang. Suhu permukaan terendah sebagian besar berada di bagian timur dan barat laut Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa badan air yang melintasi kota dan perairan darat. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 5.17 dan Peta 15.



Gambar 5.17 Perbandingan Citra Landsat TM Tahun 1994 Kota Surabaya  
Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]



Gambar 5.18 Peta Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 1994

### 5.4.3 Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 2000

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 2000, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5.7 Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 2000

Kelas	Suhu Permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )	Luas	
		$\text{km}^2$	%
1	< 18	11,40	3,52
2	19 – 21	37,72	11,65
3	22 – 24	61,75	19,07
4	25 – 27	75,55	23,34
5	> 28	137,34	42,42

[Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2012]

Wilayah suhu pada kelas 5 (wilayah UHI) mencakup 42,42% dari wilayah keseluruhan Kota Surabaya. Diikuti oleh wilayah suhu kelas 4 yang mencakup 23,24%, kelas 3 yang mencakup 19,07%, kelas 2 yang mencakup 11,65%, dan wilayah dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 3,52% dari wilayah penelitian.

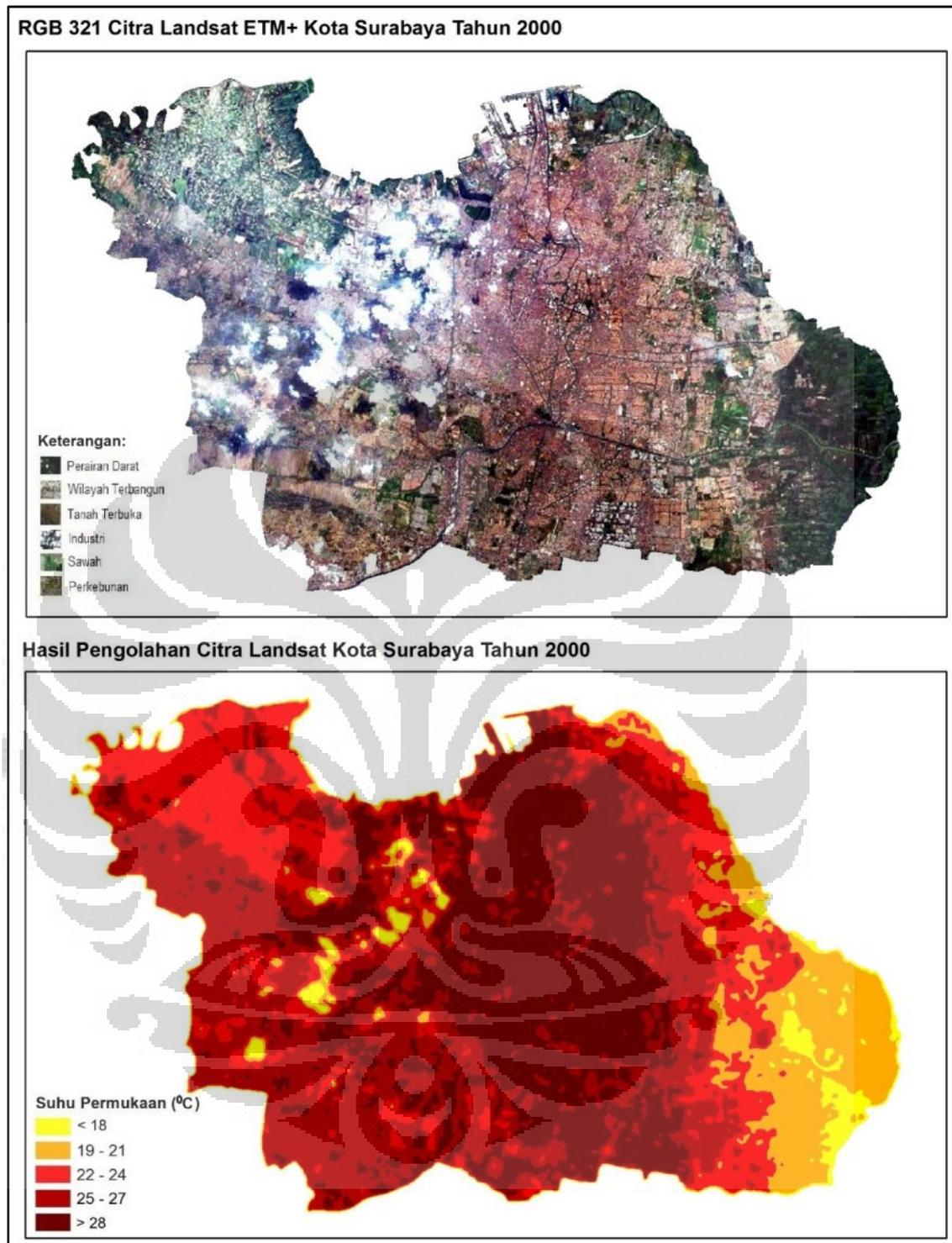
Wilayah suhu kelas 1 dan 2 mencakup luasan yang sangat sedikit terdapat di sebelah timur Kota Surabaya di Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Rungkut, dan Kecamatan Gunung Anyar dengan tutupan lahan berupa perairan darat. Di bagian barat wilayah penelitian terdapat pula wilayah suhu kelas 1, tetapi disebabkan karena adanya tutupan awan sehingga nilai suhu yang terekam pada sensor menjadi kecil dan mencapai nilai suhu minimum sebesar  $16,49^{\circ}\text{C}$ .

Wilayah suhu kelas 3 terdapat di daerah pinggiran Kota Surabaya. Tepatnya di bagian barat daya wilayah penelitian yaitu Kecamatan Benowo, bagian utara dari Kecamatan Kenjer, dan sedikit di bagian timur Kecamatan Sukolilo dan Kecamatan Rungkut. Tutupan lahannya sebagian besar berupa perairan darat.

Wilayah suhu kelas 4 erat kaitannya dengan wilayah suhu kelas 5, dimana wilayah suhu kelas 4 terlihat selalu mengelilingi wilayah suhu kelas 5 yang merupakan wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI). Wilayah suhu ini paling dominan terdapat di sebelah barat Kota Surabaya tepatnya di Kecamatan Lakarsantri dan Kecamatan Sambikerep yang tutupan lahannya sebagian besar berupa daerah pertanian yang berupa pertanian lahan basah (persawahan) dan pertanian tanah kering (kebun campuran).

Wilayah suhu kelas 5 merupakan wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) yang memiliki cakupan wilayah paling luas. Terdapat di wilayah utara yang memanjang sampai ke selatan Kota Surabaya yang meliputi Kecamatan Semampir, Kecamatan Pabean Cantian, Kecamatan Simokerto, Kecamatan Bubutan, Kecamatan Tambaksari, Kecamatan Genteng, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tegalsari, Kecamatan Sawahan, Kecamatan Sukomanunggal, Kecamatan Wonokromo, Kecamatan Wonocolo, dan Kecamatan Tenggiling Mejoyo. Di sebelah barat terdapat di Kecamatan Asemrowo, Kecamatan Tandes, dan Kecamatan Pakal. Di sebelah selatan terdapat di Kecamatan Karang Pilang. Pada umumnya, wilayah UHI ini berasosiasi dengan tutupan lahan yang berupa wilayah terbangun yaitu permukiman dan industri.

Secara umum, pola spasial suhu permukaan pada tahun 2000 yaitu wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) sebagian besar terdapat di wilayah pusat kota yang memanjang dari utara sampai ke selatan dengan tutupan lahan berupa wilayah terbangun. Terdapat pula sedikit di bagian barat dengan tutupan lahan berupa industri dan pertanian lahan kering. Suhu terendah terdapat di bagian timur dan barat laut Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa perairan darat dan badan air yang melintasi kota serta awan yang menutupi sebagian kecil wilayah penelitian. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Peta 16.



Gambar 5.19 Perbandingan Citra Landsat ETM+ Tahun 2000 Kota Surabaya  
Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]



#### 5.4.4 Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan Tahun 2011

Berdasarkan perhitungan yang diperoleh pada citra satelit tahun 2011, hasilnya dikelompokkan menjadi 5 kelas seperti yang ada pada Tabel 5.8 di bawah ini.

Tabel 5.8 Klasifikasi Suhu Permukaan Daratan Tahun 2011

Kelas	Suhu Permukaan ( $^{\circ}\text{C}$ )	Luas	
		$\text{km}^2$	%
1	< 21	9,86	2,98
2	22 – 25	15,64	4,73
3	26 – 28	44,89	13,59
4	29 – 31	66,47	20,12
5	> 32	193,56	58,58

[Sumber: Hasil Pengolahan Data, 2012]

Wilayah suhu kelas 5 (wilayah UHI) mencakup 58,58% dari keseluruhan luas wilayah Kota Surabaya. Diikuti oleh wilayah suhu kelas 4 yang mencakup 20,12%, kelas 3 yang mencakup 13,59%, kelas 2 yang mencakup 4,73%, dan wilayah dengan luas paling kecil yaitu kelas 1 yang hanya mencakup 2,98% dari wilayah penelitian.

Wilayah suhu kelas 1 mencakup luasan yang sangat sedikit terdapat di sebelah barat Kota Surabaya, tetapi hanya merupakan tutupan awan sehingga tidak terlalu berpengaruh. Wilayah suhu kelas 2 hanya terdapat sedikit di bagian timur Kota Surabaya tepatnya di bagian timur Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Rungkut, dan Kecamatan Gunung Anyar dengan tutupan lahan berupa perairan darat.

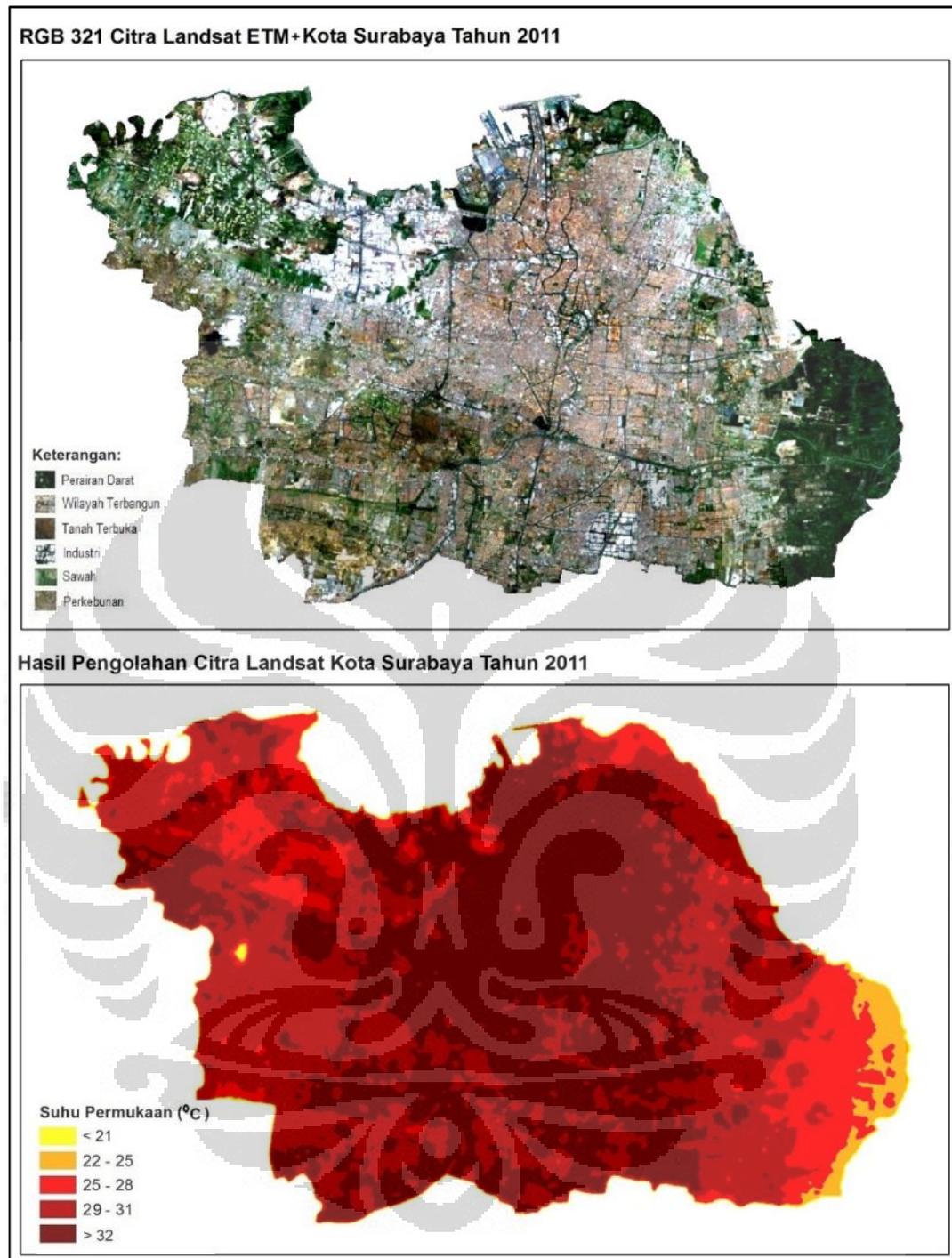
Wilayah suhu kelas 3 memiliki tutupan lahan yang sama dengan wilayah suhu kelas 2 yaitu berupa perairan darat. Namun wilayah suhu permukaan kelas 3 yang dominan berada di sebelah barat laut Kota Surabaya yaitu di Kecamatan Benowo. Sedangkan yang di sebelah timur, sama dengan wilayah suhu kelas 2 yaitu di bagian timur Kecamatan Sukolilo, Kecamatan Rungkut, dan Kecamatan Gunung Anyar dengan tutupan lahan berupa perairan darat.

Wilayah suhu kelas 4 erat kaitannya dengan wilayah suhu kelas 5, dimana wilayah suhu kelas 4 juga terlihat selalu mengelilingi wilayah suhu

kelas 5 yang merupakan wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI). Wilayah suhu ini paling dominan terdapat di sebelah barat Kota Surabaya tepatnya di Kecamatan Lakarsantri dan Kecamatan Sambikerep yang tutupan lahannya sebagian besar masih berupa daerah pertanian, baik itu pertanian lana basah (persawahan) dan pertanian tanah kering.

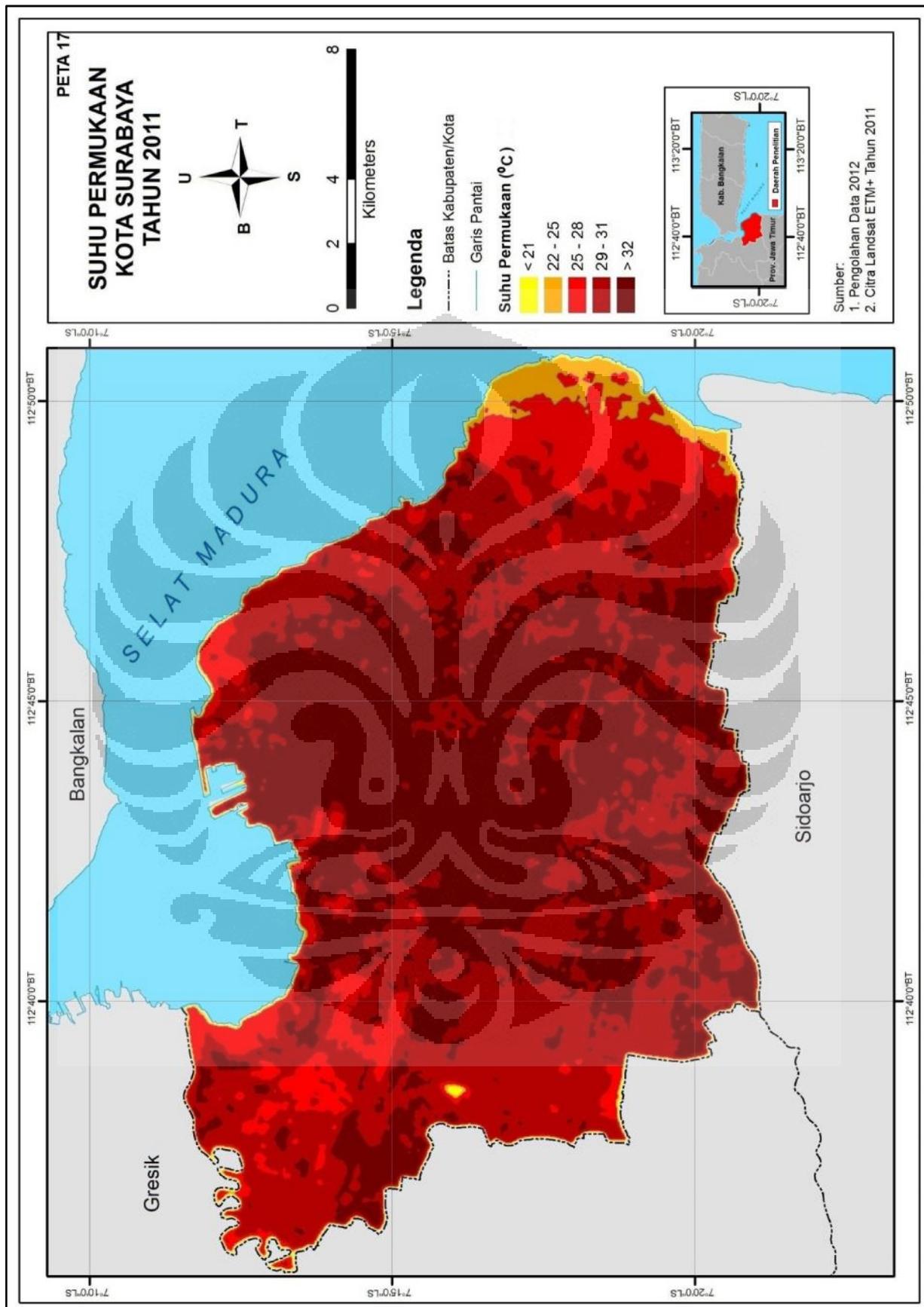
Wilayah suhu kelas 5 (wilayah UHI) memiliki cakupan wilayah paling luas. Pada tahun 2000, wilayah suhu ini hanya terdapat pada bagian utara dan memanjang sampai ke selatan Kota Surabaya. Namun, pada tahun 2011 mengalami perkembangan wilayah seiring dengan bertambahnya luasnya wilayah terbangun yaitu ke bagian barat dan timur yang meliputi Kecamatan Semampir, Kecamatan Pabean Cantian, Kecamatan Simokerto, Kecamatan Bubutan, Kecamatan Tambaksari, Kecamatan Genteng, Kecamatan Gubeng, Kecamatan Tegalsari, Kecamatan Sawahan, Kecamatan Sukomanunggal, Kecamatan Wonokromo, Kecamatan Wonocolo, dan Kecamatan Tenggilis Mejoyo. Di sebelah barat meliputi Kecamatan Asemrowo, Kecamatan Tandes, Kecamatan Benowo, dan Kecamatan Pakal. Sebelah selatan di Kecamatan Karang Pilang, Kecamatan Wiyung, dan Kecamatan Dukuh Pakis. Sebagian besar wilayah UHI ini berasosiasi dengan tutupan lahan yang berupa wilayah terbangun yaitu wilayah permukiman dan industri.

Secara umum, pola spasial suhu permukaan pada tahun 2011 mengalami perkembangan wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) ke arah barat dan timur Kota Surabaya dengan tutupan lahan berupa wilayah terbangun. Suhu terendah terdapat di bagian timur Kota Surabaya yang tutupan lahannya berupa perairan darat dan badan air yang melintasi kota serta awan yang menutupi sebagian kecil wilayah penelitian. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 5.21 dan Peta 17.



Gambar 5.21 Perbandingan Citra Landsat ETM+ Tahun 2011 Kota Surabaya  
Sebelum dan Sesudah Dilakukan Pengolahan

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]



Gambar 5.22 Peta Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Tahun 2011

#### 5.4.5 Perbedaan Pola Spasial Suhu Permukaan Daratan

Berdasarkan Tabel 5.6, Tabel 5.7 dan Tabel 5.8 dapat diketahui bahwa antara tahun 1994, tahun 2000 dan tahun 2011 telah terjadi perubahan suhu yang cukup signifikan. Wilayah suhu pada kelas 1 sampai 4 mengalami penurunan dari tahun ke tahun. Tetapi untuk wilayah suhu pada kelas 5 (wilayah UHI) sebaliknya, mengalami penambahan luas yang dari tahun ke tahun.

Perkembangan wilayah suhu permukaan pada kelas 5 (wilayah UHI) berawal dari pusat kota pada tahun 1994, kemudian memanjang hingga ke selatan pada tahun 2000, dan pada akhirnya mengalami keseimbangan wilayah suhu, dimana tidak hanya berkembang dari utara sampai ke selatan, tetapi juga mengalami perkembangan wilayah dari arah timur ke barat.

Pada peta di atas (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), terlihat jelas perbedaan suhu antara daerah *urban* (perkotaan) dengan daerah *rural* (perkampungan). Daerah *rural* yang bervegetasi, suhu permukaannya cenderung lebih rendah dibandingkan dengan daerah *urban* yang sebagian besar wilayahnya merupakan lahan permukiman. Daerah *sub-urban* permukiman yang tidak bervegetasi juga memiliki suhu permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah sekitarnya yang bervegetasi. Daerah tersebut juga dapat di sebut sub-pulau panas, dan dalam perkembangannya akan menjadi pulau panas yang baru, jika pengembangan perkotaannya tidak memperhatikan efek lingkungan.

Terjadinya perubahan wilayah UHI ini dianalisis sebagai akibat dari adanya perkembangan wilayah terbangun karena adanya globalisasi yang mendorong perpindahan daerah industri ke arah pinggir kota (karena tanah yang murah dan infrastruktur yang memadai), yang mengakibatkan multiplier efek yang besar terhadap bentuk dan struktur Kota Surabaya, dari kota yang dulunya cenderung berbentuk seperti pita dari utara ke selatan, kemudian dengan adanya pembangunan jalan arteri utama yang diciptakan dari arah timur ke barat menyebabkan adanya keseimbangan dalam bentuk kotanya.



[Sumber: Dokumentasi Rizka NF, 2012]

Gambar 5.23 Wilayah UHI di Pusat Kota Surabaya (Daerah Komersil di Tunjungan dan Wilayah Terbangun di Pusat Kota)



[Sumber: Dokumentasi Rizka NF, 2012]

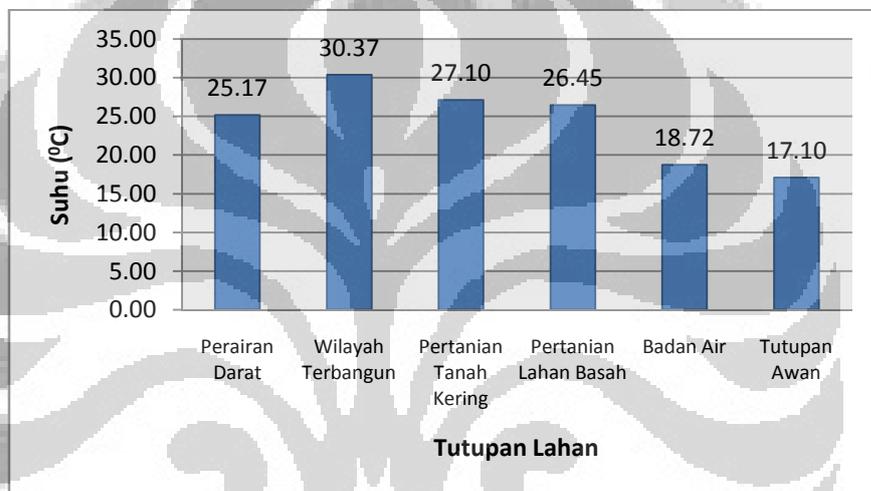
Gambar 5.24 Daerah Industri yang Berkembang di Pinggiran Kota (dari kiri ke kanan: Sentra Dagang dan Pertokoan Rungkut Industri di Kecamatan Rungkut dan Industri Keramik di Kecamatan Karang Pilang)

### 5.5 Hubungan Antara Suhu Permukaan Daratan dengan Tutupan Lahan Tahun 1994, 2000 dan 2011

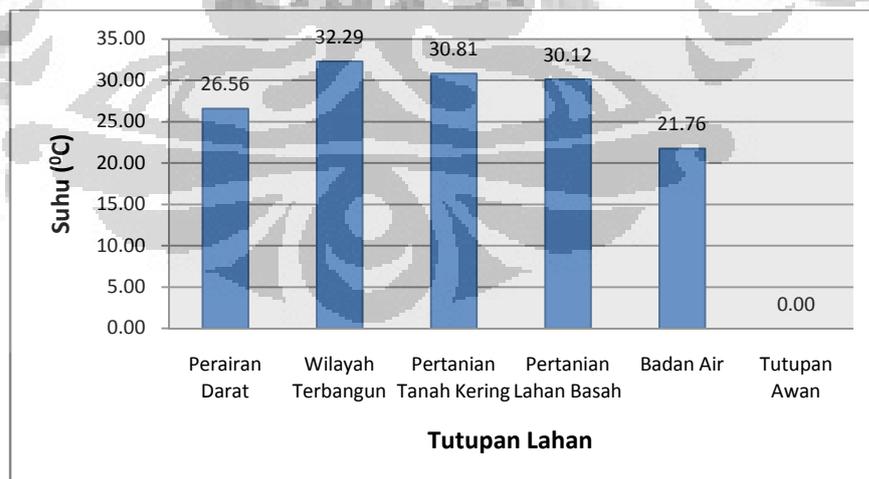
Berdasarkan hasil pengolahan data yang disajikan dalam bentuk peta tutupan lahan (Peta 6, Peta 7 dan Peta 8) dan peta suhu permukaan daratan (Peta 16, Peta 17 dan Peta 18) dapat dilihat bahwa wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) sangat berasosiasi dengan tutupan lahan yang berupa wilayah terbangun. Wilayah suhu yang terendah (kelas 1 dan 2) dapat dijumpai pada tutupan lahan berupa badan air dan perairan darat. Pertanian tanah kering dan pertanian lahan basah pada umumnya berada pada wilayah suhu kelas 3 dan kelas 4. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik di bawah ini.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.25 Grafik Korelasi Antara Tutupan Lahan dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994 (a), 2000 (b), dan 2011 (c)

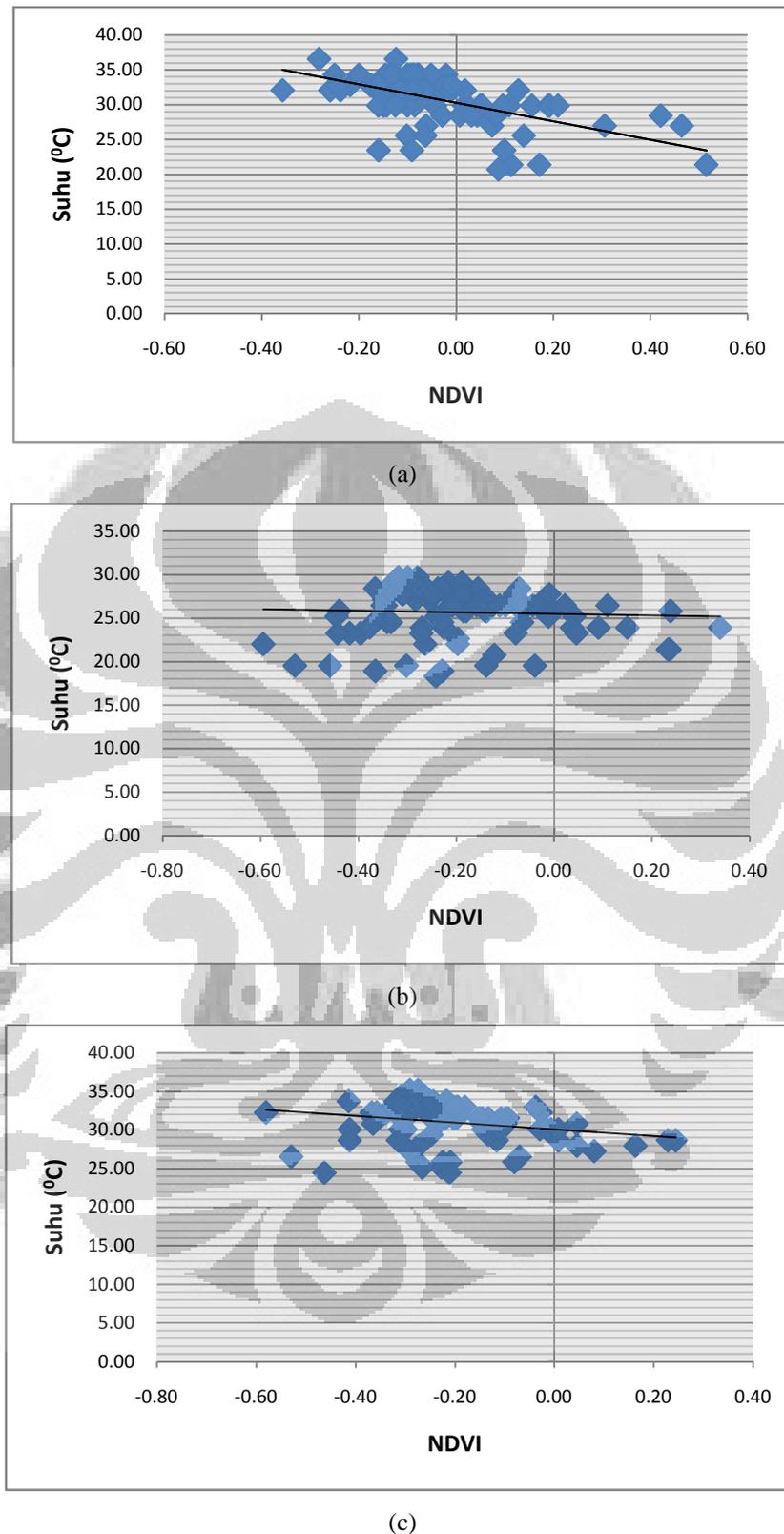
[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Tutupan lahan juga berpengaruh terhadap nilai albedo. Albedo merupakan besaran yang menggambarkan perbandingan antara sinar matahari yang tiba di permukaan bumi dan yang dipantulkan kembali ke angkasa dengan terjadi perubahan panjang gelombang (*outgoing longwave radiation*). Pada umumnya, albedo dikaitkan dengan perubahan iklim lokal, sehingga diperlukan analisis mengenai tutupan lahan (*landuse*) atau tutupan lahan (*landcover*) untuk mengetahui sejauh mana perubahan suhu yang terjadi yang nantinya akan berakibat terhadap perubahan iklim lokal.

Pada tutupan lahan yang heterogen seperti daerah perkotaan (*urban*), nilai albedo sangat dipengaruhi oleh sifat permukaan lahan yang ada. Pada umumnya, daerah perkotaan memiliki nilai albedo yang lebih besar dibandingkan dengan daerah pedesaan (*rural*) yang sebagian besar tutupan lahannya berupa daerah pertanian seperti perkebunan dan sawah, sehingga nilai albedo tersebut akan berpengaruh terhadap meningkatnya suhu permukaan dan akan berdampak pada terbentuknya pulau panas (*heat island*).

## **5.6 Hubungan Antara Suhu Permukaan Daratan dengan Kerapatan Vegetasi Tahun 1994, 2000 dan 2011**

Analisis secara spasial (kualitatif) dengan cara membandingkan antara peta kerapatan vegetasi (NDVI) terhadap peta suhu permukaan (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), menemukan bahwa pola spasial suhu permukaan daratan pola spasial kerapatan vegetasi (NDVI) memperlihatkan pola yang tidak jauh berbeda tiap tahunnya. Kerapatan vegetasi (NDVI) dan suhu permukaan daratan memiliki korelasi negatif. Artinya, semakin tinggi nilai NDVI, maka akan semakin rendah suhu permukaan daratannya. Begitu pula sebaliknya, semakin rendah nilai NDVI, maka akan semakin tinggi suhu permukaan daratannya. Pada Gambar 5.21 di bawah ini, terlihat jelas bahwa terdapat hubungan linier negatif antara kerapatan vegetasi (NDVI) dengan suhu permukaan daratan.



Gambar 5.26 Grafik Korelasi Antara Kerapatan Vegetasi (NDVI) dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994 (a), 2000 (b), dan 2011 (c)

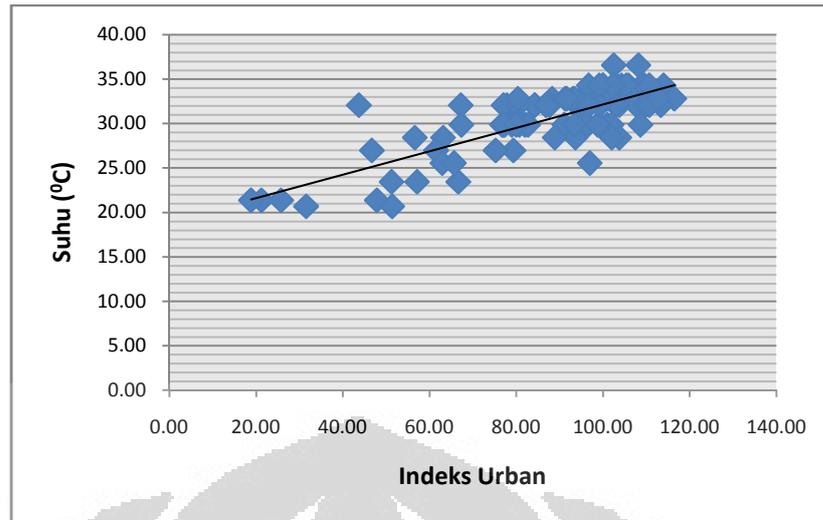
[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

Selain analisis secara kualitatif, dalam menganalisis hubungan antara suhu permukaan daratan terhadap kerapatan vegetasi, dilakukan pula analisis secara kuantitatif berupa metode analisis statistik. Analisis statistik digunakan untuk mengetahui kekuatan dan bentuk pengaruh antar variabel yang diuji. Analisis statistik yang digunakan yaitu berupa analisis uji korelasi *Pearson Product Moment*.

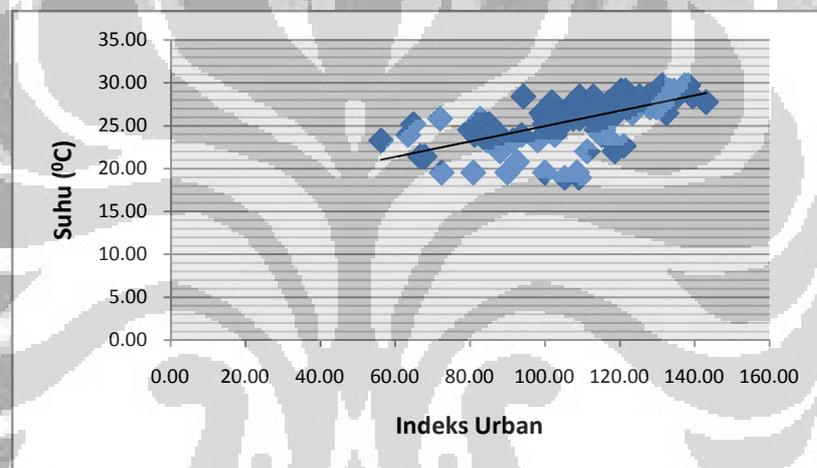
Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa dengan menggunakan taraf kepercayaan sebesar 99% diperoleh nilai  $r = -0,473$  untuk tahun 1994,  $r = -0,370$  untuk tahun 2000, dan  $r = -0,243$  untuk tahun 2011. Dengan demikian, hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai kerapatan vegetasi (NDVI) memiliki korelasi sedang dengan suhu permukaan untuk tahun 1994 dan 2000, serta memiliki korelasi lemah dengan suhu permukaan untuk tahun 2011.

### **5.7 Hubungan Antara Suhu Permukaan dengan Kerapatan Bangunan Tahun 1994, 2000 dan 2011**

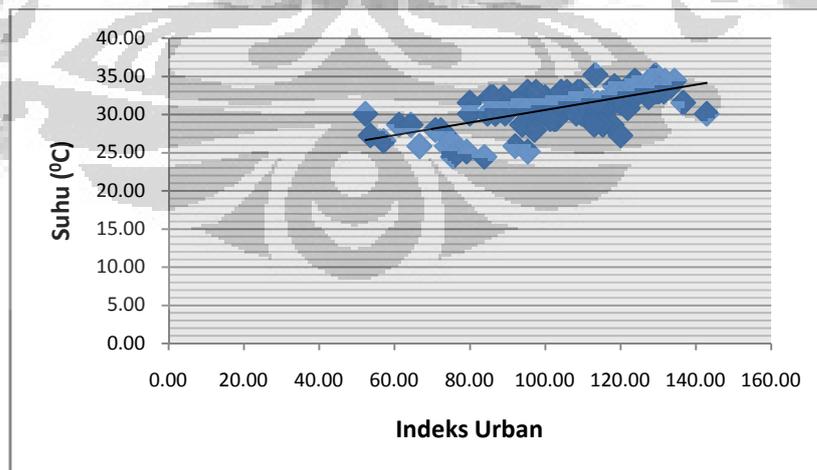
Analisis secara spasial (kualitatif) dengan cara membandingkan antara peta indeks urban (IU) terhadap peta suhu permukaan (baik pada tahun 1994, 2000 maupun 2011), menemukan bahwa pola spasial suhu permukaan daratan dan pola spasial indeks urban (IU) memperlihatkan pola yang tidak jauh berbeda. Indeks urban (IU) dengan suhu permukaan memiliki korelasi positif. Artinya, semakin tinggi nilai IU, maka akan semakin tinggi nilai suhu permukaannya. Begitu juga sebaliknya, semakin rendah nilai IU, maka akan semakin rendah nilai suhu permukaannya. Pada Gambar 5.22 di bawah ini, terlihat jelas bahwa terdapat hubungan linier positif antara indeks urban (IU) dengan suhu permukaan daratan.



(a)



(b)



(c)

Gambar 5.27 Grafik Korelasi Antara Indeks Urban dengan Suhu Permukaan Daratan Tahun 1994 (a), 2000 (b), dan 2011 (c)

[Sumber: Pengolahan Data, 2012]

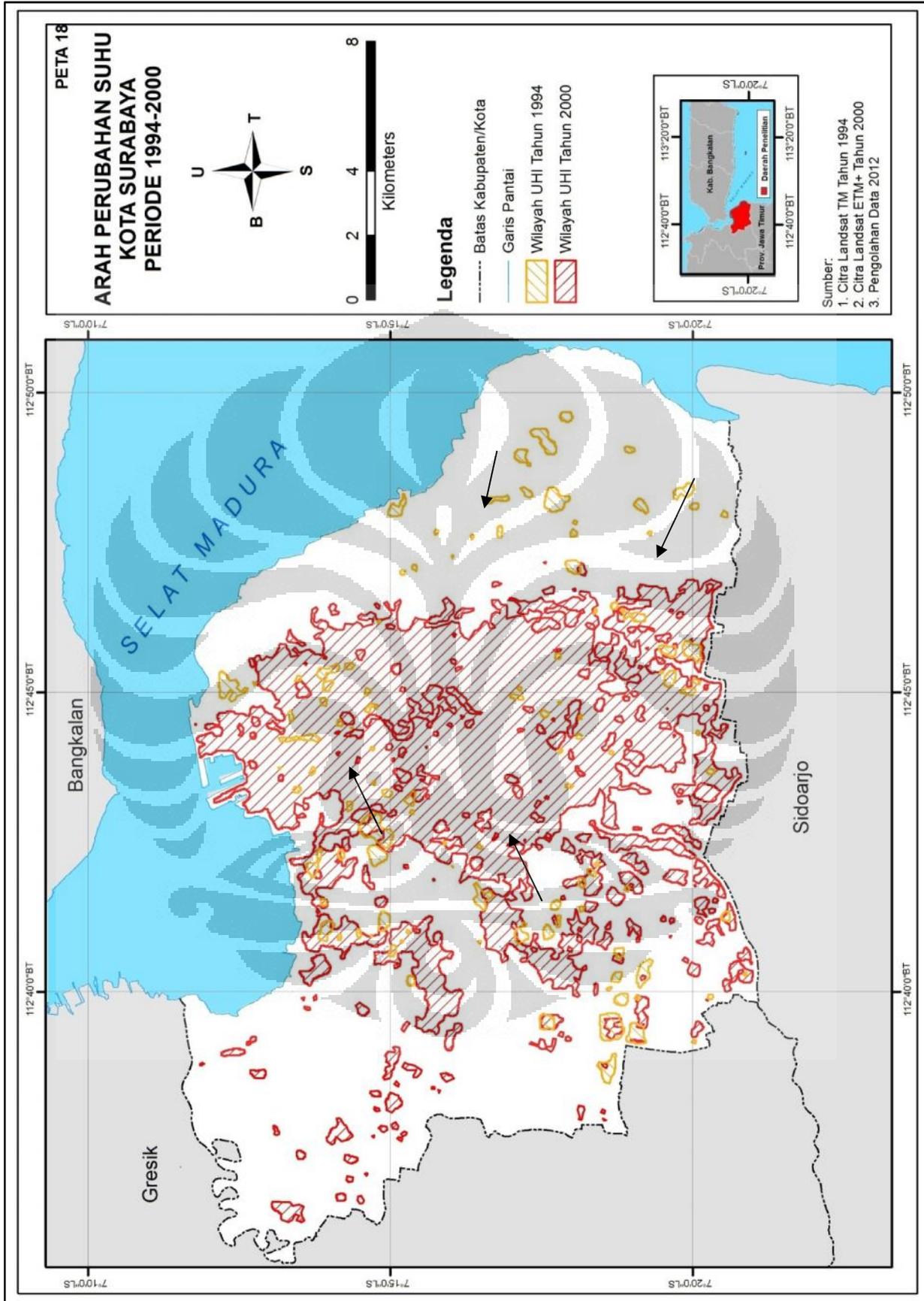
Selain analisis secara kualitatif, dalam menganalisis hubungan antara suhu permukaan dengan kepadatan bangunan juga dilakukan analisis secara kuantitatif berupa metode analisis statistik. Analisis statistik digunakan untuk mengetahui kekuatan dan bentuk pengaruh antar variabel yang diuji. Analisis statistik yang digunakan yaitu berupa analisis uji korelasi *Pearson Product Moment*.

Berdasarkan hasil perhitungan dapat diketahui bahwa dengan menggunakan taraf kepercayaan sebesar 99% diperoleh nilai  $r = 0,795$  untuk tahun 1994,  $r = 0,551$  untuk tahun 2000, dan  $r = 0,681$  untuk tahun 2011. Dengan demikian, hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa nilai indeks urban (IU) memiliki korelasi kuat dengan suhu permukaan untuk tahun 2000 dan 2011, serta memiliki korelasi sempurna dengan suhu permukaan untuk tahun 1994.

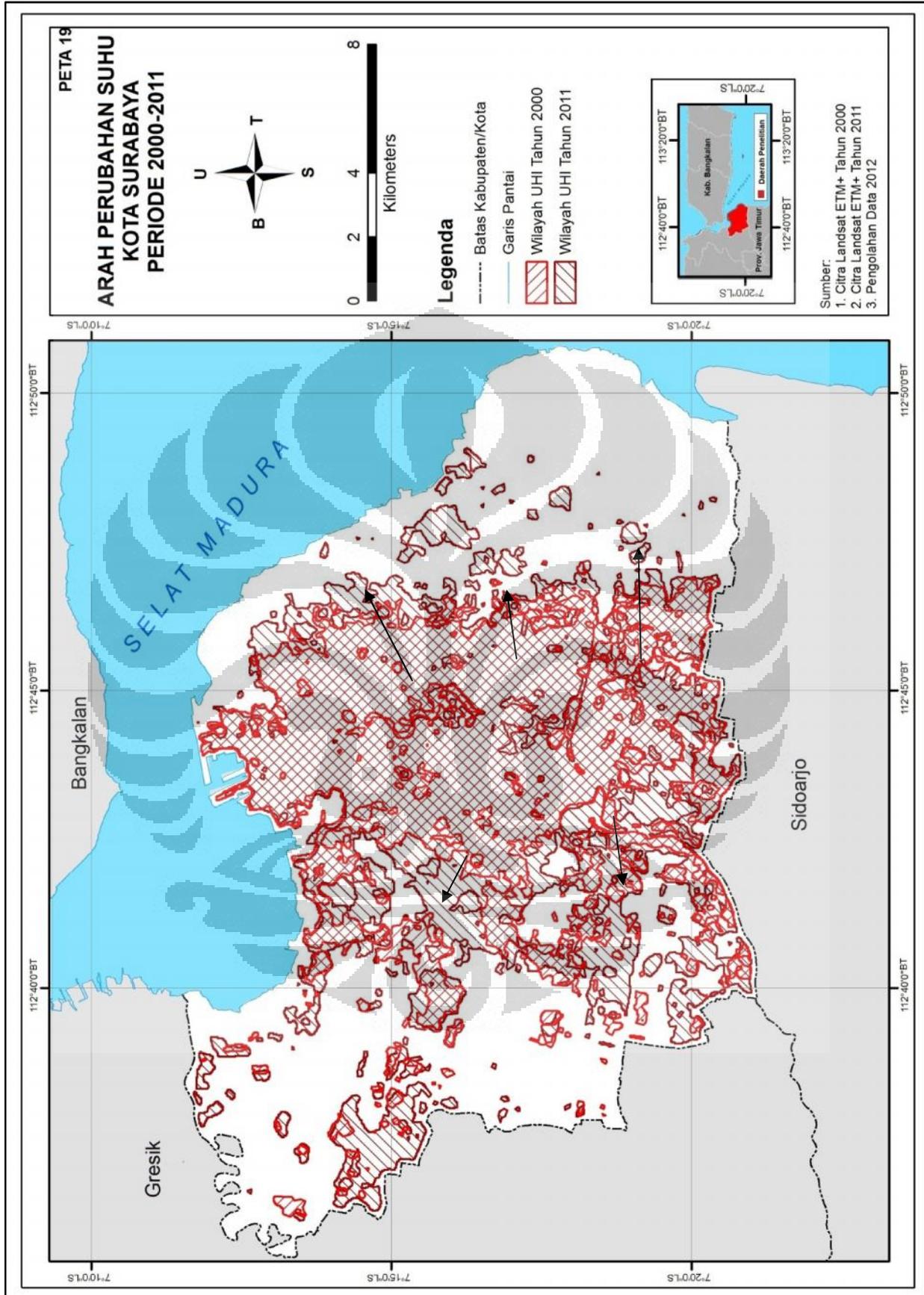
#### **5.8 Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Periode 1994-2000 dan 2000-2011**

Suhu permukaan daratan pada tahun 1994, 2000, dan 2011 (Peta 15, 16, dan 17) dapat dibagi menjadi 2 periode. Pada periode pertama, yaitu tahun 1994-2000, arah perubahan suhu permukaan meluas mengikuti arah perkembangan wilayah terbangun. Pada tahun 1994, wilayah suhu tertinggi (wilayah UHI) terkonsentrasi hanya sedikit di pusat kota (*urban*). Terdapat wilayah UHI di daerah pinggiran kota (*sub-urban*), namun bentuknya hanya berupa seperti strip-strip saja. Pada tahun 2000, seiring dengan adanya penambahan penduduk yang mengakibatkan semakin meluasnya wilayah terbangun, berdampak pada meningkatnya wilayah UHI menjadi mengelompok di pusat kota dari arah utara ke selatan (Peta 18).

Pada periode kedua, yaitu tahun 2000-2011, wilayah UHI yang tadinya hanya mengelompok dibagian utara-selatan menjadi semakin meluas ke arah barat-timur Kota Surabaya. Hal ini disebabkan karena semakin bertambahnya jumlah penduduk, sehingga wilayah terbangun semakin berkembang ke arah tersebut. Wilayah UHI yang tadinya mengelompok di pusat kota semakin meluas ke arah barat-timur Kota Surabaya, seiring dengan adanya perkembangan wilayah terbangun pada tahun 2011 (Peta 19).



Gambar 5.28 Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Periode 1994 - 2000



Gambar 5.29 Arah Perubahan Suhu Permukaan Daratan Kota Surabaya Periode 2000 - 2011

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN**

Suhu permukaan daratan (SPD) di Kota Surabaya pada tahun 1994, 2000 dan 2011 memiliki pola spasial yang relatif sama sesuai dengan perkembangan daerah urban, dimana wilayah SPD tinggi (wilayah UHI) cenderung terkonsentrasi di bagian pusat kota. Pada tahun 2011, wilayah UHI bertambah luas dengan pola acak di bagian barat dan timur Kota Surabaya.

Suhu permukaan daratan berkorelasi negatif dengan kerapatan vegetasi. Semakin tinggi suhu permukaan, maka semakin rendah kerapatan vegetasinya. Adapun korelasi suhu permukaan daratan terhadap kerapatan bangunan menunjukkan nilai positif. Semakin tinggi suhu permukaan, maka semakin tinggi pula kerapatan bangunannya. Suhu permukaan daratan rendah terdapat di bagian tepi wilayah penelitian yakni daerah pertanian lahan basah dan pertanian lahan kering yang mengindikasikan kerapatan vegetasi tinggi dan kerapatan bangunan rendah.

Arah perubahan suhu permukaan daratan pada periode 1994-2000 semakin meluas mengikuti arah perkembangan wilayah terbangun. Arah perubahan wilayah suhu permukaan daratan tinggi (wilayah UHI) pada periode 1994-2000 mengelompok di pusat kota dari arah utara sampai ke selatan. Pada periode 2000-2011, wilayah UHI semakin meluas ke arah barat sampai timur Kota Surabaya.

## DAFTAR PUSTAKA

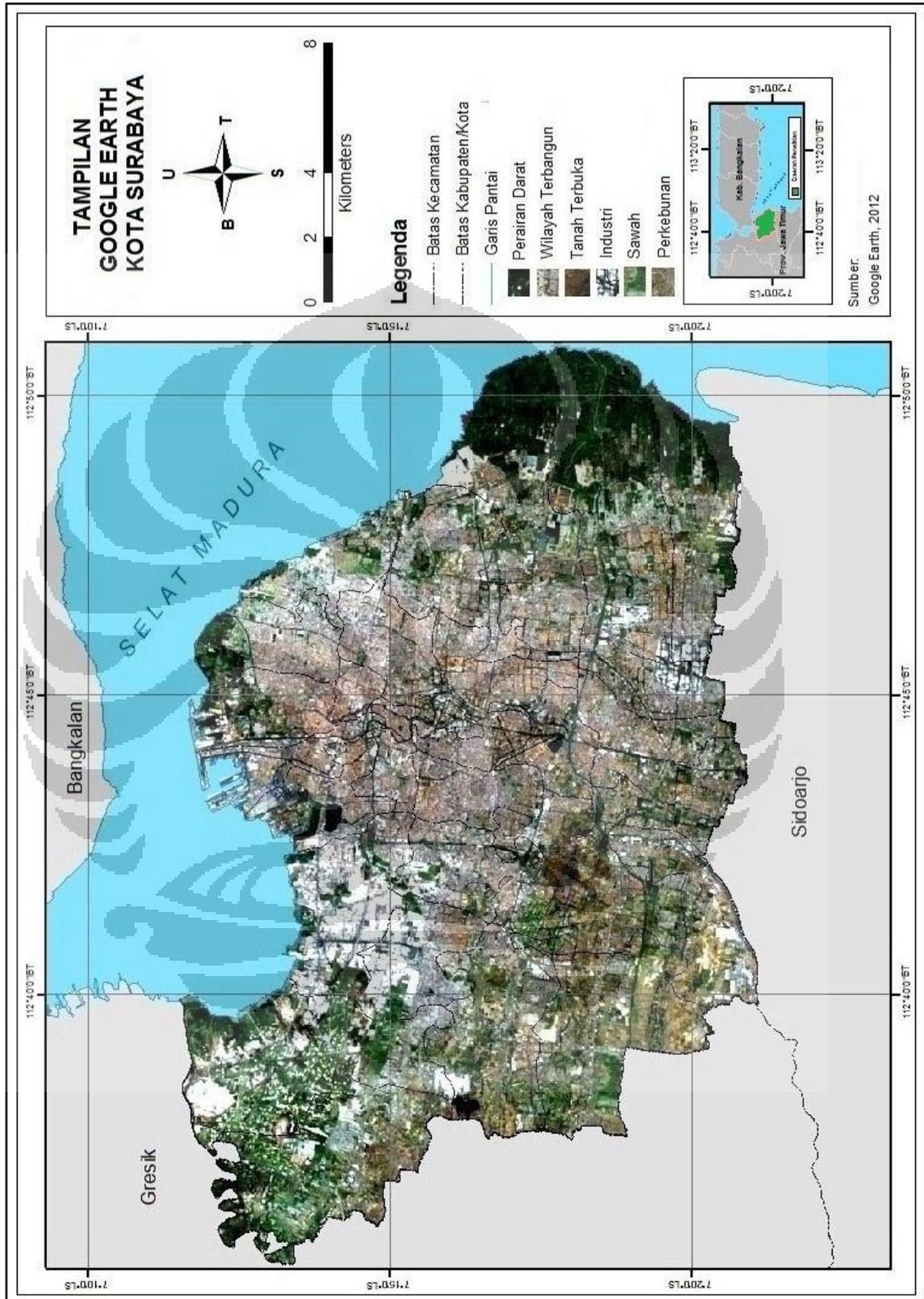
- Abubakar, B. (1991). *Pengelolaan dan Pendayagunaan Sumberdaya Tanah dan Air*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Adiyanti, S. (1993). *Kutub-Kutub Panas di Kota Jakarta*. Tesis Magister Program Studi Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana, Universitas Indonesia.
- Adiningsih, E.S. (1994). *Perkembangan Perkotaan dan Dampaknya Terhadap Kualitas Udara dan Iklim di Jakarta dan Sekitarnya*. Majalah LAPAN No. 68. Thn. XVII. Bulan Januari 1994. LAPAN, Jakarta. ISSN 0126-0480. 38 – 52.
- Bauman, P.R. (2001). *An Urban Heat Island: Washington, D.C.* Departement of Geography State University of New York College at Oneonta Oneonta, New York 13820.
- Becker, F & Z. L. Li. (1990). *Towards a Local Split Window Method Over Land Surfaces*. Int. J. Remote Sensing, 11:369-393
- Berst, C.L. & S.N. Goward. (1987). *Deriving Surface Albedo Measurements from Narrow Band Satellite Data*. International Journal of Remote Sensing Vol.8., No.2, Maret 1987.
- Bintarto, R. & Hadisumarno. (1991). *Metode Analisa Geografi*. Cetakan ke-4. Jakarta: LP3ES.
- Chen, X., Zhao H., Li. P., & Yin Z. (2005). Remote Sensing Image-Based Analysis of the Relationship Between Urban Heat Island and Land Use/Land Cover Changes, *Remote Sensing of Environment*, 104, 133-146.
- Danoedoro, P. (1996). *Pengolahan Citra Digital*. Yogyakarta, Fakultas Geografi, Universitas Gadjah Mada.
- Diharto, S. (1999). *Climate Variable and Its Relation to The Forest Fires Over Maritime Continent of Indonesia*. International Symposium Landuse Change and Forest Management for Mitigation of Disaster and Impact of Climate Change. PERHIMPI. Bogor.
- Geiger, R., R.H.Aron., & P.Todhunter. (1995). *The Climate Near the Ground (ed 4<sup>th</sup>)*. Friedr, Viewg and Sohn Verlagsgesselschaft mbH. Braunschweig/Wiesbaden.
- Handinoto. (1996). *Perkembangan Kota dan Arsitektur Kolonial Belanda di Surabaya 1870 – 1940*. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Kristen Petra Surabaya. Yogyakarta: Penerbit Andi.
- Handinoto & Hartono, S. (2007). *Surabaya Kota Pelabuhan (Surabaya Port City)*. Surabaya: Universitas Kristen Petra.

- Harsanugraha, W. K. (1992). *Parameter Albedo sebagai Dasar Observasi Karakteristik Obyek Penginderaan Jauh pada Citra AVHRR*. Warta LAPAN No. 30/31 Tahun XVII.
- Hidayat, H. (2006). *Distribusi Suhu Permukaan Kota Bandung*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Hutasoit, N. (2010). *Variasi Distribusi Suhu Permukaan Berdasarkan Tutupan Lahan di Metropolitan Mebidang (Medan, Binjai, Deliserdang) Tahun 2009*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Iswanto, P.A. (2008). *Urban Heat Island di Kota Pangkal Pinang tahun 2000 dan 2006*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Justice, C.O., J.R.G.Townshend., B.N.Holben & C.J.Tucker. (1985). *Analysis of Phenologi of Global Vegetation Using Meteorological Satellite Data*. International Journal Remote Sensing, 7(11): 121-1146.
- Kawamura, M., Jayamanna, S., & Tsujiko, Y. (1997). *Comparison of urban and enviromental condition in asian cities using satellite remote sensing data*. Proceeding of The 18<sup>th</sup> Asian Conference on Remote Sensing. Kuala Lumpur.
- Kerr, Y. H., Lagouarade, J. P., & Imbernon, J. (1992). *Accurate Land Surface Temperature Retrieval from AVHRR Data With Use of an Improved Split Window Alogaritm*. Remote Sensing of Environtment, 41, 197-209.
- Lansberg, H.E. (1981). *The Urban Climate*. International Geophysics Series. Vol. 28. Academic Press. New York. 275pp.
- Levin, N. (1999). *Fundamental of Remote Sensing*. Israel: Tel Aviv University.
- Lillesand, T.M. & R. Kiefer. (1994). *Remote Sensing and Image Interpretation*, 3<sup>rd</sup> edition. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Mora, F. (1999). *Land Surface Characteristic*. <http://www.calmit.unl.edu/storm/surface.htm>. [mora@tan.unl.edu].
- Morris, N. (1995). *Memahami Lingkungan Atmosfer Kita*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Nichol, J.E. (1996). *High Resolution Surface Temperature Patterns Related to Urban Morphology in a Tropical City: A Satellite-Based Study*. *Journal of Applied Meteorology*, 35, 135 – 146.
- Purwadhi, S.F. (2001). *Interpretasi Citra Digital*. Jakarta: PT.Grasindo.

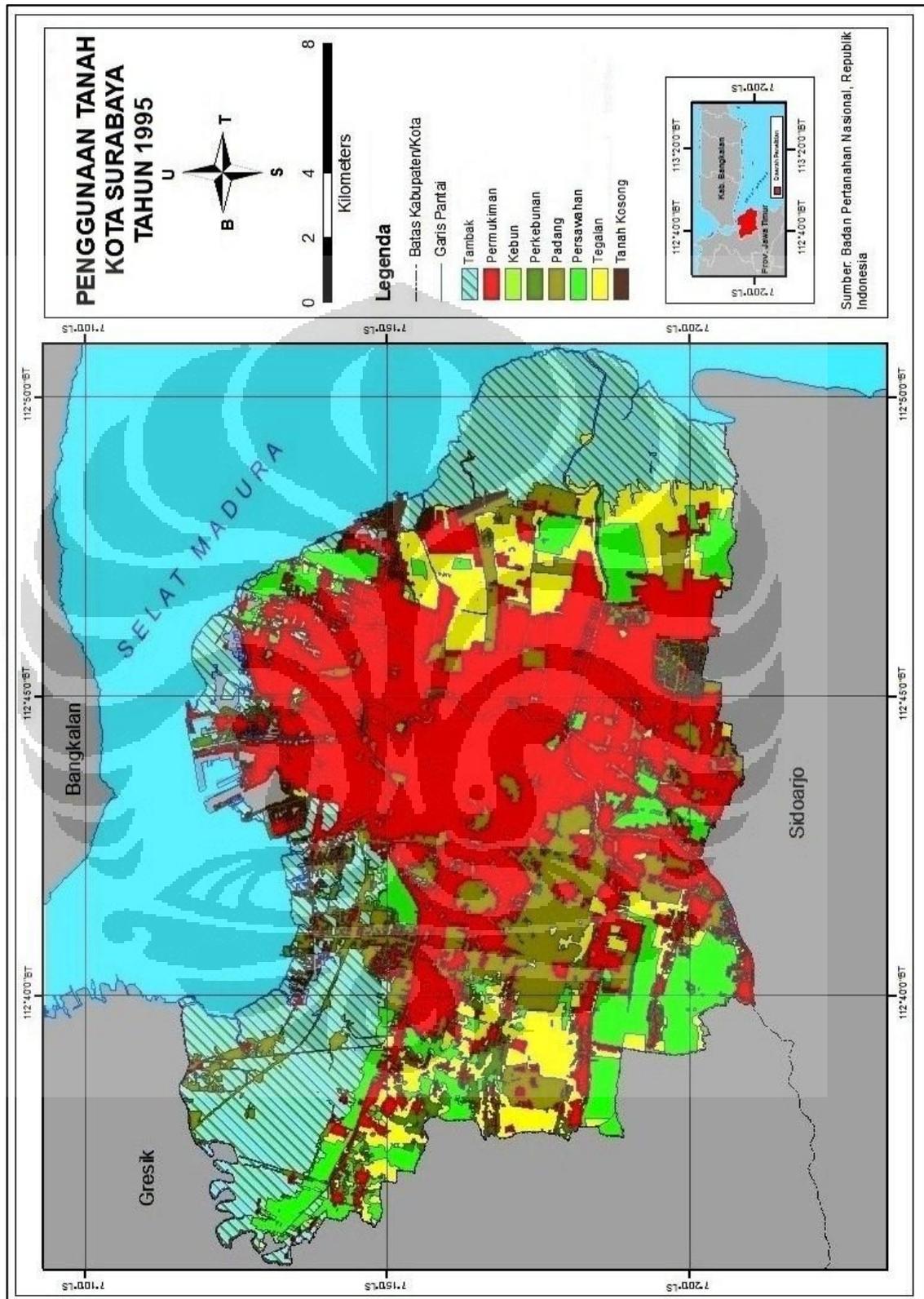
- Prasati, Indah. (2004). *Analisis Hubungan Penutup Lahan dan Parameter Turunan Data Penginderaan Jauh dengan Albedo Permukaan*. Tesis Magister Program Studi Ilmu Tanah, Program Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Risalah, N. (2010). *Keterkaitan Polutan Udara dan Suhu Permukaan Daratan serta Distribusinya di DKI Jakarta*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Rustiadi, E. (1996). *Land use Change in The Suburb Area (The case study ini Nagahama City, Shiga Prefecture, Japan and Jabotabek Area of Indonesia)*. A Thesis for Degree of Master of Agriculture. Division of Tropical Agriculture, Kyoto University.
- Triyanti. (2008). *Pola Suhu Permukaan Kota Semarang Tahun 2001 dan 2006*. Skripsi Sarjana Departemen Geografi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.
- Turner II, B.L., & Meyer, W.B. (1994). *Global Land-use and Land-cover Change: an Overview*. In W.B. Meyer and B.L. Turner II (Ed). *Changes in Land use and Land cover: A Global Perspective*. Cambridge, Britain.
- Tursilowati, Laras. (2008). *Urban Heat Island dan Kontribusinya Pada Perubahan Iklim dan Hubungannya dengan Perubahan Lahan*. Pusat Pemanfaatan Sains Atmosfer dan Iklim. LAPAN
- U.S. Environment Protection Agency. (2001). *Heat Island Effect*. EPA Global Warning Actions Local Heat Island Effect. U.S. EPA
- U.S. Global Change Research Program. (2001). *Our Changing Planet*. A Supplement to the President's Fiscal Year 2002 budget.
- Vink, A.P.A. (1975). *Land Use in Advancing Agriculture*. New York: Springer Verlag.
- Voogt, J.A. (2002). *Urban Heat Island*, In: Douglas, I. (ed) Volume 3, *Causes and Consequences of Global Environment Change*, In: Munn, T. (ed). *Encyclopedia of Global Environment Change*, Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. 606 – 666.
- Voogt, J.A. & T.R. Oke. (2003). Thermal Remote Sensing of Urban Climates, *Remote Sensing of Environment*, 86, 370 – 384.



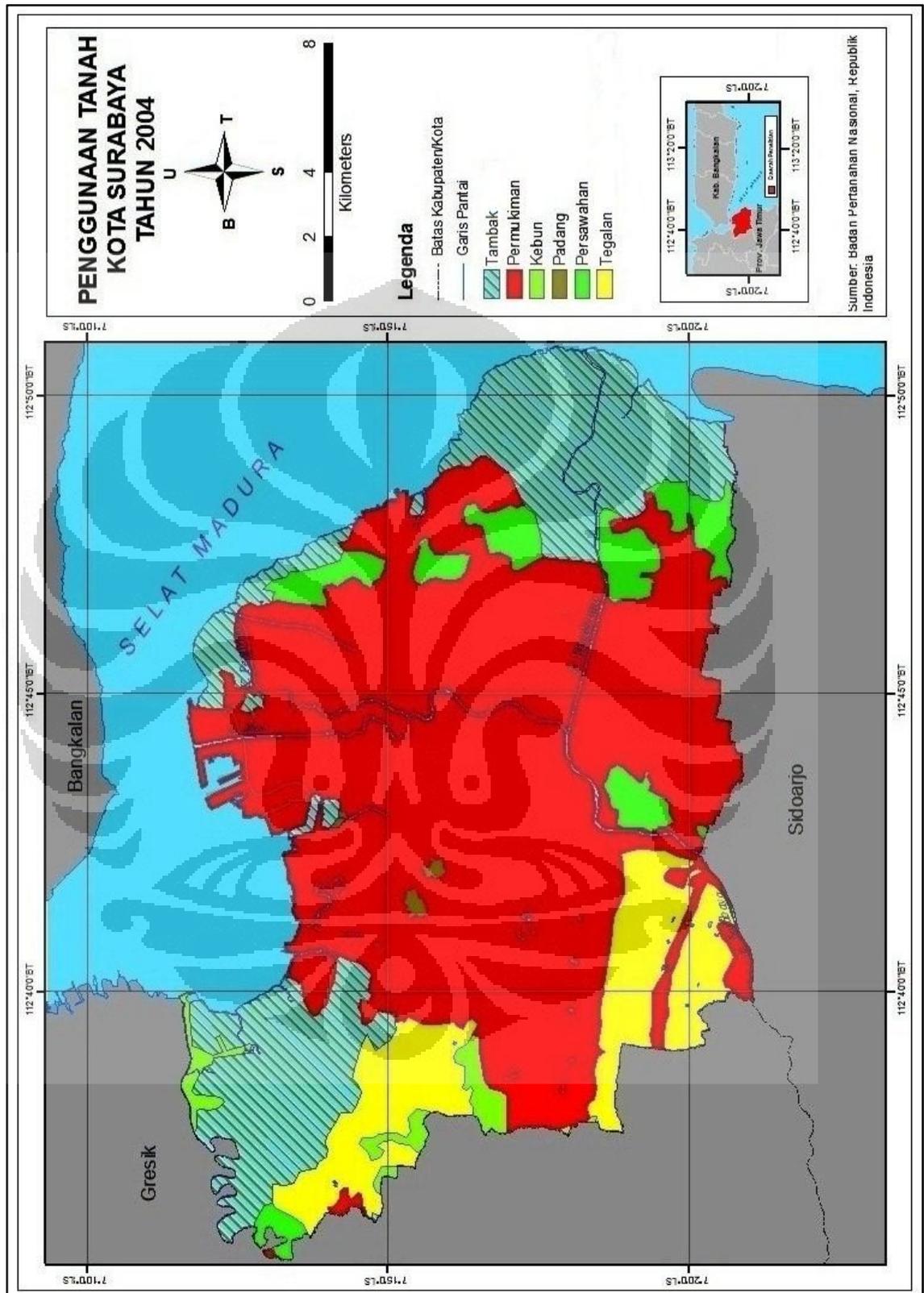
# Lampiran 1. Tampilan Google Earth Kota Surabaya



## Lampiran 2. Peta Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 1995



### Lampiran 3. Peta Penggunaan Tanah Kota Surabaya Tahun 2004



## Lampiran 4. Output SPSS

### 1. NDVI 1994

#### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
NDVI	-.0422	.14860	100
Suhu	30.6629	3.58386	100

#### Correlations

		NDVI	Suhu
NDVI	Pearson Correlation	1	-.473**
	Sig. (1-tailed)		.000
	Sum of Squares and Cross-products	2.186	-24.964
	Covariance	.022	-.252
	N	100	100
Suhu	Pearson Correlation	-.473**	1
	Sig. (1-tailed)	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	-24.964	1271.564
	Covariance	-.252	12.844
	N	100	100

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level

### 2. NDVI 2000

#### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
NDVI	-.1921	.16772	100
Suhu	108.4945	19.88712	100

#### Correlations

		NDVI	Suhu
NDVI	Pearson Correlation	1	-.370**
	Sig. (2-tailed)		.000
	Sum of Squares and Cross-products	2.785	-122.275
	Covariance	.028	-1.235
	N	100	100
Suhu	Pearson Correlation	-.370**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	-122.275	39154.265
	Covariance	-1.235	395.498
	N	100	100

\*\* Correlation is significant at the 0.01 level

### 3. NDVI 2011

**Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
NDVI	-.2085	.14111	100
Suhu	30.9971	2.55361	100

**Correlations**

		NDVI	Suhu
NDVI	Pearson Correlation	1	-.243**
	Sig. (1-tailed)		.007
	Sum of Squares and Cross-products	1.971	-8.683
	Covariance	.020	-.088
	N	100	100
Suhu	Pearson Correlation	-.243**	1
	Sig. (1-tailed)	.007	
	Sum of Squares and Cross-products	-8.683	645.573
	Covariance	-.088	6.521
	N	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level

### 4. INDEKS URBAN 1994

**Descriptive Statistics**

	Mean	Std. Deviation	N
Suhu	30.6629	3.58386	100
IU	88.7057	21.64552	100

**Correlations**

		Suhu	IU
Suhu	Pearson Correlation	1	.795**
	Sig. (2-tailed)		.000
	Sum of Squares and Cross-products	1271.564	6106.834
	Covariance	12.844	61.685
	N	100	100
IU	Pearson Correlation	.795**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	6106.834	46384.334
	Covariance	61.685	468.529
	N	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level

## 5. INDEKS URBAN 2000

### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Suhu	108.4945	19.88712	100
IU	13.5713	2.98207	100

### Correlations

		Suhu	IU
Suhu	Pearson Correlation	1	.551**
	Sig. (2-tailed)		.000
	Sum of Squares and Cross-products	39154.265	3232.230
	Covariance	395.498	32.649
	N	100	100
IU	Pearson Correlation	.551**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	3232.230	880.380
	Covariance	32.649	8.893
	N	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level

## 6. INDEKS URBAN 2011

### Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
Suhu	30.9971	2.55361	100
IU	104.8626	20.98072	100

### Correlations

		Suhu	IU
Suhu	Pearson Correlation	1	.681**
	Sig. (2-tailed)		.000
	Sum of Squares and Cross-products	645.573	3612.290
	Covariance	6.521	36.488
	N	100	100
IU	Pearson Correlation	.681**	1
	Sig. (2-tailed)	.000	
	Sum of Squares and Cross-products	3612.290	43578.879
	Covariance	36.488	440.191
	N	100	100

\*\* . Correlation is significant at the 0.01 level

**LAMPIRAN 5. DATA SUHU UDARA (°C) TAHUN 1994, 2000, 2011 STASIUN  
METEOROLOGI JUANDA, SURABAYA**

TAHUN	URAIAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1994	Rata-rata (°C)	26.9	27.0	26.7	27.9	27.2	26.5	25.6	25.8	26.6	28.5	29.9	28.6
	Maksimum (°C)	34.4	33.8	33.3	33.3	34.2	32.8	32.9	32.3	34.4	35.9	36.1	35.8
	Minimum (°C)	22.5	22.3	22.8	22.7	20.0	18.6	17.6	17.9	18.2	19.4	22.6	23.3
2000	Rata-rata (°C)	26.8	27.1	27.2	27.6	27.9	27.0	26.8	26.7	28.1	28.6	27.9	28.2
	Maksimum (°C)	33.8	32.8	33.9	32.8	32.6	32.0	32.1	32.7	34.4	34.4	33.4	35.2
	Minimum (°C)	22.4	22.6	22.3	23.0	23.0	21.2	20.2	20.7	21.6	22.6	23.3	23.2
2011	Rata-rata (°C)	27.0	27.0	27.1	27.4	27.7	26.8	26.6	26.3	26.3	29.0	28.6	27.8
	Maksimum (°C)	33.3	33.6	33.7	32.7	32.6	32.6	31.8	32.4	33.4	34.8	34.6	34.2
	Minimum (°C)	23.0	23.0	23.0	23.0	23.5	20.4	20.6	20.0	21.7	22.6	23.5	22.9

LAMPIRAN 6. DATA JUMLAH CURAH HUJAN (mm) TAHUN 1994, 2000, 2011 STASIUN METEOROLOGI  
JUANDA, SURABAYA

TAHUN	URAIAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1994	Jumlah C.H	687.2	362.0	459.0	149.0	2.0	-	-	5.0	-	-	56.0	-
	Jumlah H.H	26	23	25	9	1	-	-	1	-	-	6	-
2000	Jumlah C.H	539.8	302.8	273.2	235.1	179.7	35.6	2.5	-	-	187.5	191.2	232.9
	Jumlah H.H	26	17	18	17	15	5	1	-	-	8	21	11
2011	Jumlah C.H	230.5	212.8	398.5	140.8	156.8	31.3	30.7	-	-	9.7	260.9	317.1
	Jumlah H.H	22	21	26	23	13	3	4	-	-	2	14	16

**LAMPIRAN 7. DATA KELEMBABAN UDARA (%) TAHUN 1994, 2000, 2011 STASIUN  
METEOROLOGI JUANDA, SURABAYA**

TAHUN	URAIAN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGS	SEP	OKT	NOP	DES
1994	Rata-rata	84	88	85	79	73	73	72	71	67	66	69	77
	Maksimum	98	98	98	97	92	90	91	93	88	89	90	95
	Minimum	55	52	55	51	38	44	41	33	29	28	37	49
2000	Rata-rata	83	81	81	82	80	76	73	71	70	73	81	75
	Maksimum	93	88	89	86	87	86	79	76	76	94	95	95
	Minimum	73	74	71	75	73	69	60	64	65	33	57	35
2011	Rata-rata	81	74	83	83	80	75	75	72	71	68	77	81
	Maksimum	99	98	97	97	97	94	92	96	92	85	95	98
	Minimum	52	55	55	54	50	43	43	39	41	41	48	56

### Lampiran 8. Pemeriksaan atau Verifikasi Data Tutupan Lahan

Lokasi Survey	Tutupan Lahan		
	Citra Landsat	Citra Geo Eye	Verifikasi Lapang
1	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
2	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
3	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
4	perairan darat	tambak	tambak
5	wilayah terbangun	industri	industri
6	wilayah terbangun	industri	industri
7	pertanian lahan kering	pertanian lahan kering	permukiman
8	pertanian lahan basah	sawah	permukiman
9	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
10	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
11	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
12	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
13	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
14	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
15	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
16	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
17	pertanian lahan basah	sawah	permukiman
18	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
19	wilayah terbangun	industri	permukiman
20	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
21	wilayah terbangun	permukiman	perdagangan dan jasa
22	perairan darat	tambak	tambak
23	perairan darat	tambak	tambak
24	perairan darat	tambak	tambak
25	pertanian lahan kering	tambak	tambak
26	wilayah terbangun	permukiman	perairan darat
27	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
28	perairan darat	tambak	tambak
29	perairan darat	tambak	tambak
30	wilayah terbangun	industri	industri
31	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
32	pertanian lahan basah	sawah	sawah
33	wilayah terbangun	sawah	sawah
34	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
35	pertanian lahan basah	sawah	sawah
36	wilayah terbangun	permukiman	permukiman
37	pertanian lahan basah	sawah	sawah
38	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
39	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan
40	pertanian lahan kering	vegetasi jarang	kebun/tegalan