



UNIVERSITAS INDONESIA

**KEMAMPUAN RUANG HIJAU DALAM MENYERAP
GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂) DI KOTA DEPOK**

TESIS

SUKENTYAS ESTUTI SIWI

NPM : 1006734110

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
PROGRAM PASCA SARJANA ILMU GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2012**



UNIVERSITAS INDONESIA

**KEMAMPUAN RUANG HIJAU DALAM MENYERAP
GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂) DI KOTA DEPOK**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Master

SUKENTYAS ESTUTI SIWI

NPM : 1006734110

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
PROGRAM PASCA SARJANA ILMU GEOGRAFI
DEPOK
JULI 2012**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Tesis ini adalah hasil karya saya sendiri
Dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah
Saya nyatakan dengan benar

Nama : Sukentyas Estuti Siwi
NPM : 1006734110

Tanda Tangan : 

Tanggal : Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh:

Nama : Sukentyas Estuti Siwi

NPM : 1006734110

Program Studi : Magister Ilmu Geografi

Judul Tesis : Kemampuan Ruang Hijau Dalam Menyerap Gas Karbon
Dioksida (CO₂) di Kota Depok

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

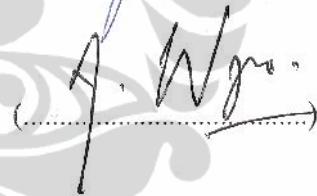
DEWAN PENGUJI

Ketua Sidang : Dr. Rokhmatuloh, M.Eng.



(.....)

Pembimbing I : Dr. Ir. Tarsoen Waryono, M.S.



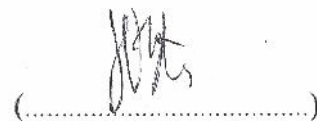
(.....)

Pembimbing II: Drs. Supriatna, MT



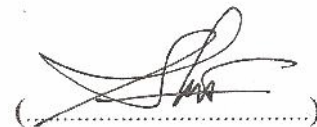
(.....)

Penguji I : Dr. Bambang Trisakti



(.....)

Penguji II : Drs. Sobirin, M.Si.



(.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal :

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Sains Departemen Geografi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dari berbagai pihak dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

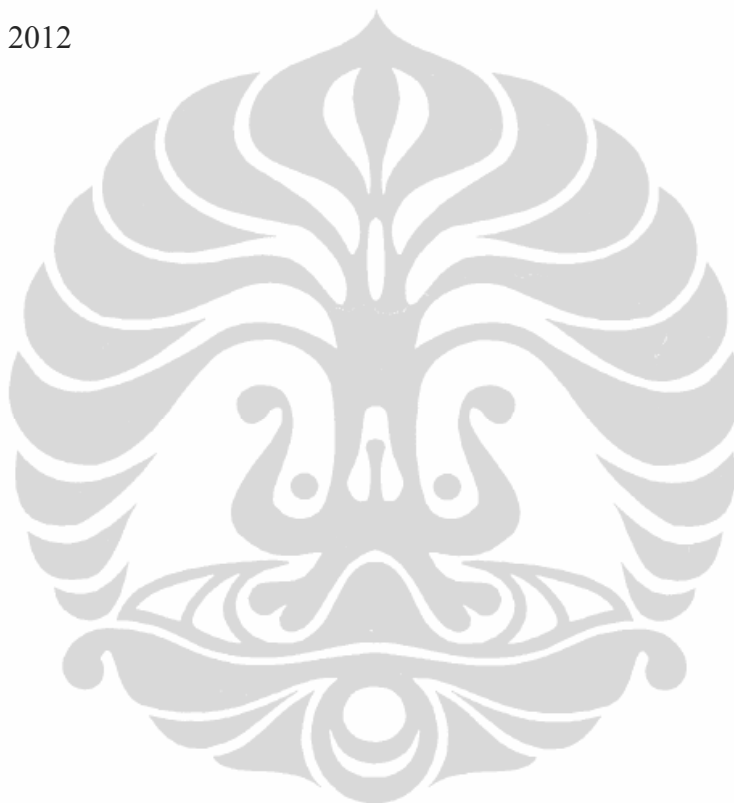
1. Dr. Rokhmatuloh, M.Eng selaku Ketua Penguji, Dr. Ir. Tarsoen Waryono, M.S. dan Drs. Supriatna, MT. selaku dosen pembimbing, serta Dr. Bambang Trisakti, MT dan Drs. Sobirin M.Si selaku dosen penguji, yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam penyusunan tesis ini;
2. Para Dosen Magister Ilmu Geografi yang telah mendidik dan membimbing penulis selama masa perkuliahan;
3. Dr. Orbita Roswintiarti selaku Kepala Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh LAPAN dan Drs. Kustiyo, M.Si selaku Kepala Bidang Teknologi dan Pengolahan Data LAPAN yang telah memberikan penulis kesempatan untuk melanjutkan sekolah ke jenjang S2.
4. Kepala Dinas Tata Ruang dan Permukiman Kota Depok, dan Kepala Bappeda Kota Depok, yang telah memberikan kemudahan dalam pencarian data dan informasi yang penulis butuhkan dalam penulisan tesis ini, serta Kepala Kantor Kesatuan Bangsa, Politik dan Perlindungan Masyarakat (Kesbangpol dan Linmas) Kota Depok yang telah memberikan izin penelitian kepada penulis.
5. Teman-teman seperjuangan selama kuliah di Magister Ilmu Geografi, terima kasih atas bantuannya selama masa kuliah dan selama proses penyusunan tesis ini.
6. Teman-teman di Pusat Teknologi dan Data Penginderaan Jauh dan Pusat Pemanfaatan Penginderaan Jauh LAPAN, terima kasih atas dukungan dan bantuan kalian selama saya menjalani kuliah.

7. Suami Ku Tercinta Wawan Kusnawan Harsanugraha beserta buah hati tercinta Syafitri Rystha Nugraha dan Vigenza Refqi Nugraha, yang selalu menemani dan memberikan dukungan serta doanya sampai terselesaikannya penelitian ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, Juli 2012

Penulis



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

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

Nama : Sukentyas Estuti Siwi
NPM : 1006734110
Program Studi : Magister Ilmu Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Tesis

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:

**KEMAMPUAN RUANG HIJAU DALAM MENYERAP
GAS KARBON DIOKSIDA (CO₂) DI KOTA DEPOK**

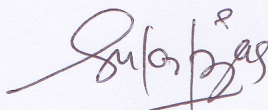
Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/ mengformat, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya tanpa meminta izin dari saya selama tetap mencantumkan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

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : Juli 2012

yang menyatakan



(Sukentyas Estuti Siwi)

ABSTRAK

Nama : Sukentyas Estuti Siwi
Program Studi : Magister Ilmu Geografi
Judul Tesis : Kemampuan Ruang Hijau Dalam Menyerap Gas Karbon
Dioksida
(CO₂) di Kota Depok

Ruang Hijau (RH) merupakan bagian penting bagi kehidupan masyarakat di wilayah perkotaan. Tesis ini meneliti tentang kemampuan ruang hijau dalam menyerap Gas Karbon Dioksida (CO₂) di wilayah Kota Depok dalam periode tahun 2000 sampai 2011. Data yang digunakan adalah data Landsat 7 ETM+ dan SPOT 4. Pengolahan awal meliputi koreksi geometris dan radiometris. Pengolahan tahap lanjut adalah menerapkan algoritma Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) untuk pemisahan antara obyek vegetasi dengan non-vegetasi. Analisis dilakukan untuk melihat perubahan ruang hijau antara tahun 2000 dan 2011, bagaimana hubungan antara NDVI dengan karakteristik tajuk, persentase tutupan vegetasi bawah dan biomassa lapangan. Hasil yang diperoleh selama kurun waktu 11 tahun (tahun 2000-2011) telah terjadi penurunan luas ruang hijau di wilayah Kota Depok sebesar 2.691,22 ha dengan semakin berkurangnya luas ruang hijau mengakibatkan menurunnya kandungan biomassa hijau sebesar 759.890 kg dan kemampuan ruang hijau tersebut dalam menyerap gas CO₂ sebesar 1.116.681 kg CO₂.

Kata Kunci: Ruang Hijau, Gas Karbon Dioksida (CO₂), NDVI, Biomass,

ABSTRACT

Name : Sukentyas Estuti Siwi
Study Program : Magister Ilmu Geografi
Title : Capability of green space to absorb Gas Carbon Dioxide (CO₂)
in Depok City

Green space (RH) is an important part of community life in urban areas. This thesis examines the ability of green space to absorb Carbon Dioxide (CO₂) Gas in Depok city in the period 2000 to 2011 using Landsat 7 ETM+ and SPOT-4 image. Images pre-processing are geometric and radiometric correction and then Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) for separating between objects non-vegetation and vegetation. Spatial and quantitative analysis were performed to see changes of green space and relationship between NDVI with canopy characteristics, the percentage of vegetation cover and biomass below ground. The results show that green space in Depok City in the period 2000 to 2011 decreased by 2.691.22 ha with the reduction in area of green space resulted in a decreased of the green biomass of 759.890 kg and the ability to absorb CO₂ gas 1,116,681 kg CO₂.

Key Word: Green Space, Carbon Dioxide (CO₂), NDVI, Biomass

DAFTAR ISI

	Halaman
UCAPAN TERIMA KASIH	i
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Penelitian	5
2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Siklus Karbon	7
2.2 Biomassa	9
2.3 Kemampuan Vegetasi Menyerap CO ₂	10
2.4 Teknologi Penginderaan Jauh	12
2.4.1 Penginderaan Jauh Satelit Landsat	13
2.4.2 Penginderaan Jauh Satelit SPOT	15
2.5 Penginderaan Jauh untuk Vegetasi	16
2.6 Indeks Vegetasi	17
2.7 Peranan Fungsi Jasa Komunitas Tumbuhan (RTH) sebagai Pengendali Lingkungan Fisik Kritis Perkotaan	19
2.8 Penelitian Terdahulu	21
3. METODE PENELITIAN	23
3.1 Kerangka Pemikiran	23
3.2 Bahan dan Alat	24
3.3 Jenis Data	25
3.4 Pengumpulan Data Lapangan	25
3.5 Pengolahan Data Citra Satelit	28
3.5.1 Koreksi Data Citra Satelit	28
3.5.2 Penajaman Kontras Citra	31
3.5.3 Pemotongan Citra (<i>Cropping Image</i>)	31
3.6 Klasifikasi Penggunaan Tanah	32
3.7 Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)	33
3.8 Uji Ketelitian Klasifikasi	34
3.9 Perhitungan Biomassa Lapangan	36
3.10 Perhitungan Kemampuan Penyerapan CO ₂	36
3.11 Analisis Data	37
3.11.1 Analisis Spasial	37
3.11.2 Analisis Kuantitatif	38
3.9.3 Analisis Kemampuan Menyerap CO ₂	36

3.10	Model Hubungan NDVI dengan Karakteristik Tajuk, Tutupan Vegetasi Bawah dan Biomassa	37
3.11	Diagram Alir Pengolahan Data	40
4.	GAMBARAN UMUM	41
4.1	Wilayah Administrasi	41
4.2	Potensi Fisik Wilayah	43
4.3	Kependudukan	45
4.4	Penggunaan Tanah	48
4.4	Ruang Terbuka Hijau	49
5.	HASIL dan PEMBAHASAN	55
5.1	Sebaran Ruang Hijau Kota Depok	55
5.2	Indeks dan Kerapatan Vegetasi	62
5.2.1	Indeks Vegetasi	62
5.2.2	Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)	67
5.3	Hubungan Indeks Vegetasi dengan Ruang Hijau	73
5.3.1	Hubungan NDVI dengan Karakteristik Tajuk	73
5.3.2	Hubungan NDVI dengan Persentase Tutupan Vegetasi Bawah	76
5.4	Biomassa Hijau	76
5.4.1	Hubungan Biomassa Hijau dengan NDVI	76
5.4.2	Estimasi Biomassa Hijau	77
5.4.3	Biomassa Hijau Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi	82
5.5	Kemampuan Menyerap CO ₂	83
6.	KESIMPULAN dan SARAN	91
	DAFTAR PUSTAKA	93
	LAMPIRAN	96

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Siklus Karbon di Alam	7
Gambar 2.2.	Kurva Pantulan Umum Vegetasi, Tanah, dan Air	13
Gambar 2.3.	Pola Spektral Beberapa Jenis Vegetasi	16
Gambar 3.1.	Kerangka Pemikiran	23
Gambar 3.2.	Citra satelit penginderaan jauh yang digunakan dalam penelitian	24
Gambar 3.3.	Peta Sebaran Titik Sampel	26
Gambar 3.4.	Metode Pengukuran Ketebalan Tajuk	27
Gambar 3.5.	Prinsip Trigonometri dan Pengukuran Ketebalan Tajuk	27
Gambar 3.6.	Citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 sebelum (a) dan sesudah (b) proses penajaman citra	32
Gambar 3.7.	Citra SPOT-4 tahun 2011 hasil pengolahan normalisasi dengan acuan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000	32
Gambar 3.8.	Diagram Alir Pengolahan Data	41
Gambar 4.1.	Peta Administrasi Wilayah Pemerintahan Kota Depok	43
Gambar 4.2.	Peta Kepadatan Penduduk Kota Depok	48
Gambar 4.3.	Peta Penggunaan Tanah Tahun 2009 Kota Depok	51
Gambar 4.4.	Peta Ruang Terbuka Hijau Kota Depok	54
Gambar 5.1.	Peta Sebaran Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2000	56
Gambar 5.2.	Peta Sebaran Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2011	57
Gambar 5.3.	Grafik Distribusi Ruang Hijau Menurut Kecamatan	58
Gambar 5.4.	Ruang Hijau Berupa Sawah di Kecamatan Sawangan dan Tegalan di Kecamatan Tapos	59
Gambar 5.5.	Ruang Hijau Lapangan Golf Pangkalan Jati, Kecamatan Cinere	59
Gambar 5.6.	Grafik Perubahan Luas Ruang Hijau Menurut Kecamatan	61
Gambar 5.7.	Blok Diagram Laju Perubahan Ruang Hijau di Kota Depok	61
Gambar 5.8.	Tipikal kurva reflektansi spektrum visibel dan inframerah-dekat dari vegetasi yang sehat dan mengalami gangguan pertumbuhan	63
Gambar 5.9.	Peta NDVI Tahun 2000 Kota Depok	65
Gambar 5.10.	Peta NDVI Tahun 2011 Kota Depok	66
Gambar 5.11.	Distribusi Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2000	68
Gambar 5.12.	Distribusi Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2011	69

Gambar 5.13.	Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Rendah	70
Gambar 5.14.	Lapangan dengan TKV Kategori Rendah di Kecamatan Pancoran Mas	70
Gambar 5.15.	Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Sedang	71
Gambar 5.16.	Belukar dengan TKV Kategori Sedang di Kecamatan Cimanggis	72
Gambar 5.17.	Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Tinggi	72
Gambar 5.18.	Hutan TVRI dengan TKV Kategori Tinggi di Kecamatan Sukmajaya	73
Gambar 5.19.	Grafik Hubungan Ketebalan Tajuk dengan NDVI	74
Gambar 5.20.	Grafik Hubungan Kerapatan Tajuk dengan NDVI	75
Gambar 5.21.	Grafik Hubungan Persentase Tutupan Tajuk dengan NDVI	75
Gambar 5.22.	Grafik Hubungan Tutupan Vegetasi Bawah dengan NDVI	76
Gambar 5.23.	Grafik Hubungan Biomassa Sampel dengan NDVI	77
Gambar 5.24.	Peta Tingkat Kandungan Biomassa Hijau Tahun 2000	79
Gambar 5.25.	Peta Tingkat Kandungan Biomassa Hijau Tahun 2011	80
Gambar 5.26.	Peta Kemampuan Serap CO ₂ Kota Depok Tahun 2000	86
Gambar 5.27.	Peta Kemampuan Serap CO ₂ Kota Depok Tahun 2011	87
Gambar 5.28.	Peta Perubahan Kemampuan Serap CO ₂ di Kota Depok	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Perkiraan Karbon Tersimpan di Bumi	8
Tabel 2.2.	Beberapa Metode untuk Menduga Biomasa	10
Tabel 2.3.	Daya Serap Vegetasi terhadap Gas CO ₂ di Beberapa Tipe Penutup Lahan	11
Tabel 2.4.	Karakteristik Satelit Landsat-7 ETM+	14
Tabel 2.5.	Karakteristik Panjang Gelombang Landsat-7 ETM+	14
Tabel 2.6.	Karakteristik Band dan Panjang Gelombang Citra SPOT-4	15
Tabel 3.1.	Jenis Data yang Dikumpulkan dalam Penelitian	25
Tabel 3.2.	Kelas Kerapatan Vegetasi	34
Tabel 3.3.	Matriks Kesalahan (Confueion Matrix)	34
Tabel 3.4.	Tingkat Hubungan Nilai Korelasi	39
Tabel 4.1.	Kecamatan di Kota Depok Berdasarkan Perda No 8 Tahun 2008 tentang Pembentukan Wilayah Kecamatan di Kota Depok	44
Tabel 4.2.	Jumlah Penduduk, Luas Wilayah, dan Kepadatan Penduduk	47
Tabel 4.3.	Penggunaan Tanah Kota Depok Tahun 2009	49
Tabel 4.4.	Luas Rencana Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Depok	52
Tabel 5.1.	Distribusi Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2000-2011	55
Tabel 5.2.	Luas Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya di Kota Depok	67
Tabel 5.3.	Estimasi Biomassa Hijau Menurut Kecamatan Tahun 2000-2011	81
Tabel 5.4.	Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi	83
Tabel L.1.	Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011	94
Tabel L.2.	Uji Ketelitian	99
Tabel L.3.	Sampel Lapangan, Biomassa Lapangan dan Nilai NDVI	100
Tabel L.4.	Biomassa Hijau Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi	103
Tabel L.5.	Perhitungan Kemampuan Menyerap CO ₂ Tingkat Kelurahan antara Tahun 2000 dan 2011 serta Perubahannya	107

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tingginya laju pertumbuhan Kota Jakarta sebagai ibukota negara memacu tumbuh berkembangannya Kota Depok, Bogor, Tangerang, dan Kota Bekasi sebagai wilayah penyangga. Pertumbuhan dan perkembangan tersebut menyebabkan proses alih fungsi (konversi) penggunaan lahan yang tidak dapat dihindari. Alih fungsi penggunaan lahan yang terjadi, umumnya hanya mempertimbangkan faktor ekonomi tanpa pertimbangan lainnya, sehingga sering menimbulkan fenomena permasalahan lingkungan hidup.

Tipikal permasalahan tumbuh berkembangnya lingkungan perkotaan sebagai penyangga ibukota negara, lebih cenderung disebabkan oleh (a) tingginya tingkat pertumbuhan penduduk terutama akibat laju urbanisasi, dan (b) meningkatnya kebutuhan tanah dan ruang. Keberadaan tersebut pada akhirnya mendesak ruang-ruang hijau alamiah yang diperankan sebagai penyangga kehidupan dan kenyamanan lingkungan wilayah perkotaan.

Sumarwoto (2002) menyebutkan bahwa tumbuh berkembangnya wilayah perkotaan dengan mendesak kawasan hijau alamiah dapat menyebabkan perubahan-perubahan unsur lingkungan, terutama iklim mikro. Lebih jauh dikatakan bahwa perubahan iklim mikro wilayah perkotaan, terutama di daerah tropis, disebabkan karena desakan dan hilangnya kawasan-kawasan hijau alamiah.

Penurunan kuantitas dan kualitas ruang terbuka publik, terutama Ruang Terbuka Hijau (RTH), mengakibatkan penurunan kualitas lingkungan hidup perkotaan dan mengindikasikan sebagai salah satu faktor penyebab terjadinya banjir, peningkatan pencemaran udara dan menurunnya produktivitas esensial Oksigen (O₂) yang diperlukan bagi semua kehidupan, baik manusia maupun kehidupan lainnya.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang, kebutuhan RTH di suatu perkotaan diharuskan mencapai 30% dari luas wilayahnya. Dalam UU tersebut diuraikan bahwa luas RTH tersebut dialokasikan 10% RTH di antaranya merupakan RTH Privat dan 20% lainnya merupakan RTH

Publik. Alasan mendasar besaran 30% RTH perkotaan, karena diyakini secara alamiah mampu mengatasi lingkungan fisik kritis di wilayah perkotaan.

Dalam konstelasi wilayah Jakarta – Bogor – Depok – Tangerang – Bekasi (Jabodetabek), bahwa Kota Depok selain sebagai penyangga Provinsi DKI Jakarta, juga difungsikan sebagai daerah resapan air. Keberadaan tersebut didukung oleh kondisi bio-geo-fisik wilayah kota Depok, termasuk potensi hujannya (Pemkot Depok, 2008).

Meningkatnya pusat-pusat kegiatan kota dan permukiman di Kota Depok sebagai bagian dari ruang/kawasan terbangun, menyebabkan meningkatnya intensitas pemanfaatan ruang dan alih fungsi lahan. Luas kawasan terbangun di Kota Depok tahun 2005 sebesar 10.013,86 ha (= 49,77% dari luas wilayah). Luasan tersebut pada hakekatnya merupakan perubahan dan peningkatan penggunaan tanah sebesar 3,59% dari data tahun 2000. Realisasi kawasan terbangun tahun 2010, tercatat 10.720,59 ha (53,28%) atau meningkat 3,63% dari data tahun 2005. Berbeda halnya terhadap kawasan tidak terbangun, pada tahun 2005 tercatat 10.106,14 ha (50,23%). Luasan tersebut pada hakekatnya merupakan peyusutan sebesar 0,93% dari data tahun 2000. Realisasi kawasan tidak terbangun pada tahun 2010 tercatat 9.399,41 ha (46,72%) atau menyusut 3,63% dari tahun 2005 (Perda Nomor 2 tahun 2006 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah /RPJMD).

Salah satu di antara isu-isu lingkungan yang kini hangat ditelaah dan terkait langsung dengan peranan fungsi jasa kawasan hijau, adalah terjadinya perubahan iklim, sebagai akibat dari proses dan peristiwa pemanasan global (*global warming*). Perubahan iklim dan pemanasan global yang terjadi, merupakan sebuah fenomena meningkatnya konsentrasi Gas Rumah Kaca (GRK) di atmosfer akibat berbagai aktivitas manusia. Selain penggunaan bahan bakar fosil, perubahan tata guna lahan dan hutan, juga kegiatan budidaya pertanian maupun peternakan. Salah satu GRK yang mempunyai kontribusi terbesar terhadap pemanasan global dan perubahan iklim adalah Karbon Dioksida (CO₂).

Menurut laporan *International Panel on Climate Change* (IPCC, 2001), pemanasan global merupakan fenomena meningkatnya suhu permukaan bumi akibat peningkatan kadar gas-gas rumah kaca di atmosfer.

Lebih jauh Fischer *et al.* (2002), menyebutkan bahwa keberadaan GRK secara alami diperlukan untuk mempertahankan kehangatan suhu permukaan bumi, sebagai penunjang kehidupan. Jauh lebih lanjut dikatakan bahwa peningkatan suhu yang terus menerus, hingga melewati ambang batas normal dapat membahayakan kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Tingkat bahaya yang mengkhawatirkan disinyalir antara lain dalam bentuk gangguan kesehatan, kekurangan pangan, dan degradasi lingkungan hidup.

Kekhawatiran seperti uraian di atas menjadi beralasan ketika MacCracken dan Luther (1985) dalam IPCC (2001) dan Ulumuddin *et al.* (2005), dikatakan bahwa peningkatan konsentrasi CO₂ di atmosfer berkorelasi dengan peningkatan suhu atmosfer. Beberapa penyebab timbulnya perubahan iklim global yang dianggap sangat dirasakan saat sekarang ini, adalah naiknya kadar CO₂ dan CFC (*Chlorofluorocarbon*). Bahan-bahan tersebut bersumber dari bahan penyemprot, bahan alat pendingin, asap knalpot mesin, industri, pembakaran kayu/hutan, perubahan tataguna lahan (*land use change*), dan berbagai aktivitas manusia di bumi yang secara keseluruhan sebagai penyebab terbentuknya GRK di atmosfer.

Kekurang seimbangan antara luasan kawasan hijau dan ruang terbangun di Kota Depok menyebabkan meningkatnya lingkungan fisik kritis (LFK) perkotaan. Kondisi tersebut dicirikan oleh dua kriteria, yaitu: (a) terdesaknya kawasan hijau, dan (b) meningkatnya kutub-kutub panas kota.

Pengendalian LFK perkotaan di Kota Depok secara sadar telah diantisipasi oleh Pemerintah Daerah. Upaya-upaya yang dilakukan antara lain: (a) pemenuhan target RTH ideal (30%) seperti tertuang dalam RTRW 2030, (b) pemulihan dan pemeliharaan aset-aset yang diperanfungsikan sebagai kawasan konservasi dan penyangga lingkungan hidup, (c) upaya peningkatan kuantitas dan kualitas kawasan hijau, dan (d) pemberdayaan masyarakat melalui berbagai bentuk sosialisasi pentingnya peranan fungsi kawasan hijau wilayah perkotaan sebagai penunjang kehidupan.

Fenomena pemanasan global erat kaitannya dengan: (a) besaran konsentrasi dan sumber emisi CO₂ dalam atmosfer sebagai salah satu faktor penyebab fenomena pemanasan global, (b) mencermati atas momentum Protokol Kyoto dalam kesepakatan untuk penyelamatan Bumi yang mewajibkan dari sejumlah

negara industri untuk menurunkan emisi GRK sebesar 5,2% dari tingkat emisi tahun 1990 hingga akhir tahun 2012, dan (c) memahami mekanisme pengurangan emisi GRK melalui perdagangan karbon (*carbon trading*), termasuk implementasi bersama (*joint implementation*) maupun mekanisme pembangunan bersih (*CDM-clean development mechanism*).

Keberadaan tersebut di atas, tampaknya mendudukkan posisi dan potensi strategis untuk melakukan penelitian-penelitian yang erat kaitannya dengan fenomena perubahan iklim global. Untuk itulah penelitian tentang "*kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas karbon dioksida (CO₂) di Kota Depok*" dilakukan. Urgensi penelitian tersebut mengingat; (a) meningkatnya lingkungan fisik kritis perkotaan, (b) kewajiban pemenuhan target RTH ideal 30%, dan (c) keyakinan terhadap kemampuan komunitas vegetasi dalam mengendalikan berbagai bentuk pencemaran atas peranan jasa bio-eko-hidrologis vegetasi yang berfungsi sebagai paru-paru kota.

1.2. Perumusan Masalah

Dampak perubahan iklim yang sangat besar terhadap berbagai sektor, mendorong untuk dilakukan berbagai upaya sebagai langkah adaptasi dan mitigasi terhadap dampak perubahan iklim yang terjadi. Mitigasi pada dasarnya merupakan usaha penanggulangan untuk mencegah terjadinya perubahan iklim yang semakin buruk, sedangkan adaptasi merupakan upaya penyesuaian pola hidup dan sarananya terhadap perubahan iklim.

Langkah-langkah yang dilakukan atau yang sedang diskusikan saat ini tidak ada yang dapat mencegah pemanasan global di masa depan. Tantangan yang ada saat ini adalah mengatasi efek yang timbul sambil melakukan langkah-langkah untuk mencegah semakin berubahnya iklim di masa depan.

Salah satu mitigasi dan adaptasi perubahan iklim yang harus dapat dilakukan adalah mereduksi karbon dioksida (CO₂) di udara dengan menyimpan gas tersebut dalam bentuk biomassa.

Salah satu langkah efektif dan efisien untuk mengurangi CO₂ di udara, adalah dengan memelihara vegetasi. Vegetasi muda dengan pertumbuhan tumbuh (biomassa) yang cepat, senantiasa diimbangi dengan penyerapan CO₂ yang cukup

tinggi, dan memecahnya dalam proses fotosintesis. Selain menghasilkan biomassa dalam tumbuhan, juga menghasilkan oksigen. Atas dasar itulah dilakukan kajian mendalam untuk mengestimasi besaran biomassa di Kota Depok yang bersumber dari luas kawasan ruang hijau eksisting tahun 2011 dan kemampuan ruang hijaunya dalam penyerapan gas CO₂.

Mencermati realisasi ruang hijau eksisting Kota Depok tahun 2011 dan keyakinan atas kemampuan komunitas tetumbuhan dalam mengendalikan berbagai bentuk pencemaran, maka beberapa permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

- 1) Bagaimana persebaran ruang hijau di Kota Depok pada tahun 2000 dan 2011?
- 2) Bagaimana hubungan antara indeks vegetasi (*Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI) dengan karakteristik tajuk, tutupan vegetasi bawah, dan biomassa?
- 3) Bagaimana kandungan biomassa hijau yang ada di Kota Depok dan kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menghitung dan memetakan persebaran ruang hijau di Kota Depok pada tahun 2000 dan 2011.
2. Menghitung korelasi antara indeks vegetasi (NDVI) dengan karakteristik tajuk, tutupan vegetasi bawah, dan biomassa.
3. Menghitung estimasi biomassa hijau dan kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂.

1.4. Batasan dan Definisi Operasional

Lingkup penelitian ini adalah: (a) penelusuran ruang hijau tahun 2000 dan 2011, (b) penghitungan besaran biomassa berdasarkan cuplikan contoh lapang, (c) penghitungan estimasi biomassa hijau seluruh daerah kajian, dan (d) penghitungan kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂. Secara keseluruhan lingkup penelitian tersebut dituangkan dalam judul penelitian *Kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas karbon dioksida (CO₂) di Kota Depok*. Terdapat beberapa istilah dalam penelitian ini yang perlu dijelaskan pengertian dan batasannya, yaitu:

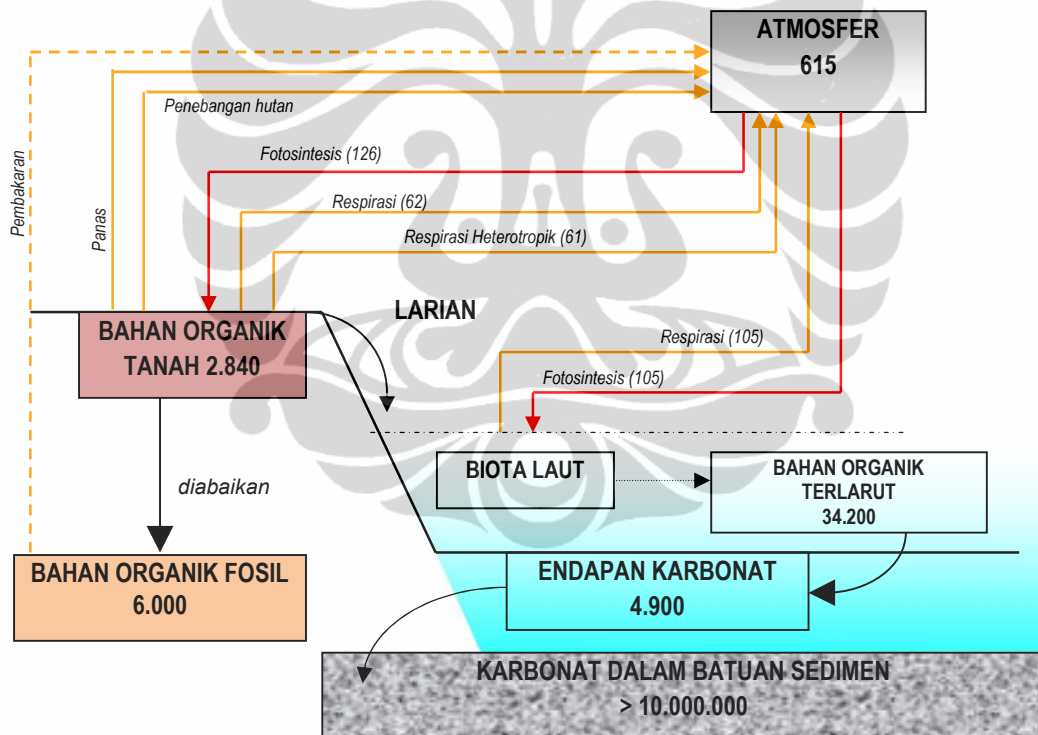
1. Dalam penelitian ini yang menjadi daerah kajian adalah **Kota Depok** Provinsi Jawa Barat.
2. **Ruang Hijau (RH)** adalah bagian muka bumi (wilayah urban) yang tertutup oleh tajuk vegetasi (klorofil) bila dilihat dari atas, tanpa membedakan jenis penggunaan tanahnya (Sobirin, 2001).
3. **Biomassa** adalah total berat atau volume organisme dalam suatu area atau volume tertentu (*a glossary by the IPCC, 1995*). Biomassa didefinisikan juga sebagai total jumlah materi hidup di atas permukaan pada suatu pohon dan dinyatakan dengan satuan ton berat kering per satuan luas (Brown, 1997).
Biomassa atas permukaan adalah semua material hidup di atas permukaan. Termasuk bagian dari kantong karbon ini adalah batang, tunggul, cabang, kulit kayu, biji, dan daun dari vegetasi baik dari strata pohon maupun dari strata tumbuhan bawah (Sutaryo 2009).
4. **Gas Rumah Kaca (GRK)** adalah gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun antropogenik, yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Peraturan Presiden No 61 Tahun 2011 tentang RAK- Penurunan Emisi GRK).
5. **Karbon dioksida (CO₂)** adalah jenis gas yang terdapat di atmosfer, dihasilkan sebagai produk sampingan dari pembakaran, contohnya, bahan bakar fosil dan biomasa yang membusuk atau terbakar. Karbon dioksida dapat dilepaskan juga ketika terjadi kegiatan alih guna lahan dan kegiatan industri (CIFOR, 2010).
6. **Estimasi daya serap CO₂** didapatkan dari interpretasi citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan SPOT-4 tahun 2000 dan 2011, dengan menggunakan pendekatan parameter Indeks Vegetasi (NDVI).
7. **Kyoto Protocol (Protokol Kyoto)**: Kesepakatan internasional agar Negara-negara industri dalam mengurangi emisi GRK secara kolektif sebesar 5,2% selama periode 2008-2012 dari tingkat emisi tahun 1990 (CIFOR, 2010).

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Siklus Karbon

Semua kehidupan didasarkan pada unsur karbon. Karbon adalah unsur kimia yang paling utama dari bahan organik yang mengontrol reproduksi genetik dalam organisme. Karbon disimpan di bumi sebagai (Gambar 2.1 dan Tabel 2.1): (1) molekul organik dalam organisme hidup dan organisme mati yang ditemukan di biosfer, (2) gas karbon dioksida di atmosfer, (3) bahan organik dalam tanah, (4) dalam litosfer sebagai bahan bakar fosil dan deposit batuan sedimen seperti batu gamping, dolomit dan kapur, dan (5) di lautan sebagai karbon dioksida terlarut atmosfer dan sebagai kerang kalsium karbonat di laut (Pidwirny, 2006).



Gambar 2.1. Siklus Karbon di Alam

Sumber: Deshmukh (1979) dimodifikasi dalam Waryono dan Rohkmatuloh., (2009)

Tabel 2.1. Perkiraan Karbon Tersimpan di Bumi

No.	Lokasi Penyimpanan Karbon	Jumlah (Milyar Metrik Ton)
1	Atmosfer	578 (1700) - 766 (1999)
2	Bahan organik	1500 - 1600
3	Lautan	38,000 - 40,000
4	Sedimen dan batuan	66.10^6 - 100.10^6
5	Vegetasi daratan	540 - 610
6	Fosil	4000

Sumber: Pidwirny (2006)

Selama beberapa miliar tahun sejarah geologi, jumlah karbon dioksida yang ditemukan di atmosfer secara terus-menerus menurun potensinya. Penurunan tersebut, merupakan jawaban terhadap peningkatan output matahari selama periode waktu yang sama. (Lal, 2008).

Menurut Field (2004) meningkatnya efek rumah kaca, selain disebabkan oleh konsentrasi gas karbon dioksida di atmosfer, juga tingginya produksi energi panas matahari melalui gelombang panjang kontra-radiasi. Penyinaran matahari yang lebih intens menyebabkan mekanisme biologis yang secara bertahap terkunci menjadi bahan bakar fosil dan batuan sedimen. Lebih jauh dikatakan bahwa proses alam telah mengatur rata-rata suhu global bumi konstan dari waktu ke waktu.

Pidwirny (2006) menyatakan bahwa sejak revolusi industri terjadi peningkatan jumlah karbon dioksida yang ditemukan di atmosfer bumi dan lautan, disebabkan oleh aktivitas manusia. Peningkatan konsentrasi karbon di atmosfer tercatat lebih dari 30%. Pada tahun 1700-an tercatat sekitar 275 ppm, dan berubah meningkat lebih dari 365 ppm pada saat sekarang. Lebih jauh dikatakan bahwa para ilmuwan memperkirakan tingkat karbon dioksida di atmosfer pada masa mendatang tahun 2100 bisa mencapai antara 450-ppm dan 600 ppm.

Sumber utama gas karbon tersebut, diakibatkan oleh aktivitas manusia termasuk pembakaran bahan bakar fosil dan perubahan tutupan lahan dan hutan, maupun ekosistem lainnya (Hairiah, *et al.*, 2011a). Emisi dari pembakaran bahan bakar fosil sekitar 65% menyebabkan penambahan karbon dioksida di atmosfer bumi dan 35% lainnya berasal dari deforestasi dan konversi ekosistem alam ke dalam sistem pertanian, padahal ekosistem alam dapat menyimpan karbon

dioksida berkisar antara 20 sampai dengan 100 kali lebih banyak dari penggunaan lahan jenis lain (Pidwirny, 2006).

2.2. Biomassa

Biomassa adalah jumlah keseluruhan bahan organik pohon yang berada di atas dan di bawah permukaan tanah (Brown, 1997). Pada ekosistem daratan, cadangan karbon disimpan dalam 3 komponen pokok, yaitu:

1. Bagian hidup (biomasa): masa dari bagian vegetasi yang masih hidup yaitu batang, ranting, dan tajuk pohon (berikut akar atau estimasinya), tumbuhan bawah atau gulma dan tanaman semusim.
2. Bagian mati (nekromasa): masa dari bagian pohon yang telah mati baik yang masih tegak di lahan (batang atau tunggul pohon), kayu tumbang/tergeletak di permukaan tanah, tonggak atau ranting, dan daun-daun gugur (seresah) yang belum terlapuk.
3. Tanah (bahan organik tanah): sisa makhluk hidup (tanaman, hewan dan manusia) yang telah mengalami pelapukan, baik sebagian maupun seluruhnya, dan telah menjadi bagian dari tanah. Ukuran partikel biasanya lebih kecil dari 2 mm.

Terdapat empat cara utama untuk menghitung biomassa yaitu: (i) sampling dengan pemanenan (*Destructive sampling*) secara *in situ*; (ii) sampling tanpa pemanenan (*Non-destructive sampling*) dengan data hasil pendataan hutan secara *in situ*; (iii) Pendugaan menggunakan teknologi penginderaan jauh; dan (iv) pembuatan model.

Kandungan biomassa pada berbagai komponen biomassa akan beragam, yaitu biomassa daun $\pm 3-5\%$ dan biomassa pada bagian kayu $\pm 60\%$ dari total biomassa pohon pada bagian atas tanah (*Total Above Ground Biomass*) pada hutan tertutup, dan hampir 50% dari biomassa suatu vegetasi hutan tersusun atas unsur karbon (Brown, 1997).

Beberapa metode untuk pengukuran biomassa yang biasa digunakan disajikan pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2. Beberapa Metode untuk Menduga Biomasa

No	Kategori	Metode	Data digunakan	Karakteristik	Referensi
1.	Pengukuran Lapangan	Penarikan contoh (Destruktif)	Pohon contoh	Individu pohon	Klinge et. al. (1975)
		Allometric Equation (Persamaan Alometrik)	Pohon contoh	Individu pohon	Overman et. al. (1994); Honzak et. al. (1996)
		Konversi dari volume ke biomassa	Volume dari pohon contoh atau tegakan	Individu pohon atau tegakan vegetasi	Brown et. al. (1989); Brown dan Lugo (1992); Segura dan Kanninen (2005)
2.	Penginderaan Jauh	Metode berdasarkan <i>fine spatial resolution data</i>	Aerial photographs, IKONOS	Per-pixel level	Tiwari dan Singh (1984); Thenkabail et. al. (2004)
		Metode berdasarkan <i>medium spatial resolution data</i>	Landsat TM/ETM+, SPOT	Per-pixel level	Roy dan Ravan (1996); Nelson et. al. (2000); Lu (2005)
		Metode berdasarkan <i>coarse spatial resolution data</i>	IRS-IC WiFS, AVHRR	Per-pixel level	Wylie et. al. (2002); Dong et. al. (2003)
		Metode berdasarkan data RADAR	Radar, Lidar	Per-pixel level	Santor et. al. (2002, 2003)
3.	SIG	Metode berdasarkan <i>Ancillary data</i>	Elevasi, kemiringan, tanah, presipitasi, dll	Per-pixel level atau per-field level	Brown et. al. (1994); Inverson et. al. (1994); Brown dan Gaston (1995)

Sumber: Lu, 2005

2.3. Kemampuan Vegetasi Menyerap CO₂

Vegetasi mempunyai peranan penting dalam ekosistem, tetapi dalam pembangunan perkotaan, khususnya di Indonesia, sering kali tidak memperhitungkan kehadiran lahan untuk vegetasi. Vegetasi merupakan penyerap gas CO₂ yang cukup penting selain fitoplankton, ganggang, dan rumput laut di samudra. Adanya vegetasi di suatu wilayah sangat membantu dalam menyerap gas CO₂ melalui proses fotosintesis. Adapun rumus dari fotosintesis adalah sebagai berikut:



Karbon dioksida (CO_2) diserap oleh daun dari udara dan air (H_2O) diserap dari dalam tanah, melalui suatu proses kimia dengan bantuan cahaya matahari dan zat hijau daun (klorofil) menghasilkan karbohidrat ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) sebagai cadangan makanan dan oksigen (O_2). Melalui proses fotosintesis vegetasi menyerap CO_2 di udara sehingga jumlah CO_2 di udara berkurang dan berubah menjadi penambahan O_2 . Penyerapan CO_2 dalam jumlah besar dapat mengurangi emisi CO_2 di atmosfer sebagai gas rumah kaca penyebab terjadinya pemanasan global. Oksigen yang dihasilkan dari proses fotosintesis tersebut dapat menghasilkan iklim mikro yang dapat mengurangi pemanasan global dengan mendinginkan udara.

Simpson dan McPherson (1999) menyebutkan bahwa penyerapan karbon dioksida pada ruang terbuka hijau dengan jumlah 10.000 batang, yang berumur 16 sampai 20 tahun, mampu menyerap karbon dioksida sebanyak 800 ton/tahun. Lebih jauh dinyatakan bahwa siklus karbon pada komunitas tumbuhan, pada awalnya karbon dioksida (CO_2) diserap (absorbs) dari udara, kemudian disimpan dalam bentuk kayu (biomassa) dan akhirnya dilepas kembali ke udara pada saat tumbuhan tersebut busuk atau terbakar. Sedangkan menurut IPCC (2006) menyatakan daya serap beberapa tipe penutupan lahan adalah sebagai berikut (Tabel 2.3.).

Tabel 2.3. Daya Serap Vegetasi Terhadap Gas CO_2 di Beberapa Tipe Penutup Lahan

Tipe Penutupan Lahan	Daya Serap Gas CO_2	
	(t CO_2 /ha/jam)	(t CO_2 /ha/tahun)
Ladang	0,15	657,00
Agroforestry:		
• Multi jenis	0,84 - 1,68	3.679,20 – 7.358,40
• Sederhana dengan kerapatan tinggi	2,93 - 3,77	12.833,40 – 16.512,60
Sawah	0,04	175,20
Semak dan Rumput	0,34	1.489,20
Hutan	0,13	569,40
Kebun	0,13	569,40

Sumber: IPCC, 2006

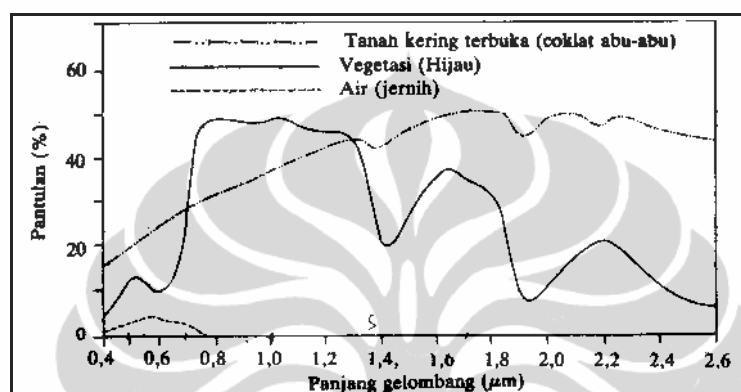
Menurut Dahlan (1997) kemampuan vegetasi dalam menyerap CO₂ memiliki kemampuan berdasarkan umur dan jenis vegetasinya, dari hasil penelitiannya yang dilakukan terhadap tanaman mahoni yang berumur 11 tahun, dengan kerapatan 940 pohon/ha memiliki kemampuan daya serap sebesar 25,40 ton CO₂/ha/tahun. Berbeda halnya terhadap tanaman mangium (*Acacia mangium*) pada umur yang sama, dengan kerapatan 912 pohon/ha, memiliki kemampuan daya serap sebesar 23,64 ton CO₂/ha/tahun. Sementara tanaman sungkai (*Peronema canescens*) yang berumur 8 tahun dengan kerapatan 1.016 pohon/ha memiliki daya serap 18,06 kg CO₂/ha/tahun.

Lebih jauh Waryono (2011) menyatakan bahwa potensi RTH di Provinsi DKI Jakarta berdasarkan tipe penutupannya memiliki bobot biomas dan kemampuan serapan CO₂ berbeda satu dengan lainnya. Potensi RTH Pertamanan dengan estimasi total biomas 100.805,49 m³ memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂) sebesar 184,8 ton/ha/tahun. Pada RTH Kehutanan dengan estimasi total biomas 124.644 m³ memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂) sebesar 228,5 ton/ha/tahun. Berbeda halnya dengan RTH Budidaya Pertanian, dengan estimasi total biomas 131.217,30 m³ memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida (CO₂) sebesar 240,5 ton/ha/tahun.

2.4. Teknologi Penginderaan Jauh

Penginderaan jauh terbentuk dari serangkaian proses panjang dengan memanfaatkan sumber energi pasif (matahari) dan aktif. Lillesand dan Kiefer (1997) menjelaskan bahwa penginderaan jauh merupakan seni dan ilmu untuk mendapatkan informasi suatu objek, melalui analisis data tanpa adanya kontak langsung dengan obyek yang dikaji. Secara umum penginderaan jauh memiliki keterbatasan sistem yaitu sumber energi, atmosfer, interaksi (pantulan) antara sumber energi dengan objek, sensor, sistem pengolahan data dan pengguna data. Lebih jauh dikatakan bahwa beberapa kegunaan dari aplikasi penginderaan jauh antara lain dapat mengetahui besarnya perubahan lahan, identifikasi vegetasi, pendugaan biomassa karbon, pendugaan *Leaf Area Index* (LAI), memprediksi hasil pencitraan, dan lain sebagainya.

Dalam penelitian ini, digunakan sistem penginderaan jauh pasif (citra Landsat-7 ETM+ dan SPOT-4), yang sumber energinya dari matahari. Panjang gelombang yang digunakan oleh sistem pasif, tidak memiliki kemampuan menembus atmosfer yang dilaluinya. Keberadaan tersebut, menyebabkan atmosfer dapat menyerap (*absorp*) dan menghamburkan (*scatter*) energi pantulan (*reflectance*) obyek yang akan diterima oleh sensor (Lillesand dan Kiefer, 1997).



Gambar 2.2. Kurva Pantulan Umum Vegetasi, Tanah, dan Air (Lillesand *et al.*, 1997)

Tiap obyek mempunyai karakteristik tersendiri dalam menyerap dan memantulkan tenaga yang diterima olehnya. Karakteristik ini disebut karakteristik spektral yang pada umumnya digambarkan dengan kurva pantulan seperti Gambar 2.2.

2.4.1. Penginderaan Jauh Satelit Landsat

Landsat-7 ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) dirancang untuk menggantikan sensor TM pada landsat 4 dan 5 yang sudah habis masa edarnya, dan sensor ETM pada landsat 6 yang gagal mengorbit. Sensor ETM+ di desain untuk dapat merekam citra multispektral dengan enam saluran seperti pada sensor TM yaitu menggunakan panjang gelombang tampak (*visible*), inframerah-dekat, inframerah-menengah dengan resolusi spasial 30 meter, panjang gelombang termal dengan resolusi spasial 60 meter, dan panjang gelombang pankromatik dengan resolusi 15 meter (Purwadhi, 2001). Karakteristik satelit dan panjang gelombang citra Landsat-7 ETM+ dapat dilihat secara lengkap pada Tabel 2.4 dan Tabel 2.5.

Tabel 2.4. Karakteristik Satelit Landsat-7 ETM+

Spesifikasi	Deskripsi teknis
Jenis orbit	Sinkron matahari, hampir polar
Dimensi	Berat 2200 kg, ukuran 2 m x 4 m
Sudut inklinasi	98,2°
Ketinggian orbit	705 km di ekuator
Periode orbit	99 menit (14 orbit/hari) melintasi equator pukul 9.45
Resolusi temporal	16 hari, 233 lintasan orbit
Luas liputan	185 km x 185 km

Sumber: Nasa, 2001.

Tabel 2.5. Karakteristik Panjang Gelombang Landsat-7 ETM+

Saluran	Panjang Gelombang (μm)	Aplikasi
1	0.45 – 0.52	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap peningkatan penetrasi tubuh air • Mendukung analisis sifat khas penggunaan lahan, tanah, vegetasi
2	0.53 – 0.61	<ul style="list-style-type: none"> • Mengindera puncak pantulan vegetasi, perbedaan vegetasi, dan nilai kesuburan
3	0.63 – 0.69	<ul style="list-style-type: none"> • Memperkuat kontras kenampakan vegetasi dan non vegetasi
4	0.78 – 0.90	<ul style="list-style-type: none"> • Tanggap terhadap biomasa vegetasi dan identifikasi tanaman • Memperkuat kontras tanaman, tanah, dan air
5	1.55 – 1.75	<ul style="list-style-type: none"> • Menentukan jenis tanaman dan kandungan air • Membantu menentukan kondisi kelembaban tanah
6	10.4 – 12.5	<ul style="list-style-type: none"> • Deteksi perubahan suhu obyek • Analisis gangguan vegetasi
7	2.09 – 2.35	<ul style="list-style-type: none"> • Formasi batuan dan analisis bentuk lahan
8	0.52 – 0.90	<ul style="list-style-type: none"> • Resolusi spasial yang relatif lebih tinggi dan digunakan untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi

Sumber: Nasa, 2001

2.4.2. Penginderaan Jauh Satelit SPOT

SPOT merupakan sistem satelit observasi bumi yang mencitra secara optis dengan resolusi tinggi dan dioperasikan di luar angkasa. Sistem satelit SPOT terdiri dari serangkaian satelit dan stasiun pengontrol dengan cakupan kepentingan yaitu: kontrol dan pemrograman satelit, produksi citra, dan distribusinya.

SPOT yang merupakan singkatan dari *Satellite Pour l'Observation de la Terre* dijalankan oleh Spot Image yang terletak di Prancis. Sistem ini dibentuk oleh CNES (Biro Luar Angkasa milik Prancis) pada tahun 1978.

Orbit SPOT adalah orbit polar, circular, sun synchronous, dan berfase. Sudut inklinasi dari bidang orbitalnya dikombinasikan dengan rotasi bumi di seputaran poros kutub sehingga satelitnya dapat berpindah ke tiap titik di permukaan bumi dalam periode 26 hari. Orbitnya memiliki ketinggian 832 km di atas permukaan air laut dengan inklinasi $98,7^\circ$ dan berkecepatan sejumlah 14 kali per hari.

SPOT 4 diluncurkan pada tanggal 24 Maret 1998, memiliki kemajuan yang cukup besar dari satelit sebelumnya (SPOT-1, 2, dan 3). Perubahan yang utama adalah modifikasi dari sensor HRV (*High Resolution Visible*) menjadi HRVIR (*High Resolution Visible and Infrared Instrument*), sehingga memiliki kemampuan tambahan dalam mendeteksi gelombang inframerah-menengah ($1,58-1,75 \mu\text{m}$) untuk keperluan survei geologi, survei vegetasi, dan survei tutupan salju. Karakteristik band dan panjang gelombang citra SPOT-4 dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6. Karakteristik Band dan Panjang Gelombang Citra SPOT-4

Band dan Resolusi	1 pankromatik (10 m) 3 multispektral (20 m) 1 <i>short-wave infrared</i> (20 m)
Panjang Gelombang	M : 0,61-0,68 μm B1 : 0,50-0,59 μm B2 : 0,61-0,68 μm B3 : 0,78-0,89 μm B4 : 1,58-1,75 μm

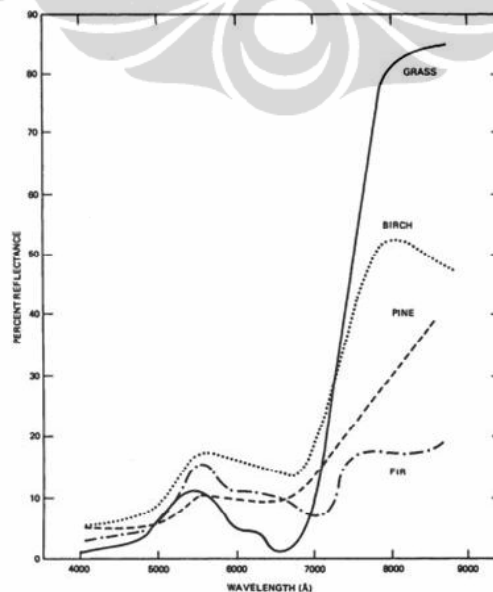
Sumber: Spotimage, 2005

2.5. Penginderaan Jauh untuk Vegetasi

Karakteristik pantulan spektral dari vegetasi dipengaruhi oleh kandungan pigmen daun, material organik, air dan karakteristik struktural daun seperti bentuk daun dan luas daun (Huete dan Glenn, 2011). Karakteristik pantulan spektral dari vegetasi dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu pada bagian spektrum tampak (0,4– 0,7 μm) dan pada bagian spektrum inframerah-dekat (0,7–1,1 μm).

Pada bagian spektrum tampak, vegetasi memiliki nilai pantulan relatif rendah pada spektrum biru dan merah dengan puncak minor pada spektrum hijau (Mather, 2004). Pantulan spektral yang rendah pada spektrum biru dan merah disebabkan karena vegetasi menyerap banyak energi pada kedua spektrum tersebut. Energi pada spektrum tersebut digunakan untuk aktivitas fotosintesis pada daun (Song et.all, 2011). Jumlah energi yang terserap pada kedua spektrum tersebut mencapai 70% hingga 90% dari total energi yang datang ke permukaan daun. Relatif lebih rendahnya pantulan spektral pada spektrum biru dan merah dibandingkan pada spektrum hijau, memberi efek visualisasi warna hijau pada daun tersebut. Daun nampak berwarna hijau oleh mata, karena kemampuan mata dalam menangkap spektrum elektromagnetis berada pada spektrum tampak saja.

Pantulan spektral meningkat secara drastis pada rentangan spektral antara 0,65 hingga 0,76 μm . Zona rentangan spektral pada pola spektral vegetasi ini disebut dengan istilah titik batas merah (*red edge point*).



Gambar 2.3. Pola Spektral Beberapa Jenis Vegetasi (Sumber: Elachi, 2006)

Pada rentangan spektrum infra merah dekat, yang juga merupakan bagian kedua dari karakteristik pola spektral vegetasi, memiliki pantulan spektral yang relatif tinggi. Gambar 2.3 memperlihatkan pola spektral beberapa jenis vegetasi. Pantulan spektral yang tinggi ini terentang antara 0,76–1,35 μm . Selanjutnya pada rentangan 1,35–2,5 μm pantulan spektral dipengaruhi oleh struktur internal daun. Faktor pengaruh yang dominan terhadap pantulan spektral pada rentangan 1,35–2,5 μm ini adalah banyak sedikitnya kandungan air pada lembar daun tersebut.

2.6. Indeks Vegetasi

Algoritma yang sering digunakan dalam analisis penutup lahan vegetasi adalah dengan menggunakan indeks vegetasi. Indeks Vegetasi adalah pengukuran optis tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi (Huete dan Glenn, 2011).

Indeks vegetasi telah banyak digunakan dalam berbagai penelitian tentang vegetasi skala global. Indeks Vegetasi dapat secara efektif digunakan untuk pemetaan kekeringan, penggurunan (desertifikasi), dan penggundulan hutan (Horning et.al, 2010).

Beberapa algoritma indeks vegetasi adalah seperti di bawah ini:

a. *Simple Ratio (SR)*

Algoritma Simple Ratio (Liang, 2004) diuraikan sebagai berikut:

$$SR = P_n / P_r \quad (2.1)$$

Keterangan:

SR : Simple Ratio

P_n : Nilai spectral saluran Near Infrared

P_r : Nilai spectral saluran Red.

b. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

Algoritma NDVI banyak digunakan untuk berbagai aplikasi terkait vegetasi. NDVI memiliki efektivitas untuk memprediksi sifat permukaan ketika kanopi vegetasi tidak terlalu rapat dan tidak terlalu jarang (Liang, 2004). Algoritma NDVI diuraikan sebagai berikut:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR}-\text{R}}{\text{NIR}+\text{R}} \quad (2.2)$$

Keterangan:

NIR : Nilai spektral saluran Near Infrared

R : Nilai spektral saluran Red

c. *Enhanced Vegetation Index (EVI)*

Algoritma EVI diformulasi untuk meningkatkan algoritma NDVI dan ditujukan untuk pengolahan index vegetasi pada citra MODIS. Algoritma ini mirip dengan algoritma NDVI dengan penambahan formulasi untuk koreksi efek gangguan radiometric dari atmosfer dan dari dalam kanopi. Algoritma EVI (Horning et.all, 2010) diuraikan sebagai berikut

$$\text{EVI} = G \left(\frac{\text{NIR}-\text{R}}{\text{NIR}+C_1*\text{R}-C_2*\text{B}+L} \right) \quad (2.3)$$

Keterangan:

G : Gain Factor, $G = 2.5$

NIR : Nilai spectral saluran Near Infrared

R : Nilai spectral saluran Red

B : Nilai spectral saluran Biru

C_1 : Atmosferic Aerosol Resistance, $C_1 = 6$

C_2 : Atmosferic Aerosol Resistance, $C_2 = 7.5$

d. *Principle Component Analysis (PCA)*

Algoritma PCA yang telah terstandarisasi sering disebut dengan *Tasseled Cap Transformation*. Tasseled Cap diformulasikan untuk pengolahan pada data citra yang berasal dari sensor yang berbeda. Algoritma ini dapat digunakan untuk pengolahan citra yang diambil pada waktu yang berbeda pada tahun yang sama atau citra dengan area yang berbeda (Horning et.all, 2010).

e. *Vegetation Condition Indeks (VCI)*

Penutup lahan dan penggunaan lahan dapat berubah dari waktu ke waktu. Perubahan penutup lahan dan penggunaan lahan mengakibatkan perubahan rasio energi yang terpantulkan menuju sensor. Penilaian tutupan lahan pada satu waktu dapat diturunkan melalui algoritma indeks vegetasi dari data citra. Pada citra multi

temporal informasi perubahan penutup lahan vegetasi dapat diturunkan dengan membandingkan nilai indeks vegetasi dari kedua citra tersebut. Algoritma yang dapat digunakan dalam perbandingan nilai indeks vegetasi tersebut adalah indeks kondisi vegetasi (*Vegetation Condition Index*) (Liang, 2004). Formulasi dari algoritma indeks kondisi vegetasi dapat diuraikan sebagai berikut.

$$VCI = (NDVI_i - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min}) \quad (2.4)$$

Keterangan:

NDVI_i : Nilai NDVI saat ini

NDVI_{max} : Nilai NDVI terbesar

NDVI_{min} : Nilai NDVI terkecil

Beberapa studi aplikasi penginderaan jauh di Indonesia yang menggunakan indeks vegetasi yang dikaitkan dengan kandungan biomasa, di antaranya dilakukan oleh Yamamoto (1983) di daerah Banten Utara dan di daerah Cisadane-Jakarta-Cibeet. Hasil penelitiannya menyimpulkan bahwa NDVI dapat dijadikan sebagai parameter untuk menentukan kandungan biomassa, dengan citra estimasi biomassa di daerah Banten utara diklasifikasikan menjadi lima kelas (0–2 kg/m², 2–4 kg/m², 4–14 kg/m², 14–31 kg/m², dan > 31 kg/m²) dan untuk daerah Cisadane-Jakarta-Cibeet dikelompokkan menjadi enam kelas (0–1,9 kg/m², 2,0–4,9 kg/m², 5,0–9,9 kg/m², 10,0–14,9 kg/m², 15,0–20,0 kg/m², dan > 20,0 kg/m²).

Penelitian Sobirin (2001), estimasi biomassa hijau di seluruh wilayah DKI Jakarta atas dasar hubungan indeks vegetasi (NDVI) dan biomassa untuk kasus seluruh sampel diperoleh hasil sebesar 330.556,28 ton; sedangkan atas dasar korelasi NDVI dan biomassa untuk kasus sampel terpilih yang vegetasi atas dan bawah, diperoleh hasil sebesar 432.044,43 ton biomassa hijau.

2.7. Peranan Fungsi Jasa Komunitas Tumbuhan sebagai Pengendali Lingkungan Fisik Kritis Perkotaan

Ruang Terbuka Hijau di dalam Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, diberikan batasan sebagai area memanjang/jalur dan/atau mengelompok, yang penggunaannya lebih bersifat terbuka, tempat tumbuh tanaman, baik yang tumbuh secara alamiah maupun yang sengaja ditanam.

Pengertian secara lebih spesifik di wilayah perkotaan, tertuang dalam pasal (1) Peraturan Menteri Dalam Negeri Nomor 1 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan (RTHKP), bahwa RTH adalah bagian dari ruang terbuka suatu kawasan perkotaan yang diisi oleh tumbuhan dan tanaman yang disesuaikan dengan ekosistem dan tanaman khas daerah guna mendukung manfaat ekologi, sosial, budaya, ekonomi dan estetika. Adapun luas idealnya sebesar 20% dari luas kawasan perkotaan, baik ruang terbuka publik maupun privat.

Menurut Waryono (2011) RTHKP merupakan satuan ekosistem di wilayah perkotaan, terdiri dari berbagai jenis tumbuhan yang secara alami mampu menyumbangkan berbagai fungsi jasanya (bio-eko-hidrologis) serta manfaat-manfaat lain terhadap lingkungan sekitarnya. Lebih jauh dinyatakan bahwa meningkatnya kutub-kutub panas kota seperti (a) polutan yang terditeksi melalui pencemaran CO₂ (Karbon dioksida) Pb_x (Timbal), dan NO_x (Gas Nitrogen), (b) dratisnya penurunan air tanah dangkal yang diikuti dengan semakin luasnya susupan (instrusi) air laut seperti yang terjadi di Jakarta, Cirebon, Semarang dan Surabaya, serta (c) meningkatnya jumlah limbah baik padatan maupun cair yang cenderung menjadikan masyarakat perkotaan menjadi merasa kurang nyaman.

Kekurang nyamanan lingkungan tersebut, diyakini oleh para ilmuwan bahwa komunitas tumbuhan memiliki kemampuan untuk meredakanya melalui jasa bio-eko-hidrologisnya.

Secara biologis RTHKP mampu mengendalikan dan melerai segala bentuk penyebab lingkungan fisik kritis perkotaan. Dalam proses fotosintesis, tumbuhan yang mengandung hijau daun (klorofil) melalui perantara klorofil dan bantuan sinar matahari mampu mengubah zat karbon dioksida (CO₂) di udara bersama air dari dalam tanah menghasilkan karbohidarat (C₆ H₁₂ O₆), ditambah dengan oksigen (O₂).



Kalau CO₂ diilustrasikan sumber emisi (kendaraan bermotor), C₆H₁₂O₆ diilustrasikan sebagai kawasan hijau, maka O₂ diilustrasikan sebagai kenyamanan lingkungan. Kota-kota yang lingkungan fisiknya tidak nyaman, memberikan

indikasi luasan hijauannya terbatas dan sumber polutannya (industri dan kendaraan bermotor) cukup tinggi (Waryono, 2011).

Secara ekologis potensi RTHKP dengan berbagai jenis tumbuhan, memberikan jasa sebagai habitat dan sangtuari kehidupan satwa liar seperti burung, mamalia terbang, binatang melata dan beberapa jenis lainnya. Selain sebagai penyedia sumber pakan, juga merupakan wahana terjadinya mata rantai makanan bagi kehidupan satwa liar. Dengan demikian pengertian satuan ekologi terkecil dalam batasan hutan kota menjadi jelas sebagai persyaratan yang harus dipenuhi, karena peranan fungsi ekosistemnya.

Secara hidrologis, dalam siklus hidrologi, vegetasi dapat berperan dalam pengendalian air melalui proses infiltrasi, perkolasi melalui sistem perakaran pepohonan, hingga terjaminnya pelestarian air tanah dalam (*ground water*) yang sangat esensial dalam pengaturan secara alamiah. Pada musim hujan besaran laju limpasan air dapat dikendalikan oleh jajaran pepohonan yang rapat, hingga luapan air akan tercegah. Namun sebaliknya pada musim kemarau potensi air tanah yang tersedia dapat menjamin lajunya debit aliran sungai yang bermanfaat bagi kepentingan hidup biota perairan.

2.8. Penelitian Terdahulu

Penelitian terhadap ruang hijau dan kemampuannya dalam menyerap CO₂ telah banyak dilakukan antara lain oleh Kumar (2002), Muis (2005), Shank (2008), dan Sunandar (2009).

Menurut **Kumar (2002)** pengelolaan RTH kota secara berkelanjutan membutuhkan dukungan instrumen produk rencana tata ruang, peraturan perundangan, dan praktik pengelolaan yang baik dan konsisten. Penyimpangan terhadap alokasi RTH pada kawasan konservasi sangat mengkhawatirkan, khususnya di kawasan sempadan sungai, hutan cagar alam dan hutan lindung. Resiko berkurangnya kawasan konservasi lebih lanjut perlu segera dihindari, karena dapat merusak fungsi lindungnya. Selain itu juga pertumbuhan kota telah mengorbankan keberadaan RTH secara nyata, Sehingga dalam jangka panjang risiko tidak berlanjutnya keberadaan RTH dapat terjadi. Pola konversi RTH yang

terjadi bersifat ekspansif dengan mengorbankan kawasan konservasi dan kawasan pengembangan terbatas.

Selanjutnya **Muis (2005)** menggunakan pendekatan Gerarkis untuk menghitung kebutuhan oksigen dan Tim Fahutan IPB untuk menghitung kebutuhan air serta metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) digunakan untuk menentukan faktor pengembangan pembangunan RTH di Kota Depok. Hasil yang diperoleh menunjukkan Kota Depok memiliki RTH seluas 5.125,43 ha dan berdasarkan metode Gerarkis RTH tahun 2005 sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan oksigen bagi manusia dan hewan. Ketersediaan dan kebutuhan air bagi masyarakat diprediksi mengalami krisis air akibat penggunaan dan peningkatan jumlah penduduk.

Sedangkan **Shank (2008)** dalam penelitiannya tentang using remote sensing to map vegetation density on a Reclaimed Surface Mine menggunakan citra Quickbird yang bertujuan untuk melakukan pembuktian bahwa NDVI dapat digunakan untuk estimasi presentase vegetasi dengan akurasi yang baik. Penelitian ini menjelaskan teknik sederhana untuk estimasi persen penutup vegetasi berdasarkan NDVI yang diperoleh korelasi 0,96 dengan persen penutup vegetasi untuk 34 sampel referensi dikumpulkan pada area studi 94 hektar di selatan Virginia Barat. Berdasarkan hubungan ini, teknik yang dikembangkan yang menghasilkan kesalahan rata-rata 6,41% (+/- 2,68% pada tingkat kepercayaan 90%) ketika memperkirakan penutup persen untuk 34 lokasi lahan.

Sunandar (2009) dalam penelitian tentang daya serap CO₂ dan kebutuhan ruang hijau di Jakarta menggunakan citra Aster untuk memperoleh nilai NDVI. Selanjutnya dilakukan analisis regresi linier untuk mengetahui keterkaitan antara biomassa hijau, ketebalan tajuk, kerapatan tajuk persentase tutupan tajuk dan persentase tutupan vegetasi bawah dengan nilai NDVI tersebut. Hasil perhitungan estimasi daya serap CO₂ ruang hijau di DKI Jakarta didapatkan hasil sebesar 61.597,65 Kg. Kebutuhan teoritis ruang hijau yang didapatkan dari hasil perhitungan metode Wisesa didapatkan hasil kebutuhan ruang hijau DKI Jakarta sebesar 2.927.648 Km² atau sebesar 44,20%.

BAB 3

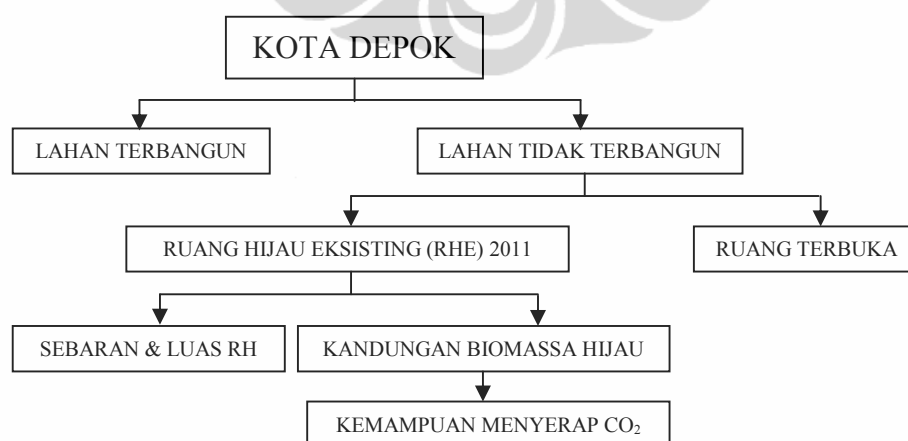
METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Kerangka Pemikiran

Kerangka pemikiran penelitian didasarkan atas kenyataan semakin meningkatnya aktivitas manusia yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan lahan terbangun yang dapat menyebabkan semakin berkurangnya ruang hijau. Selain itu juga meningkatkan pencemaran di udara terutama konsentrasi gas CO₂ di atmosfer. Meningkatnya gas CO₂ yang ada di atmosfer dikarenakan dari aktivitas hidup manusia, dimana gas tersebut dihasilkan dari pembakaran bahan bakar fosil dan proses deforestasi (penebangan hutan).

Berkenaan dengan upaya pengembangan lingkungan yang sehat, maka jumlah CO₂ di atmosfer harus dikendalikan dengan jalan meningkatkan jumlah serapan CO₂ oleh vegetasi sebanyak mungkin. Dimana telah terbukti bahwa vegetasi mampu menyerap gas CO₂ yang ada di udara melalui proses fotosintesis.

Dengan adanya permasalahan yang ada maka penelitian ini mencoba untuk mengkaji kemampuan ruang hijau (RH) dalam menyerap CO₂ di atmosfer. Adapun alur pemikiran penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.1.

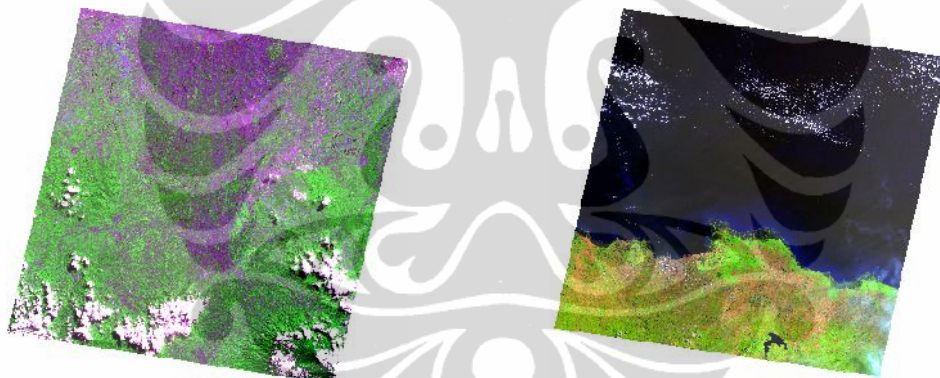


Gambar 3.1. Kerangka Pemikiran

3.2. Bahan dan Alat

Bahan dan alat yang dipergunakan pada penelitian ini antara lain adalah:

1. Citra SPOT-4 K/J 284/363 perekaman tanggal 13 Juni 2010, data ini diperoleh dari instansi Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Pemilihan citra pada tanggal tersebut dikarenakan tutupan awannya berkisar 2% dan di daerah yang dikaji tidak berawan. sehingga diharapkan dengan kondisi seperti itu citra dapat mewakili kondisi minimum tingkat kehijauan tajuk untuk vegetasi (Gambar 3.2a)
2. Citra Landsat-7 ETM+ P/R 122/064 perekaman tanggal 14 September 2000, data ini diperoleh dari instansi Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Selain itu juga citra ini sudah mengalami proses koreksi geometrik dan radiometrik menggunakan metode standar pengolahan INCAS (Gambar 3.2b)



(a) Citra SPOT-4 K/J 284/363 tanggal 13 Juni 2011

(b) Citra Landsat-7 ETM+ P/R 122/064 tanggal 14 September 2000

Gambar 3.2. Citra Satelit Penginderaan Jauh yang Digunakan dalam

Penelitian

3. Alat-alat yang dipergunakan untuk pengumpulan data di lapangan adalah: *Global Positioning System* (GPS), kompas, klinometer, meteran, dan kamera.
4. Pengolahan citra dan data vektor (peta) dilakukan dengan program komputer Er Mapper 7.1 dan *Arc GIS* 9.3.

3.3. Jenis Data

Jenis data yang dikumpulkan dalam penelitian terdiri dari dua jenis data yakni data primer dan sekunder (Tabel 3.1). Data primer adalah data yang diperoleh secara langsung di lapangan, seperti observasi lapangan, wawancara, inventarisasi, pengukuran dan penghitungan. Sedangkan data sekunder adalah data yang telah tersedia pada berbagai sumber, antara lain data statistik, data pemerintah daerah atau instansi terkait, menelusuri berbagai sumber pustaka seperti hasil penelitian, publikasi ilmiah dan dokumen ilmiah dari instansi terkait, dan peta atau rujukan lainnya.

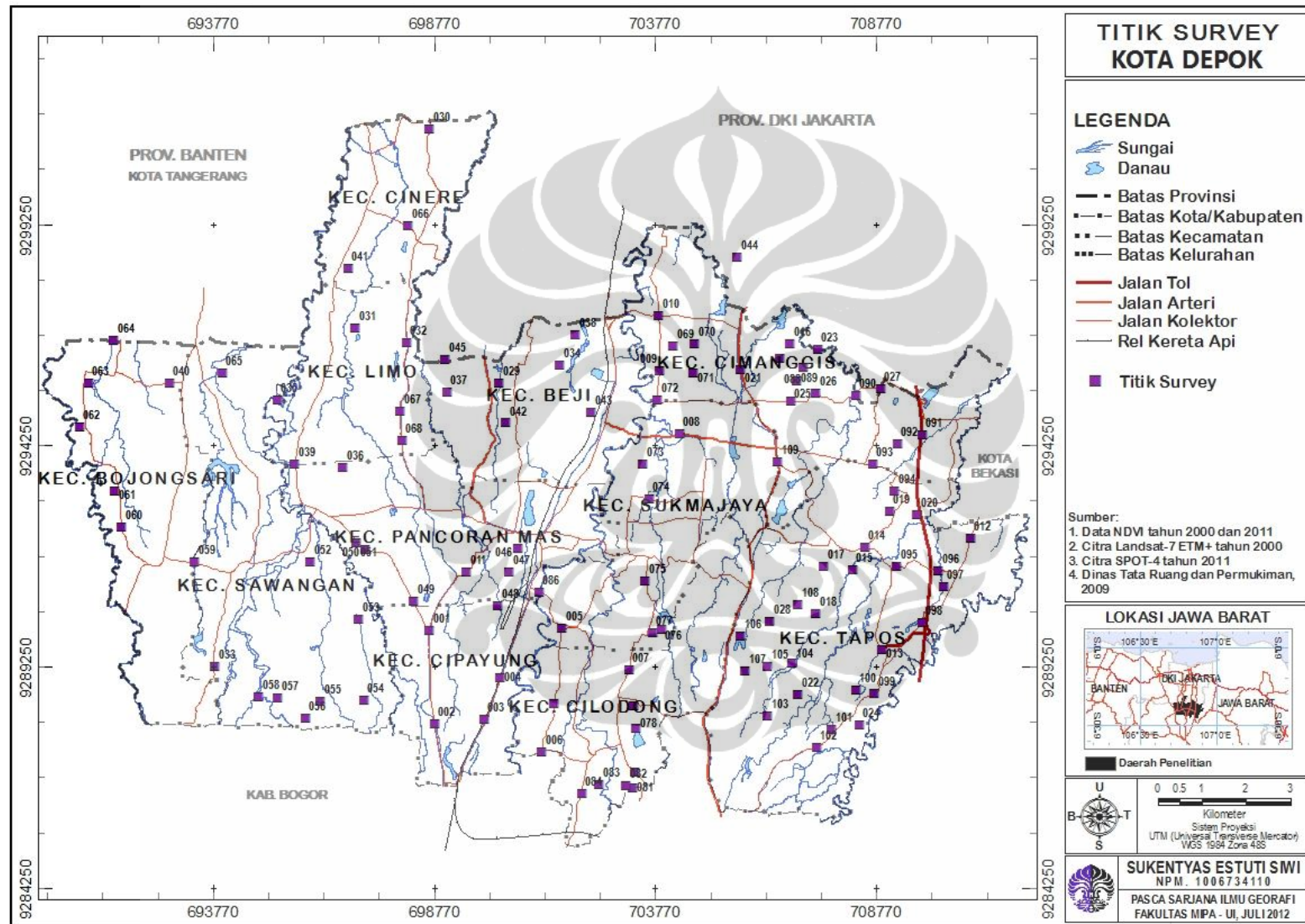
Tabel 3.1. Jenis Data yang Dikumpulkan dalam Penelitian

No	Jenis Data	Informasi yang diperlukan	Sumber Data
1.	Data Primer	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ketebalan tajuk ▪ Kerapatan tajuk ▪ Persentase tutupan tajuk ▪ Persentase tutupan vegetasi bawah 	Survei Lapangan
2.	Data Sekunder	Penutup/Penggunaan Tanah (<i>Landuse-Landcover/LULC</i>) Eksisting Tahun 2009	Dinas Tata Ruang dan Permukiman, PEMKOT Kota Depok
		RTH dan RTRW Kota Depok	
		Kondisi umum daerah penelitian <ul style="list-style-type: none"> • Wilayah Administrasi • Potensi Fisik Wilayah • Kependudukan 	BPS, Bappeda Kota Depok

3.4. Pengumpulan Data Lapangan

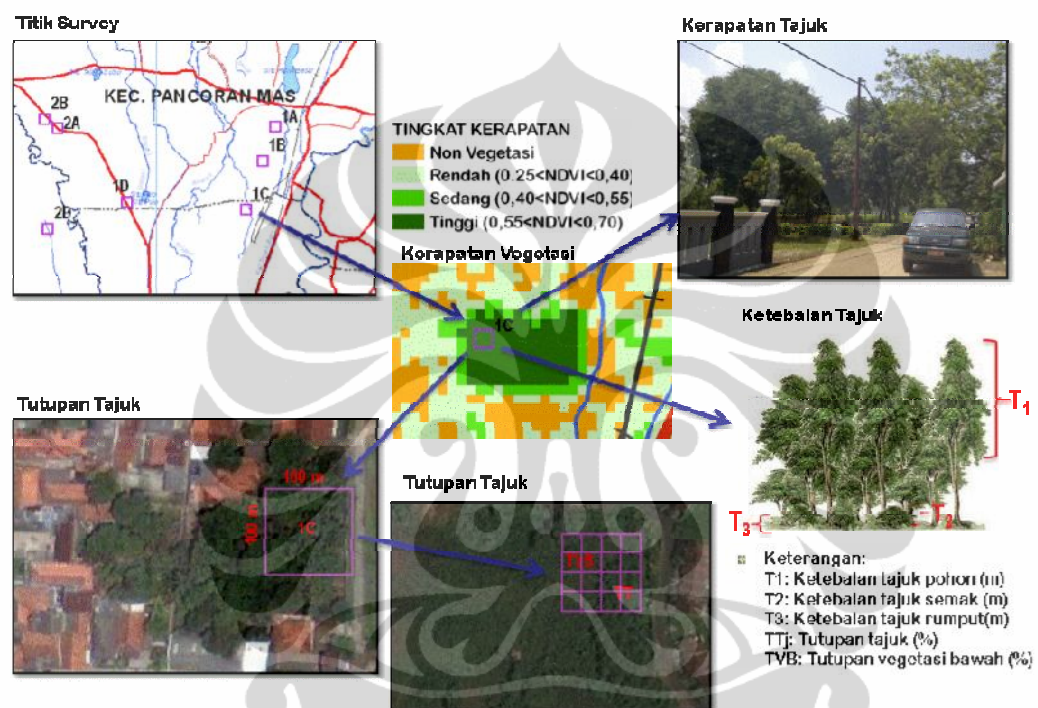
Penentuan lokasi sampel dengan menerapkan teknik stratified sampling, sebagai acuan adalah tingkat kerapatan vegetasi (sangat rapat, sedang, dan jarang) yang diperoleh dari hasil klasifikasi citra satelit menggunakan metode NDVI. Dari tiga kelas kerapatan vegetasi di ambil 80 sampel yang menyebar (Gambar 3.3).

Dalam pembuatan plot contoh yang diambil diharapkan dapat mewakili luas areal dari masing-masing kelas kerapatan vegetasi. Lokasi plot contoh ditentukan koordinat geografisnya dan direkam dengan menggunakan *Global Positioning System* (GPS). Peletakan plot contoh berukuran 100 m x 100 m bersesuaian dengan 4x4 piksel pada citra.



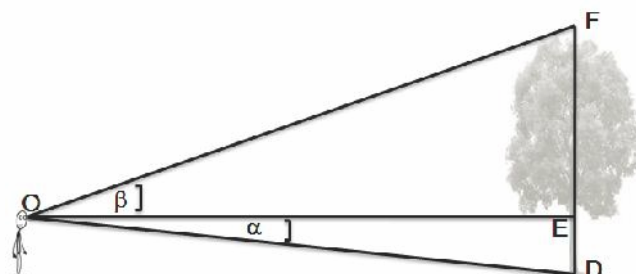
Gambar 3.3. Sebaran Titik Survey Lapangan

Hal ini dikarenakan kedua citra telah mengalami resampling ukuran pikselnya menjadi 25 meter. Pada lokasi sampel diukur ketebalan tajuk, kerapatan tajuk, persentase tutupan tajuk, dan persentase tutupan vegetasi bawah. Selanjutnya data hasil survey tersebut disimpan dalam bentuk data tabular dan diintegrasikan dengan koordinat tiap titik sampel, untuk kemudian dilakukan perhitungan nilai kandungan biomassa hijau lapangan.



Gambar 3.4. Metode Pengukuran Karakteristik Tajuk

Metode pengukuran ketebalan tajuk pohon menggunakan prinsip prinsip trigonometri atau prinsip pengukuran sudut.



Gambar 3.5. Prinsip Trigonometri dalam Pengukuran Ketebalan Tajuk

Dari Gambar 3.5 di atas, apabila besar sudut kemiringan ke pangkal pohon (α), besar sudut kemiringan ke puncak pohon (β) dan tinggi pengamat (DE) diketahui, maka diperoleh ketebalan tajuk dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$EF = [(DE/\text{tg } \alpha) \cdot (\text{tg } \alpha + \text{tg } \beta)] - DE \quad (3.1)$$

3.5. Pengolahan Data Citra Satelit

3.5.1. Koreksi Data Citra Satelit

Langkah pertama dalam proses pengolahan data adalah pra pengolahan citra. Langkah ini dilakukan untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan yang selalu ada pada data citra satelit yaitu: kesalahan radiometrik dan kesalahan geometrik.

Kesalahan radiometrik adalah kesalahan perekaman nilai pantulan sinar matahari akibat faktor atmosfer, kerusakan sensor, arah dan intensitas cahaya matahari, pengaruh topografi, dan lain-lain. Efek dari kesalahan ini membuat nilai piksel yang ditampilkan oleh citra satelit bukanlah nilai murni pantulan yang sebenarnya, akan tetapi nilai pantulan yang dipengaruhi kesalahan radiometrik (Purwadhi, 2001).

Kesalahan geometrik adalah kesalahan penempatan piksel akibat pengaruh geometrik, misalnya: faktor kelengkungan bumi, faktor kerusakan sensor, dan lain-lain. Kesalahan ini mengakibatkan obyek yang ditunjukkan oleh citra satelit tidak dikorelasikan dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi (Purwadhi, 2001).

Untuk memperbaiki kesalahan-kesalahan tersebut diperlukan pra pengolahan citra satelit. Kesalahan geometrik diperbaiki dengan koreksi geometrik/rektifikasi. Sedangkan kesalahan radiometrik diperbaiki dengan proses koreksi radiometrik

A. Koreksi Geometrik

Koreksi geometrik dilakukan dengan mengasosiasikan piksel pada citra satelit dengan lokasi sebenarnya di permukaan bumi. Pada penerapannya, lokasi tersebut ini biasanya dilambangkan oleh titik yang diukur langsung

pada obyek tertentu yang mudah dikenali pada citra misalnya: persimpangan jalan, percabangan sungai, dan lain-lain. Titik koreksi ini dikenal dengan sebutan titik kontrol lapangan (*ground control point/GCP*). Setiap GCP akan mengasosiasikan satu posisi pada citra satelit dengan posisi sebenarnya di permukaan bumi.

Metode koreksi geometrik ada dua cara yakni koreksi geometrik dari citra ke peta dan koreksi geometrik dari citra ke citra. Perbedaan mendasar dari dua metode ini adalah sumber informasi yang digunakan untuk menghasilkan GCP. Pada koreksi geometrik citra ke peta, GCP dihasilkan dari peta yang memiliki koordinat. Sedangkan pada metode koreksi citra ke citra, GCP dihasilkan dari citra satelit lain yang telah terkoreksi (Ekadinata *et al.* 2008).

Pada penelitian ini dilakukan koreksi dengan metode citra ke citra, dengan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 sebagai citra terkoreksi (acuan) dan citra SPOT-4 tahun 2011 sebagai citra yang akan dikoreksi geometrikanya. Titik GCP yang diambil sebanyak 50 titik terdistribusi merata pada area yang tercakup dalam citra dengan tujuan agar tiap area terkoreksi geometrik sama baik. Proses selanjutnya melakukan interpolasi intensitas (nilai kecerahan) dengan menggunakan metode tetangga terdekat (*nearest neighbourhood*). Prinsip metode ini adalah nilai intensitas piksel pada citra output ditentukan berdasarkan nilai intensitas piksel terdekat pada citra input.

B. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan untuk menghilangkan kesalahan pada sudut elevasi matahari dan jarak antara matahari-bumi akibat penerimaan data yang berbeda waktu. Koreksi terhadap kesalahan tersebut biasanya disebut dengan koreksi matahari.

Proses koreksi matahari dilakukan dengan merubah nilai digital piksel menjadi nilai radiansi (radiasi dari objek ke sensor) dan merubah lagi menjadi reflektansi (rasio antara radian dan irradian atau rasio antara radiasi objek ke matahari dan radiasi matahari ke objek). Persamaan konversi yang digunakan adalah persamaan:

1. Konversi *Digital Number* (DN) ke Nilai Radiansi (L)

Algoritma yang digunakan untuk mengubah *digital number* (DN) ke nilai radiansi (L) untuk data SPOT dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut (El Hajj *et al.*, 2008):

$$L_{TOA}^k = \frac{X^k}{A^k \cdot G_m^k} \quad (3.2)$$

dimana, L_{TOA}^k : Radian di atas atmosfer

X^k : Nilai digital piksel

A^k : Koefisien kalibrasi

G_m^k : Gain

Nilai Gain untuk data SPOT-4 tahun 2011 yang digunakan adalah Band Green (2,89), Red (3,98), NIR (2,01), dan SWIR (12,03) (Spot Images Cnes, 2011)

2. Konversi Nilai Radiansi (L) ke Nilai Reflektansi (ρ_{TOA}^k)

Selanjutnya untuk mengubah nilai radiansi (L) yang sudah diolah dari perhitungan sebelumnya ke nilai reflektansi (ρ_{TOA}^k) untuk data SPOT dilakukan dengan menggunakan formula sebagai berikut (El Hajj *et al.*, 2008):

$$\rho_{TOA}^k = \frac{\pi \cdot L_{TOA}^k}{E_s^k \cdot \cos \theta_s \cdot (d_0/d)^2} \quad (3.3)$$

dimana, ρ_{TOA}^k : Nilai Reflektansi di atas atmosfer

L_{TOA}^k : Nilai Radiansi di atas atmosfer

E_s^k : Irradiansi matahari

$\cos \theta_s$: Sudut zenith matahari

d_0/d : Rasio jarak bumi dengan matahari

Tahap terakhir dari koreksi radiometrik adalah melakukan proses normalisasi antara dua jenis data, yaitu SPOT-4 tahun 2011 dan Landsat-7 ETM+ tahun 2000 untuk menghilangkan pengaruh perbedaan nilai spektral dan perbedaan waktu perekaman. Proses normalisasi dilakukan dengan

menggunakan model normalisasi linear sederhana, sehingga diperoleh nilai spektral objek yang sama pada 2 citra yang berbeda. Citra yang dinormalisasikan adalah citra SPOT-4 tahun 2011, sedangkan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 sebagai data acuannya.

Hasil setiap tahapan diuji untuk melihat perubahan dalam setiap koreksi, selanjutnya hasil normalisasi diuji secara visual pada komposit warna RGB 542. Pada Gambar 3.6b dapat dilihat hasil pengolahan normalisasi citra SPOT-4 tahun 2011 dengan acuan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000.

3.5.2. Penajaman Kontras Citra

Penajaman kontras citra (*image enhancement*) adalah teknik peningkatan kontras warna dan cahaya dari suatu citra sehingga memudahkan untuk interpretasi dan analisis citra. Operasi penajaman citra pada penelitian ini dilakukan dengan teknik peregangan kontras (*contrast stretching*), yaitu proses perentangan jangkauan nilai digital (DN) citra ke jangkauan yang lebih luas (Lillesand dan Kiefer, 1997).

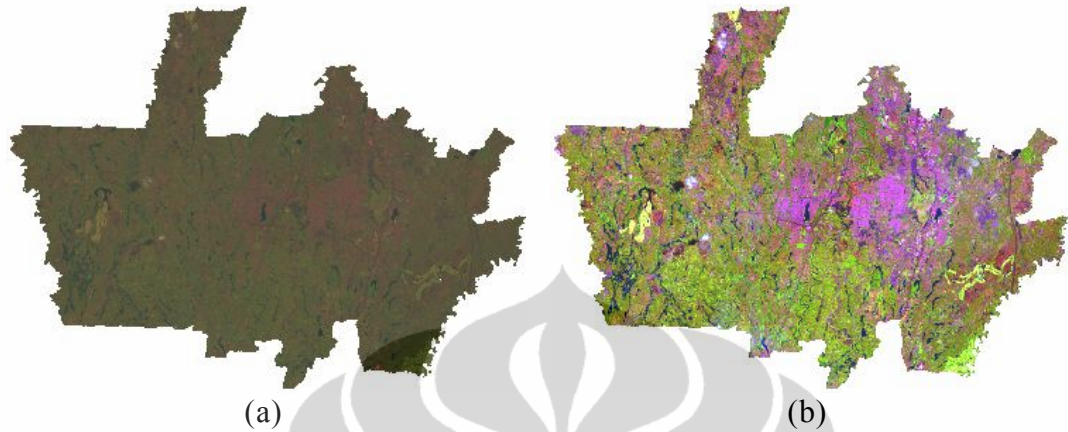
Pada Gambar 3.6 dapat dilihat perbandingan antara citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 sebelum (Gambar 3.6a) dan sesudah (Gambar 3.6b) proses penajaman. Sedangkan pada Gambar 3.7 dapat dilihat perbandingan antara citra SPOT-4 tahun 2011 sebelum (Gambar 3.7a) dan sesudah (Gambar 3.7b) proses penajaman.

3.5.3. Pemotongan Citra (*Cropping Image*)

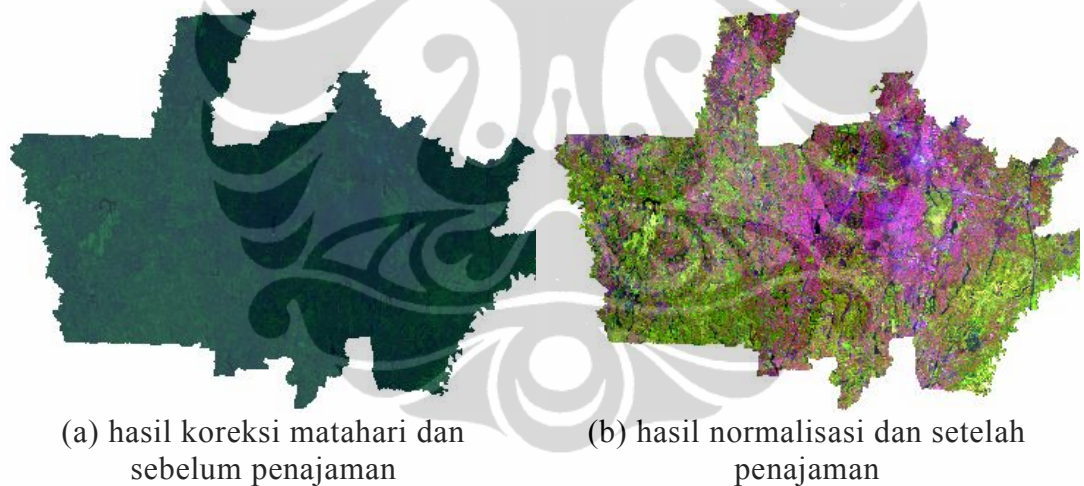
Data satu scene citra umumnya mencakup wilayah yang cukup luas dan biasanya tidak semua data yang tercakup dalam scene citra tersebut dibutuhkan dalam penelitian. Citra Landsat-7 ETM+ memiliki cakupan luasan per *scene* sebesar 185x185 km, sedangkan citra SPOT-4 memiliki cakupan luasan per *scene* sebesar 60x60 km.

Pemotongan citra dilakukan dengan cara memotong area tertentu yang akan diamati (*area of interest*) dalam citra berdasarkan batas administrasi

Kota Depok, yang bertujuan untuk mempermudah proses analisis citra dan memperkecil ukuran penyimpanan citra (Gambar 3.6 dan 3.7).



Gambar 3.6. Citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 sebelum (a) dan sesudah (b) proses penajaman citra dan telah di-*cropping*



(a) hasil koreksi matahari dan sebelum penajaman

(b) hasil normalisasi dan setelah penajaman

Gambar 3.7. Citra SPOT-4 tahun 2011 hasil pengolahan normalisasi dengan acuan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan telah di-*cropping*

3.6. Klasifikasi Penggunaan Tanah

Klasifikasi pada citra merupakan proses pengelompokan piksel-piksel ke dalam suatu kelas atau kategori berdasarkan kesamaan nilai spektral tiap piksel. Nilai spektral merupakan gambaran sifat dasar interaksi antara objek dengan spektrum yang digunakan oleh sensor atau satelit untuk merekam data tersebut.

Istilah penggunaan tanah di dalam Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2004 tentang Penatagunaan Tanah adalah wujud tutupan permukaan bumi baik yang merupakan bentukan alami maupun buatan manusia.

Klasifikasi penggunaan tanah untuk Kota Depok diperoleh dengan cara interpretasi visual menggunakan metode digitasi langsung pada citra untuk menghasilkan kelas-kelas penggunaan tanah yang ada di Kota Depok. Hasilnya berupa peta penggunaan tanah yang dikelaskan untuk level perkotaan. Adapun kelas penggunaan tanahnya adalah industri, instalasi pemerintahan, kompleks militer, pendidikan tinggi, perdagangan dan jasa, permukiman swadaya dan permukiman terstruktur, kebun campuran, kolam, kuburan, lapangan, dan sawah. Peta penggunaan tanah yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari instansi Dinas Tata Ruang dan Permukiman Pemerintah Kota Depok.

3.7. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)

NDVI merupakan salah satu metode yang banyak digunakan dalam perhitungan nilai indeks vegetasi, dimana nilai NDVI diperoleh berdasarkan perbandingan antara band inframerah dekat (*near infrared*) dengan band merah (*red*) dari spektrum elektromagnetik. Menurut Pettorelli et al. (2005) penggunaan reflektansi pada spektrum inframerah-dekat dan spektrum merah pada algoritma NDVI didasarkan pada fakta bahwa klorofil menyerap spektrum merah, sedangkan struktur mesofil daun memantulkan spektrum inframerah dekat.

Perhitungan NDVI dilakukan terhadap band-band pada citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan citra SPOT-4 tahun 2011. Rumus umum, nilai NDVI diperoleh menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R}) \quad (3.4)$$

Keterangan:

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index

NIR = Nilai digital pada band Inframerah dekat (Near Infrared)

R = Nilai digital pada band Merah (Red)

Nilai NDVI berkisar antara -1 sampai 1, dimana nilai NDVI yang rendah (negatif) mengidentifikasikan daerah bebatuan, pasir dan salju. Nilai

NDVI yang tinggi (positif) mengidentifikasi wilayah vegetasi baik berupa padang rumput, semak belukar maupun hutan. Nilai index vegetasi dapat memberikan informasi tentang persentase penutupan vegetasi, indeks tanaman hidup (*Leaf Area Index*), biomassa tanaman, kapasitas fotosintesis, dan estimasi penyerapan karbon dioksida (CO₂).

Menurut Malingreau (1987) nilai NDVI yang mencerminkan kondisi vegetasi berkisar antara 0,1 sampai 0,6. Pada penelitian ini untuk sebaran ruang hijau diklasifikasi menjadi dua kelas yakni vegetasi dan bukan vegetasi. Penentuan kelas tersebut didasari pada ambang batas (*threshold*) nilai NDVI yang mencerminkan obyek bukan vegetasi. Nilai *threshold* NDVI diperoleh dengan menentukan sampel obyek vegetasi dan bukan vegetasi dengan cara visualisasi terhadap citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan SPOT-4 tahun 2011 yang kemudian dilihat nilai NDVI-nya. Sehingga diperoleh nilai *threshold* untuk obyek bukan vegetasi pada nilai 0,25.

Berdasarkan nilai *threshold* tersebut nilai NDVI yang mencerminkan obyek vegetasi dari citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan citra SPOT-4 tahun 2011 di Kota Depok berkisar antara 0,25 – 0,70. Kisaran nilai NDVI tersebut selanjutnya digunakan untuk membuat kelas tingkat kerapatan vegetasi. Klasifikasi nilai kerapatan vegetasi dibagi kedalam 3 kelas seperti terlihat pada table berikut:

Tabel 3.2. Kelas Tingkat Kerapatan Vegetasi

No	Nilai NDVI	Kerapatan Vegetasi
1.	0,25 < NDVI < 0,40	Rendah
2.	0,40 < NDVI < 0,55	Sedang
3.	0,55 < NDVI < 0,70	Tinggi

3.8. Uji Ketelitian Klasifikasi

Uji ketelitian digunakan untuk mengetahui seberapa besar kepercayaan pengguna terhadap jenis data atau metode yang digunakannya (Purwadhi, 2001). Uji ketelitian pada penelitian ini menggunakan matriks kesalahan (*confusion matrix*) dengan kelas yang diuji berupa obyek vegetasi dan non-vegetasi seperti terlihat pada Tabel 3.3.

Pada kasus yang ideal seluruh sel di luar diagonal utama bernilai nol, yang mengisyaratkan tidak ada penyimpangan dalam klasifikasi. Nilai dalam sel di bawah diagonal utama menunjukkan kekurangan jumlah piksel akibat masuk ke dalam kelas lain (*comission error*). Sedangkan nilai dalam sel di atas diagonal utama merupakan kelebihan jumlah piksel (*omission error*).

Tabel 3.3. Matriks Kesalahan (*Confusion Matrix*)

Data Klasifikasi	Data Referensi		Total Baris	UA (%)
	Bukan Vegetasi (X ₁)	Vegetasi (X ₂)		
Bukan Vegetasi (X ₁)	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₊ = X ₁₁ + X ₁₂	X ₁₁ / X ₁₊
Vegetasi (X ₂)	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₊ = X ₂₁ + X ₂₂	X ₂₂ / X ₂₊
Total Kolom	X ₊₁ = X ₁₁ + X ₂₁	X ₊₂ = X ₁₂ + X ₂₂	N	
PA (%)	X ₁₁ / X ₊₁	X ₂₂ / X ₊₂		

Sumber: Purwadhi, 2001 dimodifikasi

Produser's accuracy (PA) adalah peluang (dalam %) suatu piksel akan diklasifikasikan dengan tepat, yang menunjukkan seberapa baik masing-masing kelas telah diklasifikasikan berdasarkan data referensi. *User's accuracy* (UA) adalah nilai persentase peluang rata-rata piksel dari citra yang telah terklasifikasi secara aktual mewakili kelas berdasarkan data referensi. *Overall accuracy* (OA) adalah nilai persentase dari piksel yang terkelaskan dengan sempurna. Secara matematis jenis-jenis akurasi diatas dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$PA = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100\% \quad (3.5)$$

$$UA = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100\% \quad (3.6)$$

$$OA = \frac{\sum_{i=1}^r X_{ii}}{N} \times 100\% \quad (3.7)$$

Nilai akurasi yang paling banyak digunakan adalah akurasi Kappa, karena nilai Kappa memperhitungkan semua elemen dari matriks (Foody, 2002). Secara matematis akurasi Kappa dinyatakan sebagai berikut :

$$\kappa = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (3.8)$$

dimana:

X_{ii} = nilai diagonal dari matriks kontingensi baris ke-i dan kolom ke-i

X_{+i} = jumlah piksel dalam kolom ke-i

X_{i+} = jumlah piksel dalam baris ke-i

N = banyaknya titik contoh

3.9. Perhitungan Biomassa Lapangan

Dalam perhitungan estimasi kandungan biomassa pada lokasi sampel dihitung melalui pendekatan yang dikemukakan George W. Cox (1976) dan dimodifikasi, dengan asumsi bahwa standar biomassa untuk vegetasi atas setara dengan kandungan biomassa hijau areal pepohonan dan semak belukar yaitu 6,0 kg/m² dan untuk vegetasi bawah setara dengan persawahan yaitu sebesar 1,5 kg/m² (Owen, 1974 dalam Yamamoto, 1983). Adapun persamaan matematis untuk menghitung biomassa lapangan, adalah sebagai berikut:

$$BM = \{[Te \times Re \times Cp \times 6,0 \text{ kg/m}^2] + (Cr \times 1,5 \text{ kg/m}^2)\} \quad (3.9)$$

Dimana,

BM = kandungan biomassa hijau (kg/m²)

Te = ketebalan tajuk (m)

Re = kerapatan tajuk (%/m)

Cp = persentase tutupan tajuk (%)

Cr = persentase tutupan vegetasi bawah (%)

3.10. Perhitungan Kemampuan Penyerapan CO₂

Nilai kandungan biomassa bersih digunakan untuk mengetahui nilai massa karbondioksida (CO₂) yang dihitung dengan formula:

$$\text{Massa CO}_2 = \text{Berat Biomassa} \times 1,47 \quad (3.10)$$

Rumus tersebut diperoleh dari persamaan reaksi fotosintesis, sebagai berikut:



Dari persamaan reaksi tersebut dapat dilihat 1 mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ setara dengan 6 mol CO_2 , sehingga perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Mol $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = \text{Berat Biomassa} / \text{Mr } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
2. Massa $\text{CO}_2 = 6 \times \text{Mr } \text{CO}_2 \times \text{Mol } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$
 $= 6 \times \text{Mr } \text{CO}_2 \times (\text{Berat Biomassa} / \text{Mr } \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)$
 $= 6 \times 44 \times (\text{Berat Biomassa} / 180)$
 $= \text{Berat Biomassa} \times 1,47$

Keterangan:

- Mr = Massa molekul relative
 Ar = atom relatif untuk C=12 H=1 dan O=16
 Mr $\text{CO}_2 = 12 + (6 \times 2) = 44$
 Mr $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 = (12 \times 6) + (1 \times 12) + (16 \times 6) = 180$

3.11. Analisis Data

3.11.1. Analisis Spasial

Secara umum, analisis spasial adalah suatu teknik atau proses yang melibatkan sejumlah hitungan dan evaluasi logika (matematis) yang dilakukan dalam rangka mencari atau menemukan potensi hubungan atau pola-pola yang (mungkin) terdapat di antara unsur-unsur geografis (yang terkandung dalam data digital dengan batas-batas wilayah studi tertentu).

Penelitian ini menggunakan analisis spasial berupa data vektor yakni menumpang susunkan (*overlay*) kedua informasi atau lebih yang memiliki tema berbeda untuk dihasilkan informasi baru berupa sebaran dan luas. Metode *overlay* yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk mengetahui perubahan sebaran ruang hijau, sebaran tingkat kerapatan vegetasi, sebaran biomassa hijau, dan sebaran kemampuan menyerap CO_2 . Perubahan tersebut

menggunakan dua data yang berbeda perkamannya yakni tanggal 14 September 2000 dan 13 Juni 2011.

3.11.2. Analisis Kuantitatif

A. Analisis Regresi

Model regresi untuk menduga kandungan biomassa dihasilkan dari analisis korelasi antara variabel biomassa dan NDVI. Tujuan dari analisis regresi adalah untuk memprediksi variabel terikat (y) dan variabel bebas (x). Persamaan regresi linier sederhana biomassa (Y) terhadap NDVI (X) adalah :

$$Y_i = \beta X_i + \alpha \quad (3.11)$$

dimana : X_i = variable bebas (independen)

Y_i = variable terikat (dependen)

a = penduga bagi intersep (α)

b = penduga bagi koefisien regresi (β)

i = 1,2,3,...

Nilai α dan β adalah parameter yang nilainya tidak diketahui sehingga diduga menggunakan statistik sampel.

B. Analisis Korelasi

Kegunaan analisis korelasi sederhana untuk mengetahui derajat hubungan antara variabel bebas X (NDVI) dengan variabel terikat Y (Biomassa). Kedua variabel ini mempunyai hubungan sebab akibat. Koefisien korelasi (dari sampel) adalah ukuran kuantitatif untuk menunjukkan “kuat”nya hubungan antara dua variabel tersebut. Koefisien korelasi yang digunakan untuk mengukur nilai pengaruh X terhadap Y adalah koefisien korelasi Pearson dengan rumus :

$$r_{xy} = \frac{n \sum X_i Y_i - \sum X_i \sum Y_i}{\sqrt{[n \sum X_i^2 - (\sum X_i)^2][n \sum Y_i^2 - (\sum Y_i)^2]}} \quad (3.12)$$

Keterangan:

r = Koefisien Korelasi Pearson

X_i = Skor variabel bebas

Y_i = Skor variabel tergantung

n = Ukuran Sampel

Koefisien korelasi sederhana (r) merupakan suatu ukuran arah dan kekuatan hubungan linier antara variabel bebas X (NDVI) dengan variabel terikat Y (Biomassa), dengan ketentuan nilai r berkisar dari harga ($-1 \leq r \leq +1$). Apabila nilai $r = -1$ artinya korelasinya negatif sempurna (menyatakan arah hubungan antara NDVI dan Biomassa adalah negatif dan sangat kuat), $r = 0$ artinya tidak ada korelasi, $r = 1$ berarti korelasinya sangat kuat dengan arah yang positif. Sedangkan arti nilai r dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Besar kecilnya sumbangan nilai variable X terhadap Y dapat ditentukan dengan rumus koefisien determinasi sebagai berikut:

$$R^2 = r^2 \quad (3.13)$$

di mana: R^2 = nilai koefisien determinasi
 r = nilai koefisien korelasi

Tabel 3.4. Tingkat Hubungan Nilai Korelasi

Interval Koefisien	Tingkat Hubungan
0,800 - 1,000	Sangat Kuat
0,600 - 0,799	Kuat
0,400 - 0,599	Cukup Kuat
0,200 - 0,399	Rendah
0,000 - 0,199	Sangat Rendah

Sumber: Usman, H. dan R. Purnomo S.A, 2000

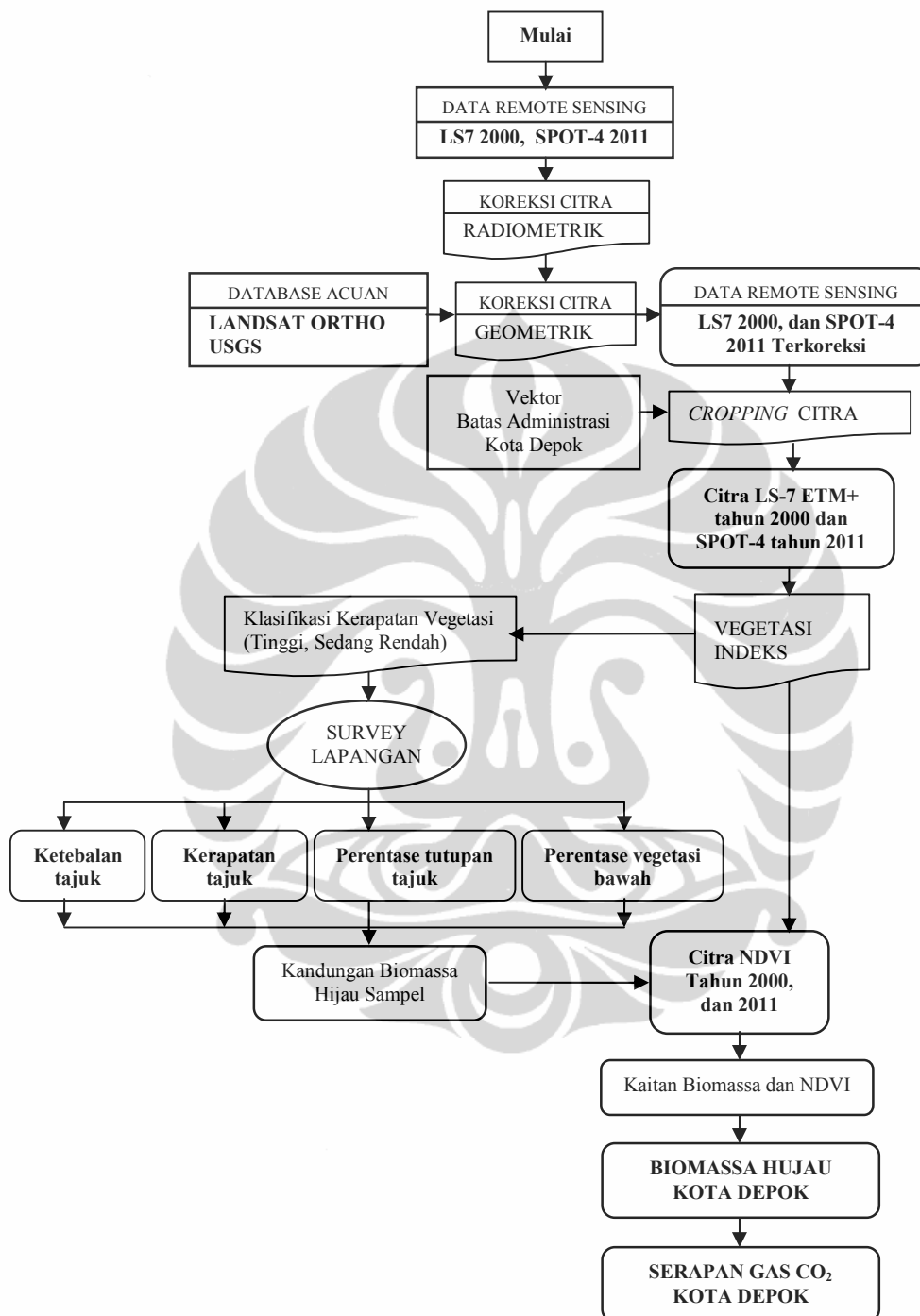
Dalam analisis regresi, koefisien determinasi adalah ukuran dari *goodness-of-fit* dan mempunyai nilai antara 0 dan 1, apabila nilai mendekati 1 (satu) menunjukkan ketepatan yang lebih baik. Sebagai contoh, dengan nilai koefisien determinasi 0.9012 menunjukkan bahwa sekitar 90 % variasi dari Y dapat dijelaskan/diselesaikan dengan hubungan antara X dan Y dalam persamaan tersebut. Disarankan tiga informasi yang berhubungan dengan

prosedur regresi diberikan yaitu estimasi parameter, estimasi dari ketidakpastian dalam estimasi, dan ukuran statistik tentang *goodness-of-fit*.

Koefisien determinasi, adalah sebuah besaran yang mengukur ketepatan garis regresi. Nilai R^2 ini menunjukkan prosentase besarnya variabilitas dalam data yang dijelaskan oleh model regresi. Maksimum nilai R^2 adalah 100% dan minimal 0. Jika nilai $R^2=100\%$, misalnya untuk regresi linier sederhana semua titik data akan menempel ke garis regresi, semakin kecil R^2 maka data makin menyebar jauh dari garis. Oleh karena itu jika R^2 kecil maka keeratan hubungan antara X dan Y lemah dan jika $R^2=0$ menunjukkan bahwa X tidak memiliki hubungan dengan Y.



3.12. Diagram Alir Pengolahan Data



Gambar 3.8. Diagram Alir Pengolahan Data

BAB 4

GAMBARAN UMUM

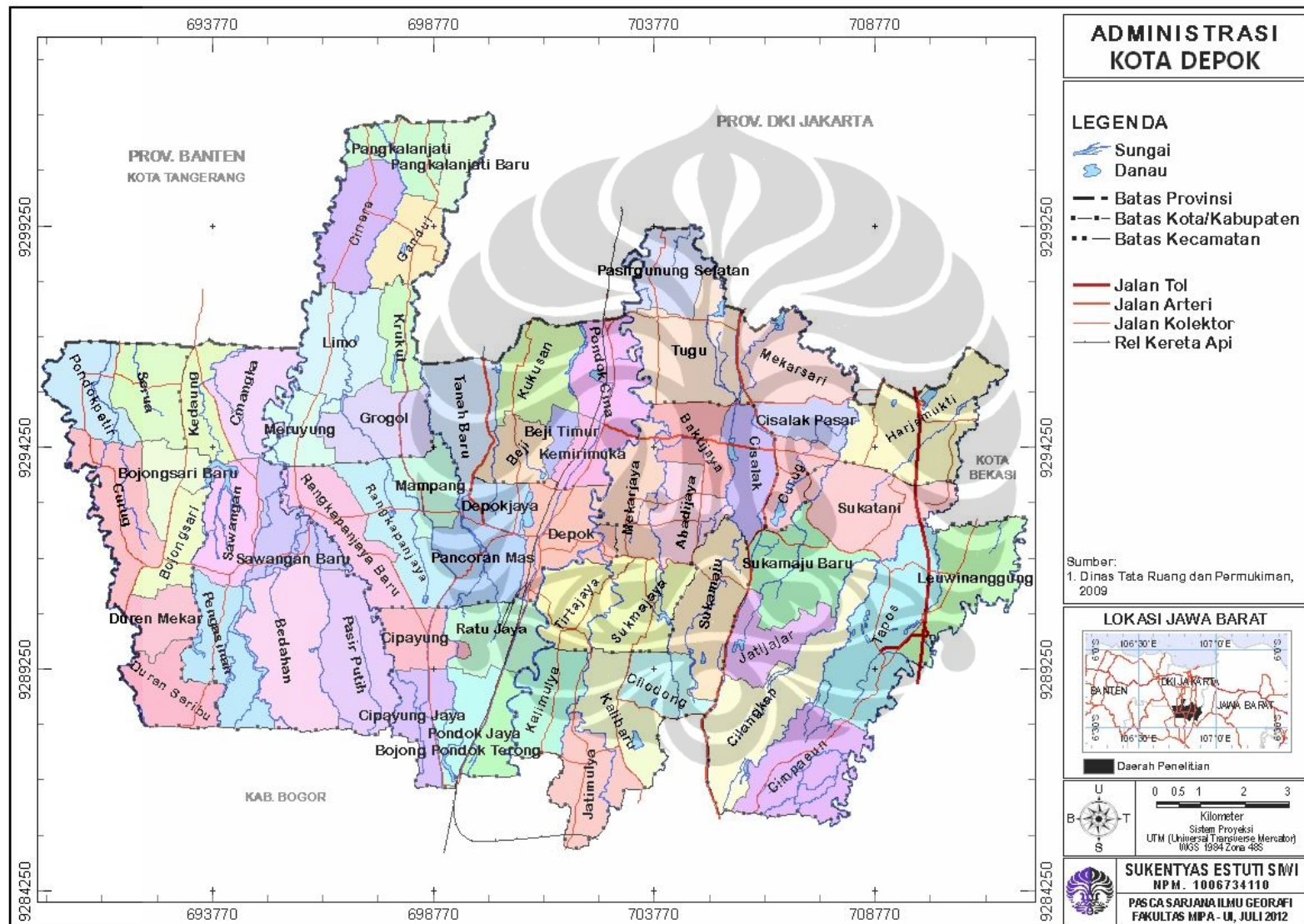
4.1. Wilayah Administrasi

Secara geografis Kota Depok terletak pada koordinat $6^{\circ}18'47,06''$ - $6^{\circ}27'54,57''$ Lintang Selatan dan $106^{\circ}42'55,14''$ - $106^{\circ}55'9,97''$ Bujur Timur. Luas wilayah Kota Depok adalah 20.029 ha, yang setara 0,58% dari luas Provinsi Jawa Barat. Berdasarkan batas wilayahnya, Kota Depok berbatasan langsung dengan tiga kabupaten/kota dan dua provinsi yaitu:

- a. Sebelah Utara berbatasan dengan Kecamatan Ciputat Kabupaten Tangerang dan Provinsi DKI Jakarta.
- b. Sebelah Timur berbatasan dengan Kecamatan Pondok Gede Kota Bekasi dan Kecamatan Gunung Putri Kabupaten Bogor.
- c. Sebelah Selatan berbatasan dengan Kecamatan Cibinong dan Kecamatan Bojong Gede Kabupaten Bogor.
- d. Sebelah Barat berbatasan dengan Kecamatan Parung dan Kecamatan Gunung Sindur Kabupaten Bogor.

Definitifnya Perda Kota Depok Nomor 8 Tahun 2008 tentang Pembentukan Wilayah Kecamatan, yang awalnya terdiri dari 6 Kecamatan dimekarkan menjadi 11 Kecamatan. Sebaran masing-masing kecamatan disajikan pada Gambar 4.1.

Berdasarkan alokasi luas wilayah kecamatan, secara rinci dapat dilihat pada Tabel 4.1 yang menunjukkan bahwa Kecamatan Tapos dan Kecamatan Sawangan, merupakan wilayah paling luas, yaitu masing-masing 3.232 ha (16,14%) dan 2.590 ha (12,93%). Walaupun dari 2 kecamatan tersebut memiliki luasan wilayah paling besar, akan tetapi berdasarkan tata letaknya menempati posisi paling jauh dari pusat administrasi pemerintahan. Luas wilayah paling kecil adalah Kecamatan Cinere yaitu 1.047 ha (5,23%), dan Kecamatan Cipayung (1.163 ha) atau 5,81% dari luas Kota Depok.



Gambar 4.1. Peta Administrasi Wilayah Pemerintahan Kota Depok

Tabel 4.1. Kecamatan di Kota Depok Berdasarkan Perda No 8 Tahun 2008 tentang Pembentukan Wilayah Kecamatan di Kota Depok

No	Kecamatan	Luas Wilayah	
		(ha)	(%)
1	Beji	1.430	7,14
2	Bojongsari	1.979	9,88
3	Cilodong	1.609	8,03
4	Cimanggis	2.122	10,59
5	Cinere	1.047	5,23
6	Cipayung	1.163	5,81
7	Limo	1.232	6,15
8	Pancoran Mas	1.821	9,09
9	Sukmajaya	1.804	9,01
10	Sawangan	2.590	12,93
11	Tapos	3.232	16,14
Kota Depok		20.029	100,00

Sumber: Depok dalam Angka, 2011

4.2. Potensi Fisik Wilayah

Secara umum topografi wilayah Kota Depok di bagian utara merupakan dataran rendah dengan elevasi antara 40 m dan 80 m di atas permukaan laut (dpl). Semakin ke arah selatan wilayah ini membentuk perbukitan bergelombang dengan elevasi antara 80 m dan 140 m dpl. Wilayah tersebut meliputi Kecamatan Sawangan, Pancoran Mas, Sukmajaya, dan Cimanggis.

Kemiringan lereng di wilayah Kota Depok, secara umum memiliki kisaran kemiringan lereng antara 8% hingga 15%. Namun demikian ada beberapa kecamatan yang didominasi oleh kemiringan lereng <8% yaitu di sebagian Kecamatan Cinere, Beji, dan Cimanggis. Daerah dengan kemiringan >15% terdapat di sepanjang sungai Cikeas, Ciliwung, dan bagian selatan Sungai Angke.

Kemiringan lereng antara 8-15% potensial untuk pengembangan wilayah perkotaan dan pertanian, sedangkan kemiringan lereng yang lebih besar dari 15% potensial untuk dijadikan sebagai benteng alam yang berguna untuk memperkuat pondasi. Di samping itu, perbedaan kemiringan lereng juga bermanfaat untuk sistem drainase. Permasalahan yang muncul akibat topografi Kota Depok adalah

karena adanya perbedaan kemiringan lereng menyebabkan terjadinya genangan atau banjir, bila penanganannya tidak dilakukan secara terpadu.

Berdasarkan peta geologi regional yang dibuat oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Bandung tahun 1992, Lembar Jakarta dan Kepulauan Seribu skala 1:100.000, stratigrafi wilayah Depok dan sekitarnya dari tua ke muda disusun oleh batuan perselingan, batu pasir, dan batu lempung sebagai berikut:

1. Formasi Bojongmanik (Tmb): Perselingan konglomerat, batupasir, batulanau, batu lempung;
2. Formasi Serpong (Tpss): Breksi, lahar, tuf breksi, tuf batu apung;
3. Satuan Batuan Gungungapi Muda (Qv): tuf halus berlapis, tuf pasiran berselingan dengan konglomeratan;
4. Satuan Batuan Kipas Alluvium: Endapan lempung pasir, krikil, kerakal dan
5. Satuan Endapan Alluvia (Qa).

Struktur geologi di daerah ini merupakan lapisan horizontal atau sayap lipatan dengan kemiringan lapisan yang hampir datar, sesar mendatar yang diperkirakan berarah utara – selatan.

Kondisi geologi Kota Depok termasuk ke dalam sistem geologi cekungan Botabek yang dibentuk oleh endapan kuartar yang berupa rombakan gunung api muda dan endapan sungai. Singkapan batuan tersier yang membatasi cekungan Bogor – Tangerang – Bekasi terdapat pada bagian barat – barat daya dimana dijumpai pada Formasi Serpong, Genteng dan Bojongmanik.

Secara umum keadaan jenis tanah di Kota Depok adalah sebagai berikut:

1. Tanah Alluvial, tanah endapan yang masih muda, terbentuk dari endapan lempung, debu dan pasir, umumnya tersikap di jalur-jalur sungai, tingkat kesuburan sedang – tinggi.
2. Tanah Latosol coklat kemerahan, tanah yang belum begitu lanjut perkembangannya, terbentuk dari tufa vulkan andesitis–basalitis, tingkat kesuburannya rendah – cukup, mudah meresapkan air, tanah terhadap erosi, tekstur halus.

Asosiasi Latosol merah dan laterit air tanah, tanah latosol yang perkembangannya dipengaruhi air tanah, tingkat kesuburan sedang, kandungan air tanah cukup banyak, sifat fisik tanah sedang – kurang baik.

Wilayah Depok termasuk dalam daerah beriklim tropis dengan perbedaan curah hujan yang cukup kecil dan dipengaruhi oleh iklim musim. Secara umum musim kemarau terjadi antara Bulan April-September dan musim hujan antara Bulan Oktober-Maret. Gambaran secara umum kondisi masing-masing unsur cuaca/iklim di wilayah Kota Depok adalah sebagai berikut:

1. Temperatur : 24,3-33,0 derajat Celsius
2. Kelembaban udara rata-rata : 82%
3. Penguapan rata-rata : 3,9 mm/hari
4. Kecepatan angin rata-rata : 3,3 knot
5. Penyinaran matahari rata-rata : 49,8%
6. Jumlah curah hujan : 2.684 mm/tahun
7. Jumlah hari hujan : 222 hari/tahun.

Iklim wilayah Depok yang tropis mendukung untuk pemanfaatan lahan pertanian ditambah lagi dengan curah hujan yang kontinu di sepanjang tahun. Permasalahan mendasar walaupun di satu sisi di dukung oleh iklim tropis yang baik yaitu alokasi tata guna lahan yang harus mempertimbangkan sektor lain terutama lahan hijau dan permukiman.

4.3. Kependudukan

Sebagai Kota yang berbatasan langsung dengan Ibukota Negara, Kota Depok menghadapi berbagai permasalahan perkotaan, termasuk masalah kependudukan. Sebagai daerah penyangga Kota Jakarta, Kota Depok mendapatkan tekanan migrasi penduduk yang cukup tinggi sebagai akibat dari meningkatnya jumlah kawasan permukiman, pendidikan, perdagangan dan jasa.

Badan Pusat Statistik (BPS) Kota Depok menyatakan jumlah penduduk Kota Depok tahun 2011 mencapai 1.813.612 jiwa, yang terdiri dari penduduk laki-laki 918.835 jiwa dan penduduk perempuan 894.777 jiwa. Kota Depok memiliki luas 20.029 ha, sehingga kepadatan penduduknya mencapai 91 jiwa/ha.

Tabel 4.2 memperlihatkan bahwa Kecamatan Cimanggis merupakan kecamatan dengan jumlah penduduk terbanyak dibanding dengan kecamatan

lainnya di Kota Depok, yaitu 252.424 jiwa, sedangkan jumlah penduduk terkecil di Kota Depok adalah Kecamatan Limo yaitu 91.749 jiwa.

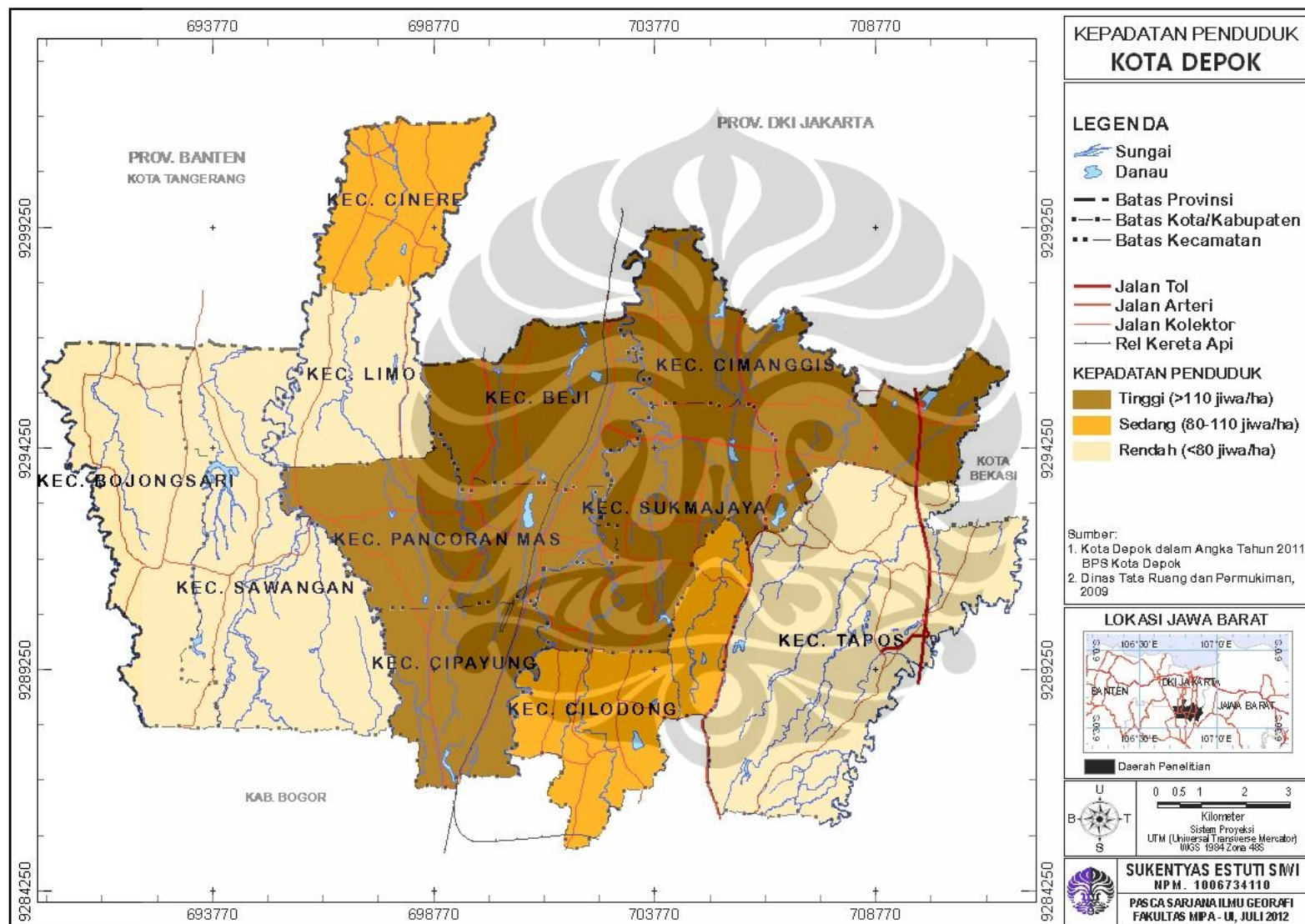
Tabel. 4.2. Jumlah Penduduk, Luas Wilayah, dan Kepadatan Penduduk

No	Kecamatan	Jumlah Penduduk (jiwa)	Luas (ha)	Kepadatan Penduduk (Jiwa/ha)
1	Beji	173.064	1.430	121
2	Bojongsari	104.040	1.979	53
3	Cilodong	130.410	1.609	81
4	Cimanggis	252.424	2.122	119
5	Cinere	112.099	1.047	107
6	Cipayung	133.439	1.163	115
7	Limo	91.749	1.232	75
8	Pancoran Mas	219.601	1.821	121
9	Sukmajaya	242.335	1.804	134
10	Sawangan	128.905	2.590	50
11	Tapos	225.547	3.232	70
Kota Depok		1.813.613	20.029	91

Sumber: Kota Depok Dalam Angka, 2011

Gambar 4.2 menjelaskan kondisi kepadatan penduduk Kota Depok pada tahun 2011 yang mencapai mencapai 91 jiwa/ha. Kecamatan Sukmajaya merupakan kecamatan terpadat di Kota Depok dengan tingkat kepadatan 134 jiwa/ha, kemudian Kecamatan Pancoran Mas dengan tingkat kepadatan sedang 121 jiwa/ha. Sedangkan kecamatan dengan kepadatan penduduk terendah adalah Kecamatan Sawangan yaitu sebesar 50 jiwa/ha.

Tingginya jumlah dan tingkat pertumbuhan penduduk yang ada di Kota Depok mengakibatkan dibutuhkan lahan yang luas untuk keperluan pembangunan rumah, lokasi aktivitas, fasilitas umum, dan utilitas umum. Selain itu, juga memacu perubahan penggunaan lahan, khususnya dari lahan yang tadinya berfungsi sebagai ruang hijau menjadi ruang yang tertutup dengan bangunan (Kumar, 2002).



Gambar 4.2. Peta Kepadatan Penduduk Kota Depok

4.3. Penggunaan Tanah

Data penggunaan tanah penting diperhatikan karena menunjukkan seberapa besar luasan lahan yang digunakan untuk area terbangun dan tidak terbangun. Berdasarkan rancangan draf RTRW Kota Depok 2010-2030 tercatat bahwa lahan terbangun pada tahun 2009 sebesar 8.531,11 ha (42,59 %) dari luas wilayah Kota Depok. Peruntukkan lahan untuk industri, instalasi pemerintahan, kompleks militer, pendidikan tinggi, perdagangan dan jasa, permukiman swadaya dan permukiman terstruktur. Alokasi lahan tidak terbangun tercatat 11.497,89 ha (57,41%), yang meliputi kebun campuran, kolam, kuburan, lapangan, dan sawah. Secara rinci persebaran penggunaan tanah disajikan pada Tabel 4.3.

Pada Tabel 4.3. terlihat dominasi penggunaan tanah terbangun tahun 2009 terbesar terdapat pada penggunaan tanah permukiman swadaya sebesar 5.375,47 Ha atau sekitar 26,84% dan permukiman teratur sebesar 1.833,55 ha atau sekitar 9,15%. Sehingga total luas untuk lahan permukiman pada tahun 2009 sebesar 7.209,01 ha atau berkisar 35,99% dari luas Kota Depok. Sedangkan dominasi penggunaan tanah tidak terbangun terbesar pada penggunaan tanah kebun campuran sebesar 7.312,19 ha atau berkisar 36,51% dari luas Kota Depok.

Tabel 4.3. Penggunaan Tanah Kota Depok Tahun 2009

No	Penggunaan Lahan	Luas	
		ha	%
1	Industri	514,8	2,57
2	Instalasi Pemerintah	236,84	1,18
3	Komplek Militer	159,52	0,8
4	Pendidikan Tinggi	198,07	0,99
5	Perdagangan dan Jasa	201,56	1,01
6	Perkantoran dan Jasa	11,32	0,06
7	Permukiman Swadaya	5.375,47	26,84
8	Permukiman Terstruktur	1.833,55	9,15
9	Kebun Campuran	7.312,19	36,51
10	Kolam	276,45	1,38
11	Kuburan	104,3	0,52
12	Lapangan	1.705,81	8,52
13	Sawah	1.687,57	8,43
14	Lain-Lain (sungai, danau, jalan)	411,55	2,04
Jumlah (Kota Depok)		20.029,00	100,00

Sumber: Dinas Tata Ruang dan Permukiman Kota Depok, 2009

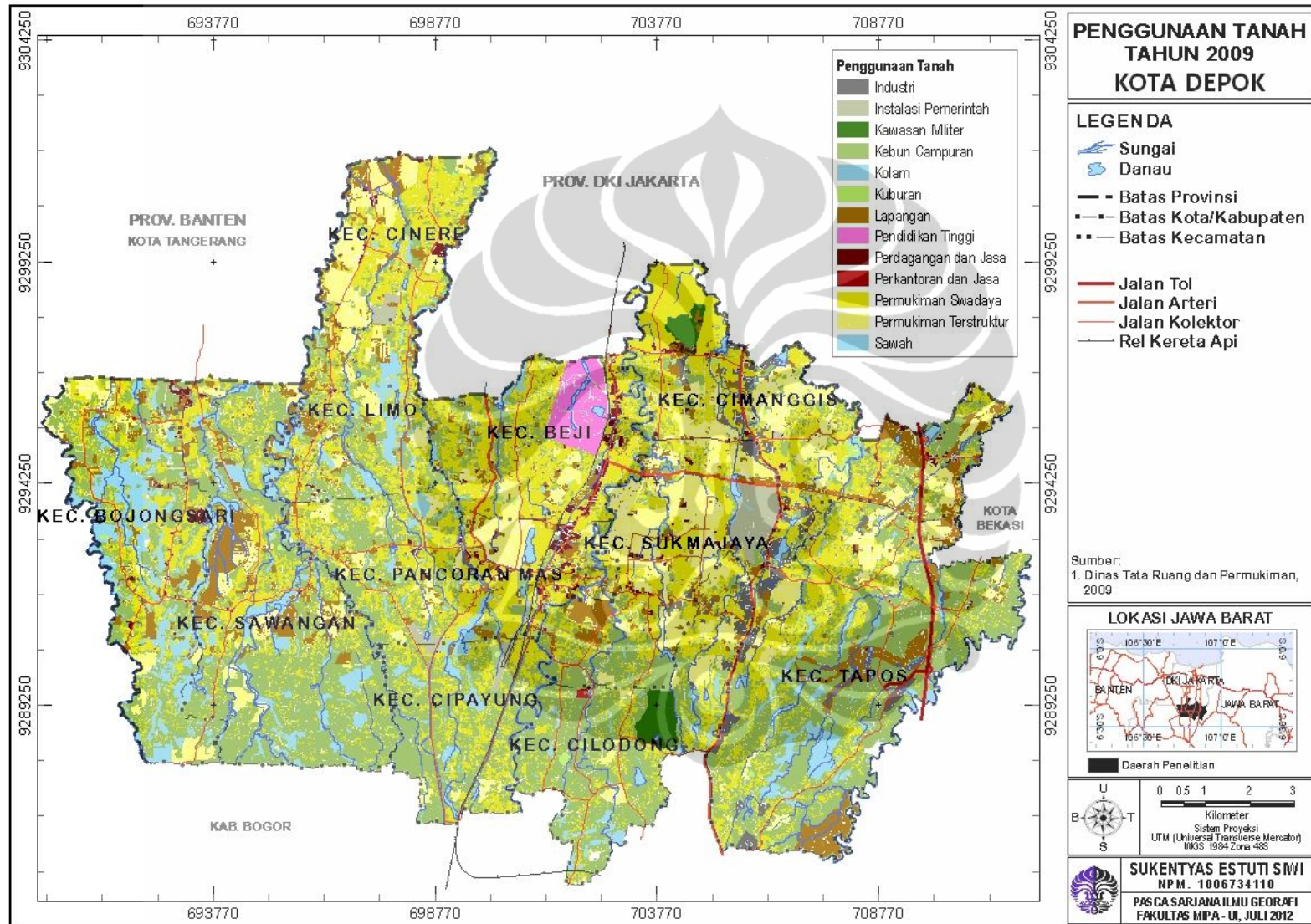
Pada Gambar 4.3 terlihat sebaran dari masing-masing penggunaan tanah yang ada di Kota Depok. Dimana penggunaan tanah untuk lahan permukiman terpusat di Kecamatan Beji, Sukmajaya, Pancoran Mas, Cimanggis dan Kecamatan Cinere. Kecamatan selain ini masih di dominasi dengan penggunaan tanah kebun campuran dan sawah.

Kondisi di atas menggambarkan Kota Depok masih mencerminkan kegiatan yang bercampur antara pertanian dan perkotaan yang dipengaruhi oleh Kota Metropolitan. Masalah yang dihadapi dalam penggunaan lahan ini adalah konversi lahan pertanian (lahan basah) menjadi kegiatan non pertanian, persoalannya adalah perkembangan nilai tanah (*land rent*) yang lebih tinggi dibandingkan dengan produktifitas pertanian sawah, dan diperkirakan akan semakin mempercepat perubahan menjadi lahan perkotaan. Jika dilihat dari sebarannya dapat dikenali kawasan perumahan terkonsentrasi dominan di bagian utara yang berdekatan dengan Jakarta yaitu Kecamatan Limo, Beji dan Sukmajaya. Kemudian di bagian tengah diapit oleh Jalan Margonda Raya, Sungai Ciliwung dan Jalan Tole Iskandar. Penggunaan pertanian tersebar di Kecamatan Sawangan, Pancoran Mas bagian selatan dan sebagian Kecamatan Cimanggis.

Selain itu terdapat beberapa penggunaan lahan yang cenderung intensif seperti industri yang tersebar di Jalan Raya Bogor (Kecamatan Cimanggis), perdagangan dan jasa, pendidikan dan perkantoran yang tersebar di sepanjang Jalan Margonda Raya dan Jalan Akses UI.

4.4. Rencana Ruang Terbuka Hijau (RTH)

Undang-undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, yaitu pasal 29 ayat 1, 2 dan 3; dijelaskan mengenai klasifikasi Ruang Terbuka Hijau (RTH); Ruang Terbuka Hijau terdiri dari ruang terbuka hijau publik dan ruang terbuka hijau privat. Juga mengenai proporsi ruang terbuka hijau pada wilayah kota minimal 30% dari luas wilayah kota. Sedangkan proporsi ruang terbuka hijau publik adalah minimal 20% dari luas wilayah kota.



Gambar 4.3. Peta Penggunaan Tanah Tahun 2009 Kota Depok

Tabel 4.4. Luas Rencana Ruang Terbuka Hijau (RTH) di Kota Depok

NO	Jenis Fasilitas RTH	Eksisting (ha)	Prosentase (%)
	A. RTH PUBLIK		
1	RTH Taman	308,72	1,54
2	RTH Hutan Kota	198,45	0,99
3	Kawasan Lindung Lainnya	7,60	0,04
4	Pulau Jalan dan Median Jalan	33,11	0,17
5	Sempadan rel kereta	90,14	0,45
6	Sempadan situ	187,80	0,94
7	Sempadan sungai	464,77	2,32
8	Sempadan jalur pipa gas	33,56	0,17
9	Jalur hijau jaringan listrik tegangan tinggi	87,49	0,44
10	RTH Taman Pemakaman	119,18	0,60
11	RTH lapangan olahraga milik pemerintah	37,40	0,19
12	RTH halaman perkantoran milik pemerintah	219,01	1,09
	LUAS RTH PUBLIK	1.787,23	8,94
	B. RTH PRIVAT		
13	Pekarangan rumah tinggal	1.441,86	7,20
14	RTH Kawasan Perdagangan dan Jasa	27,64	0,14
15	RTH Kawasan Perkantoran	2,52	0,01
	Luas RTH privat	1.472,02	7,35
	Luas total RTH	3.259,25	16,29
	Luas Kota Depok	20.029,00	

Sumber: Dinas Tata Ruang dan Permukiman, 2009

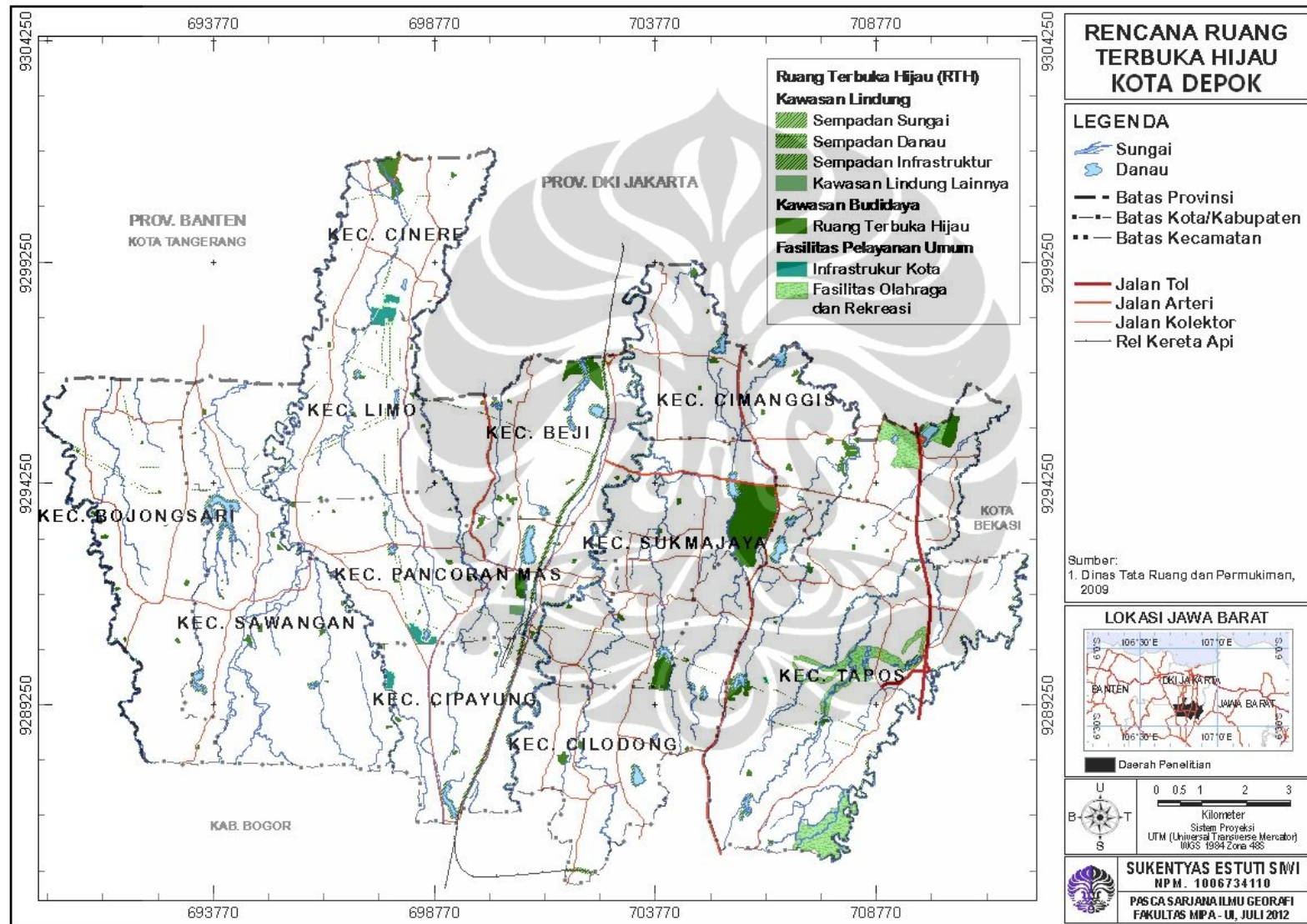
Sistem RTH merupakan bagian alam kota yang tidak terbangun, yang berfungsi menunjang kenyamanan, kesejahteraan, peningkatan kualitas lingkungan dan pelestarian alam, mendatangkan spirit dan kebanggaan, makna serta ingatan pada suatu kota. RTH kota adalah bagian dari ruang-ruang terbuka (open spaces) suatu wilayah perkotaan yang diisi oleh tumbuhan, tanaman, dan vegetasi (endemik, introduksi) guna mendukung manfaat langsung dan/atau tidak langsung yang dihasilkan oleh RTH dalam kota tersebut yaitu keamanan, kenyamanan, kesejahteraan, dan keindahan wilayah perkotaan.

Berdasarkan data dari Dinas Tata Ruang dan Permukiman, RTH yang ada di Kota Depok termasuk dalam RTH publik seluas 1.787,23 ha (8,94%), sedangkan untuk RTH privat seluas 1.472,02 ha (7,35%). Sehingga total RTH yang ada di

Kota Depok seluas 3.259,25 ha atau setara 16,29% dari luas Kota Depok. Secara spasial sebaran RTH yang terdapat di Kota Depok dapat dilihat pada Gambar 4.4.

Kota Depok memiliki RTH hutan kota seluas 198,45 ha. Dimana salah satu hutan kotanya terdapat di Kecamatan Pancoran Mas seluas 7,2 ha yang diberi nama Tahura (Gambar 4.5). Lokasi hutan ini sangat dekat dengan permukiman padat, sehingga sangat rawan terjadi kerusakan. Kondisi seperti ini sangat tidak bagus untuk RTH Publik, terutama RTH yang memiliki fungsi utamanya adalah fungsi ekologis.





Gambar 4.4. Peta Ruang Terbuka Hijau Kota Depok

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Sebaran Ruang Hijau Kota Depok

Ruang hijau (RH) sebagai salah satu komponen struktur kota, tidak selalu keberadaannya direncanakan (oleh pemerintah) terlebih dahulu. Tidak jarang dijumpai ruang hijau yang berupa tanah kosong, kebun campuran ataupun sawah di daerah pinggiran kota (Sobirin, 2001).

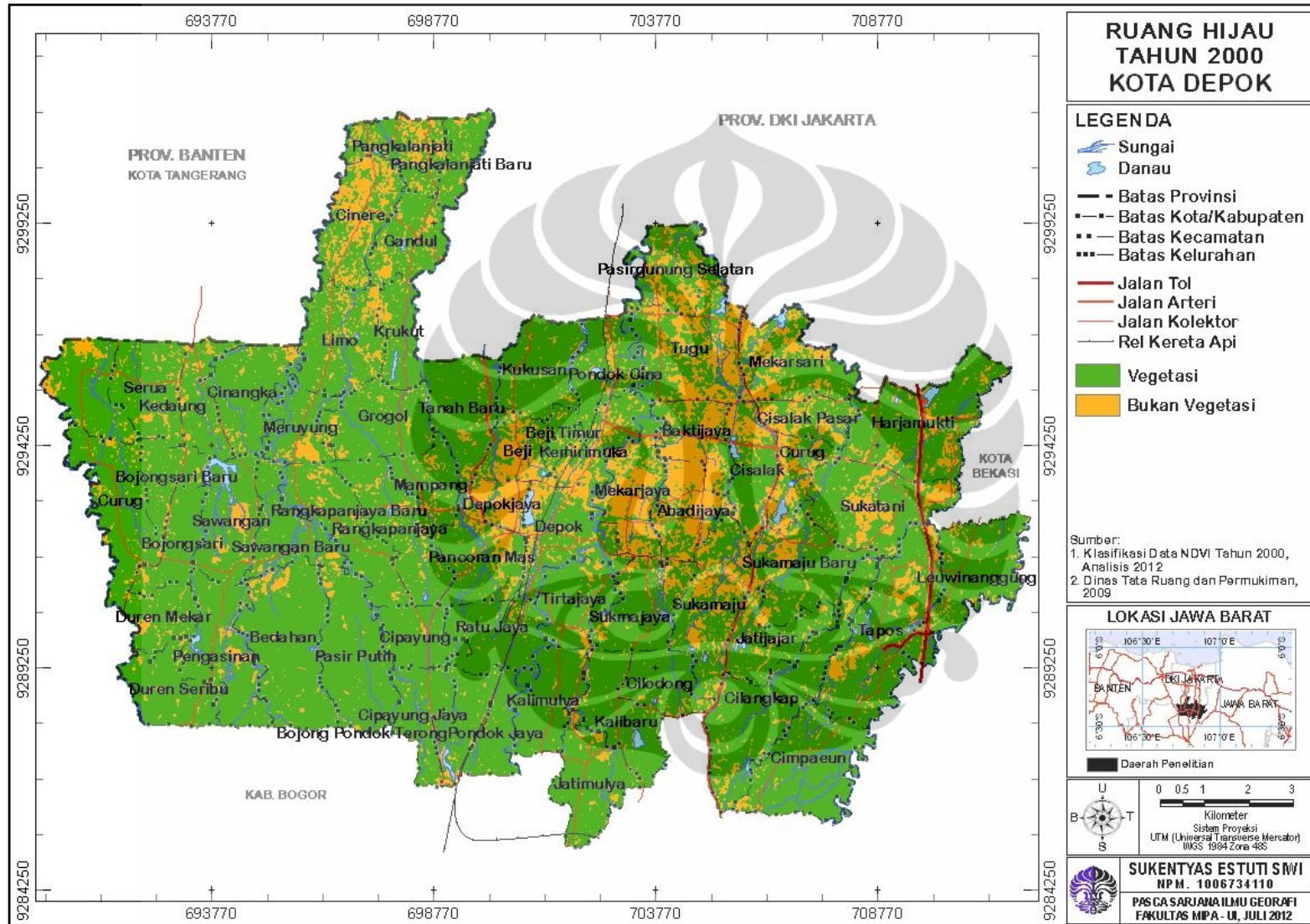
Pada Gambar 5.1 dan Gambar 5.2 dapat dilihat informasi sebaran dan distribusi spasial ruang hijau yang ada di Kota Depok pada tahun 2000 dan 2011. Gambar tersebut merupakan hasil pengolahan dari citra indeks vegetasi yang dibagi menjadi dua kelas, yaitu kelas vegetasi dan kelas bukan vegetasi berdasarkan *threshold* yang sudah ditentukan yaitu 0,25.

Tabel 5.1. Distribusi Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2000-2011

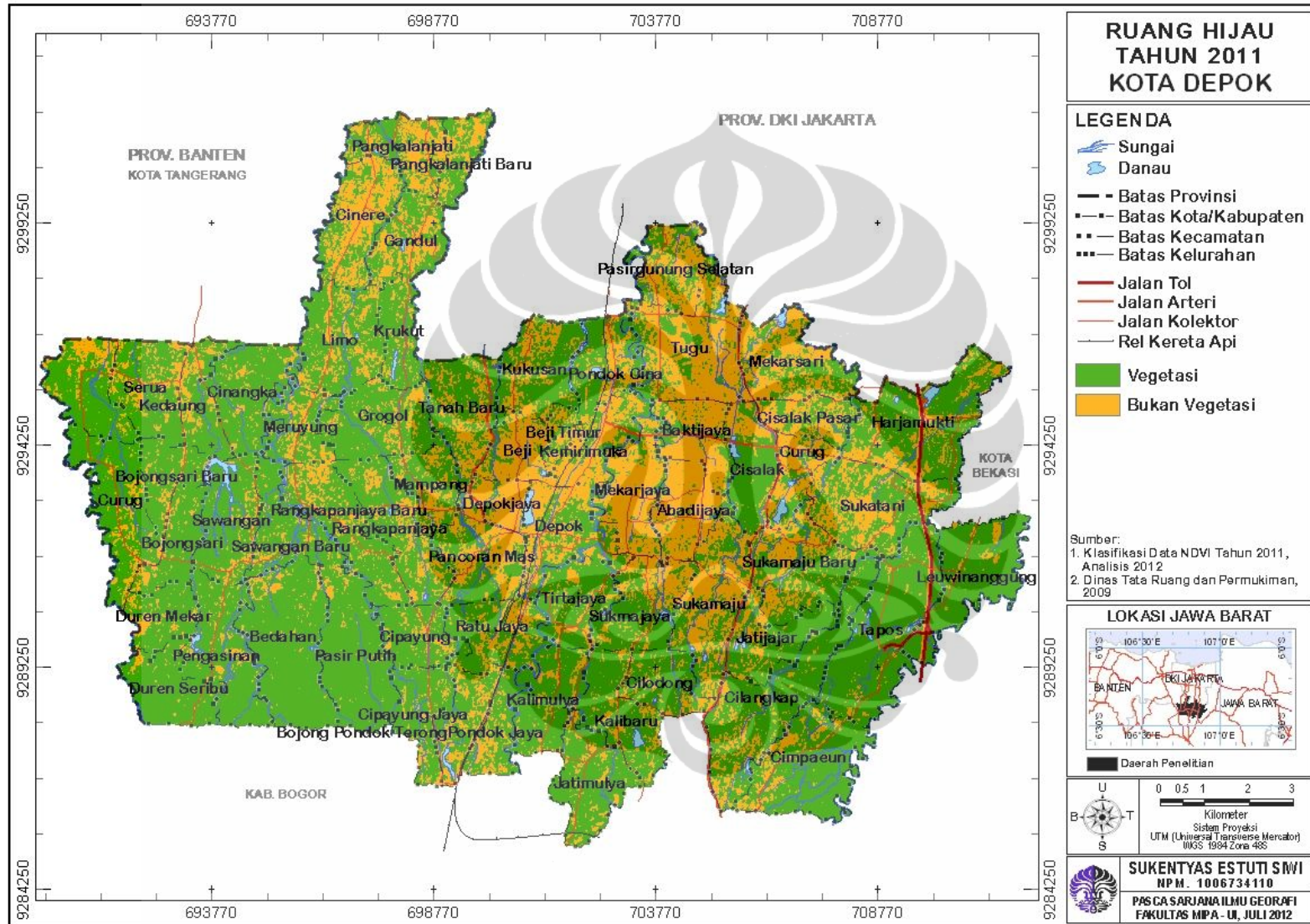
No	Ruang Hijau	Tahun 2000		Tahun 2011		Perubahan Luas 2000-2011 (ha)
		ha	%	ha	%	
1	Vegetasi	16.202,07	80,89	13.510,85	67,46	2.691,21
2	Bukan Vegetasi	3.826,93	19,11	6.518,15	32,54	
TOTAL		20.029,00	100,00	20.029,00	100,00	

Sumber: Hasil analisis, 2012

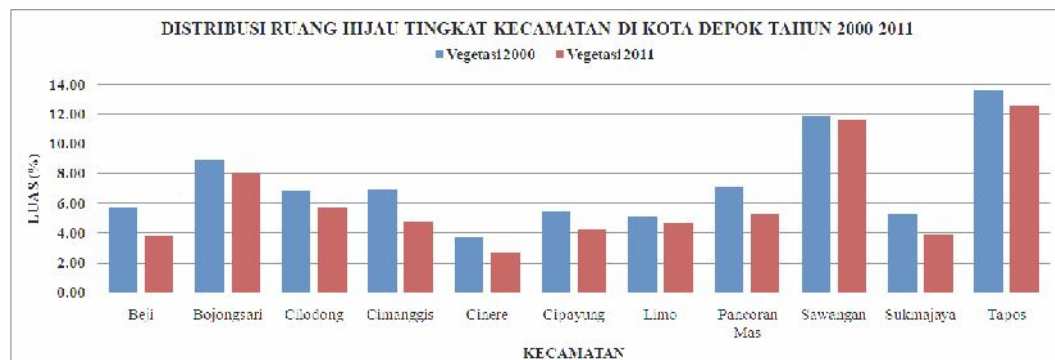
Tabel 5.1 menyajikan distribusi ruang hijau di Kota Depok tahun 2000, yang totalnya sebanyak 16.202,07 ha (80,89%). Pada tahun 2011 luas RH berkurang menjadi 13.510,85 ha (67,46%). Selama kurun waktu 11 tahun (2000-2011) terjadi penurunan luas lahan bervegetasi sebanyak 2.691,21 ha. Hal ini berarti selama kurun waktu tersebut di Kota Depok terjadi perubahan luas ruang hijau rata-rata 244,66 ha per tahun.



Gambar 5.1. Peta Sebaran Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2000



Gambar 5.2. Peta Sebaran Ruang Hijau Kota Depok Tahun 2011

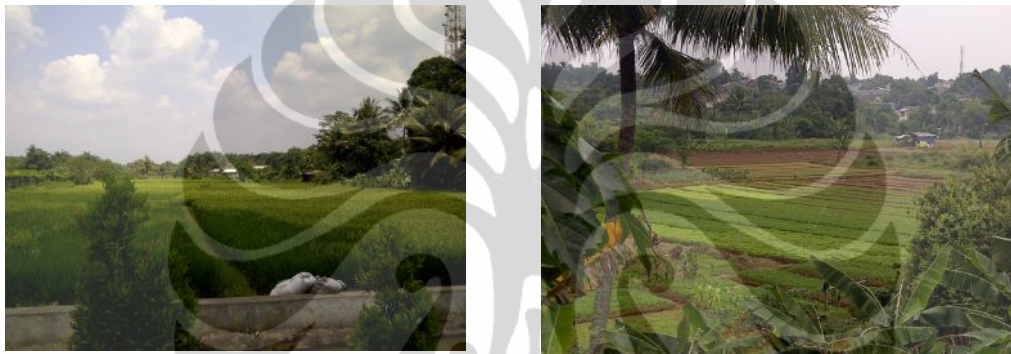


Gambar 5.3. Grafik Distribusi Ruang Hijau Menurut Kecamatan

Hasil perhitungan luasan ruang hijau menurut wilayah kecamatan berdasarkan Gambar 5.3 terlihat bahwa terjadi penurunan luas ruang hijau di setiap kecamatan yang ada di wilayah Kota Depok. Perhitungan rincinya dapat dilihat pada Tabel L.1. Pada tahun 2000 distribusi ruang hijau terbanyak terdapat di Kecamatan Tapos, yaitu sebanyak 2.732,99 ha (13,65 %) dan di Kecamatan Sawangan sebanyak 2.380,05 ha (11,88 %). Pada tahun 2011 distribusi ruang hijau di dua kecamatan tersebut masih memiliki ruang hijau terbanyak dibanding dengan kecamatan lain yang ada di wilayah Kota Depok. Hal ini dikarenakan kedua kecamatan ini memiliki luasan ruang hijau berupa sawah, tegalan dan kebun campuran yang cukup luas. Menurut Bappeda (2007) lebih dari 30% luas RTH Kota Depok berada di kawasan ini. Oleh karena itu untuk menghindari alih fungsi lahan di kawasan ini diperlukan adanya kebijakan insentif dan disinsentif terhadap keberadaan ruang hijau tersebut.

Di Kecamatan Tapos, kelurahan yang memiliki ruang hijau terbanyak adalah Kelurahan Tapos. Selama kurun waktu 11 tahun di Kelurahan Tapos terjadi penambahan luas ruang hijau sebesar 79,55 ha dari luas 503,23 ha (tahun 2000) menjadi 582,78 ha (tahun 2011). Kelurahan Cilangkap mempunyai ruang hijau yang luas dibanding kelurahan lain yang ada di Kecamatan Tapos. Di kelurahan ini terjadi penurunan ruang hijau sebesar 55,94 ha dari luas 544,39 ha (tahun 2000) menjadi 488,45 ha (tahun 2011). Perubahan yang terjadi dikarenakan adanya perbedaan penggunaan tanah pada saat citra direkam. Hasil survei lapangan menunjukkan bahwa jenis penggunaan tanah yang ada di kedua kelurahan tersebut di dominasi tegalan dan kebun campuran (Gambar 5.4).

Kecamatan yang distribusi ruang hijaunya rendah adalah Kecamatan Cinere, dimana pada tahun 2000 sebesar 743,37 ha dan tahun 2011 sebesar 541,00 ha. Lahan hijau di wilayah ini banyak berkurang disebabkan berkembangnya kawasan permukiman beserta fasilitasnya yang semakin tinggi di wilayah ini, sejalan dengan adanya kebijaksanaan yang merupakan pengembangan wilayah ini sebagai daerah permukiman. Hal ini terlihat dari koefisien dasar bangunan (KDB) yang ada di wilayah ini termasuk kategori sangat tinggi ($>75\%$). Salah satu ruang hijau yang terdapat di kecamatan ini adalah lapangan golf yang terletak di Kelurahan Pangkalan Jati berbatasan langsung dengan Provinsi DKI Jakarta (Gambar 5.5).



Gambar 5.4. Ruang Hijau Berupa Sawah di Kecamatan Sawangan dan Tegalan di Kecamatan Tapos (*Sumber*: Survei lapangan, April 2012)



Sumber:

<http://www.golfpangkalanjati.com>

Sumber: Citra Quickbird 2009

Gambar 5.5. Ruang Hijau Lapangan Golf Pangkalan Jati, Kecamatan Cinere

Penurunan luas ruang hijau yang terjadi di Kecamatan Cinere terbesar di Kelurahan Pangkalan Jati sebesar 50,14 ha dari luas 186,73 ha (tahun 2000) menjadi 136,59 ha (tahun 2011) dan Kelurahan Gandul sebesar 63,43 ha dari 214,80 ha (tahun 2000) menjadi 151,37 ha (tahun 2011). Luas ruang hijau

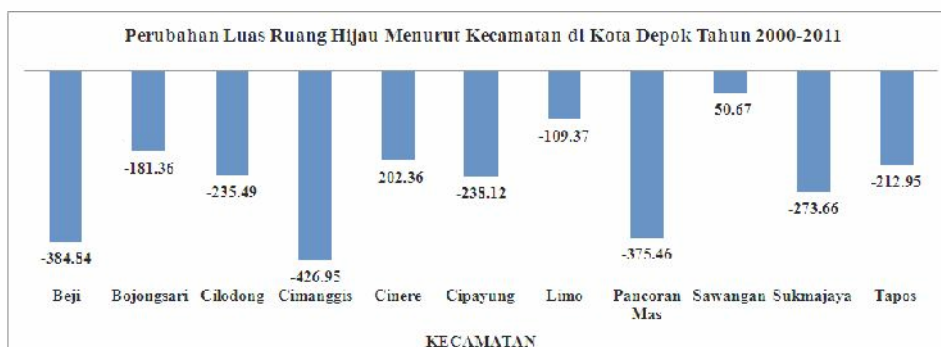
masing-masing kelurahan dan perubahannya dapat dilihat pada Lampiran Tabel L1.

Gambar 5.6 menunjukkan besarnya perubahan luas ruang hijau yang terjadi di wilayah Kota Depok. Selama kurun waktu 11 tahun banyak terjadi perubahan ruang hijau di Kota Depok. Perubahan terbanyak ditemui di Kecamatan Cimanggis, yaitu seluas 426,95 ha dari luasan 1.388,39 ha (tahun 2000) menjadi 961,44 ha (tahun 2011).

Salah satu penyebab berkurangnya wilayah ruang hijau di Kecamatan Cimanggis adalah perkembangan jumlah penduduk yang pesat menuntut kebutuhan tempat tinggal sehingga mendorong pembangunan permukiman baru beserta fasilitasnya semakin tinggi (Bappeda, 2007). Perubahan ruang hijau di kecamatan ini banyak dijumpai di Kelurahan Tugu sebesar 150,51 ha dari luasan 302,17 ha (tahun 2000) menjadi 151,65 ha (tahun 2011). Penggunaan tanah di kecamatan tersebut didominasi oleh kawasan permukiman terstruktur dan swadaya.

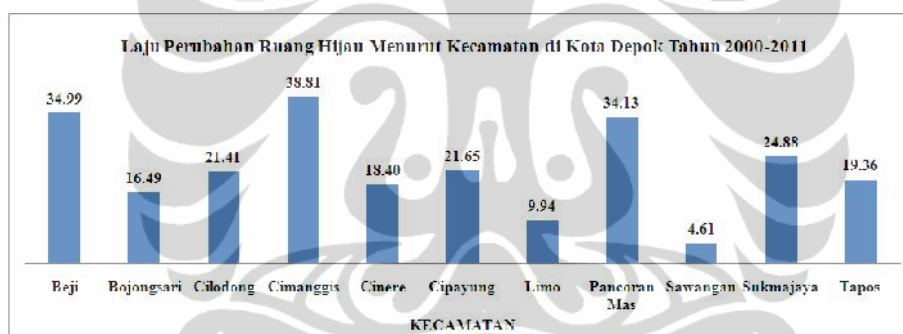
Perubahan ruang hijau yang terjadi di Kecamatan Beji mencapai 384,84 ha dari luasan 1.155,41 ha pada tahun 2000 menjadi 770,58 ha pada tahun 2011. Berdasarkan hasil pengolahan data, terdeteksi terjadinya penurunan luas lahan bervegetasi di Kelurahan Tanah Baru sebesar 99,14 ha menjadi lahan bukan vegetasi pada tahun 2011. Perubahan ini diakibatkan karena Kecamatan Beji berbatasan langsung dengan Kecamatan Pancoran Mas yang merupakan kawasan pusat pemerintahan Kota Depok. Sebagai akibatnya, perkembangan fisik wilayah ini sangat pesat, didukung keberadaan jalan Margonda yang merupakan jalur perkembangan paling padat di Kota Depok. Pesatnya perkembangan wilayah terbangun menyebabkan berkurangnya luasan ruang hijau dan mengancam keberadaan ruang hijau yang ada (Bappeda, 2007).

Perubahan luas ruang hijau yang paling sedikit terjadi di Kecamatan Sawangan hanya seluas 50,67 ha dibanding dengan kecamatan lain yang perubahannya lebih dari 100 ha. Hal ini dikarenakan Kecamatan Sawangan memiliki luas wilayah terluas setelah Kecamatan Tapos. Sehingga perubahan tersebut tidak terlihat begitu banyak, selain itu juga dikarenakan wilayahnya masih di dominasi ruang hijau.



Gambar 5.6. Grafik Perubahan Luas Ruang Hijau Menurut Kecamatan

Gambar 5.7 memberikan gambaran laju perubahan ruang hijau di setiap kecamatan di wilayah Kota Depok. Laju perubahan terbesar terjadi di Kecamatan Cimanggis sebesar 38,81 ha.



Gambar 5.7. Blok Diagram Laju Perubahan Ruang Hijau di Kota Depok

Perubahan ini akibat dari implementasi UU No 22 tahun 1999 yang direvisi menjadi UU No 32 tahun 2004 tentang Pemerintah Daerah yang memiliki hak, wewenang, dan kewajiban untuk mengatur dan mengurus sendiri urusan pemerintahan dan kepentingan masyarakat setempat sesuai dengan peraturan perundang-undangan. Dalam hal ini pemerintah daerah memberikan izin untuk membangun perumahan di wilayah tersebut (Situmorang, 2011).

Uji ketelitian untuk klasifikasi ruang hijau dengan *threshold* 0,25 diperoleh sebesar >85%, yaitu pada tahun 2000 ketelitiannya sebesar 94% dan tahun 2011 sebesar 91,7%. Hal ini menunjukkan bahwa jenis data dan metode yang digunakannya memiliki tingkat kepercayaan dalam membedakan obyek vegetasi

dan bukan vegetasi yang tinggi. Perhitungan uji ketelitian dapat dilihat pada lembar Lampiran Tabel L.2.

5.2. Indeks dan Kerapatan Vegetasi

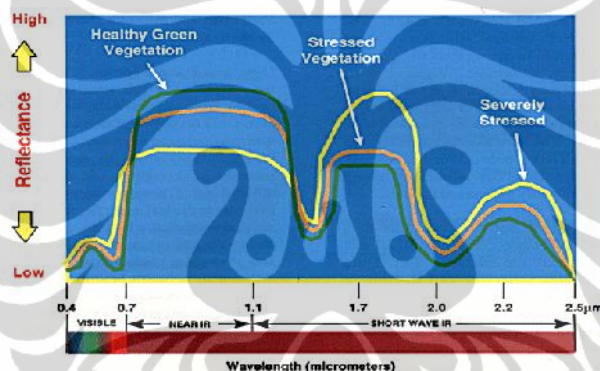
5.2.1. Indeks Vegetasi

Indeks vegetasi yang diterapkan untuk mengekstraksi informasi tentang kondisi dan luas lahan bervegetasi, sebagai ruang hijau di wilayah Kota Depok adalah NDVI. Menurut Solicha (2007) NDVI adalah indikator yang baik dari kemampuan vegetasi untuk menyerap radiasi fotosintesis aktif, dimana NDVI telah banyak digunakan untuk memperkirakan biomassa hijau, LAI dan pola produktivitas. Keuntungan utama dari penggunaan NDVI untuk pemantauan vegetasi adalah kesederhanaan perhitungan, tingkat korelasi yang tinggi dari NDVI dengan berbagai parameter vegetasi, dan cakupan wilayah yang luas serta frekuensi temporal tinggi dari data penginderaan jauh dibandingkan dengan indeks vegetasi lainnya yang sudah mengalami penambahan faktor koreksi seperti SAVI/SARVI memasukkan faktor koreksi untuk tanah dan EVI memasukkan faktor koreksi aerosol, dan memperhatikan karakteristik daerah yang dikaji.

Data NDVI mempunyai ruang lingkup penerapan yang cukup luas. Analisis dan interpretasi data NDVI dapat diarahkan antara lain untuk: (a) membedakan objek inderaja antara vegetasi (lahan bervegetasi), lahan non-vegetasi (seperti lahan terbuka dan areal pemukiman penduduk), dengan air (sungai, danau, laut), dan (b) menyusun klasifikasi jenis dan kondisi pertumbuhan vegetasi berdasarkan tingkat kehijauannya. Keterbatasan data NDVI adalah tidak dapat digunakan untuk membedakan antara bagian citra yang tertutup awan dengan citra permukaan air.

Menurut Pettorelli *et al.* (2005) penggunaan reflektansi pada spektrum inframerah-dekat dan spektrum merah pada algoritma NDVI didasarkan pada fakta bahwa klorofil menyerap spektrum merah, sedangkan struktur mesofil daun memantulkan spektrum inframerah-dekat. Karena NDVI berkorelasi langsung dengan produktivitas vegetasi maka indeksnya memungkinkan digunakan untuk tujuan yang bersifat ekologis.

Menurut Reed *et al.* (1994 dalam Pettorelli *et al.*, 2005) NDVI mengandung informasi distribusi vegetasi baik secara spasial maupun temporal. Sementara itu hasil penelitian Pettorelli *et al.* (2005) menunjukkan bahwa NDVI berhasil diterapkan untuk penelitian kecenderungan dan variasi distribusi vegetasi secara temporal dan spasial. Hasil penelitian yang dilakukan Govaerts dan Verhulst (2010), NDVI berhasil digunakan untuk memprediksi aktivitas fotosintesis karena algoritma NDVI menggunakan informasi tentang reflektansi pada spektrum merah dan inframerah-dekat. Hasil penelitian Julien *et al.* (2011) menunjukkan bahwa penggunaan NDVI secara multitemporal dapat menunjukkan adanya perubahan kondisi vegetasi. Penelitian tersebut diterapkan di Iberian Peninsula, daerah yang menunjukkan adanya perubahan tutupan vegetasi, seperti adanya deforestasi.



Gambar 5.8. Tipikal kurva reflektansi spektrum visibel dan inframerah-dekat dari vegetasi yang sehat dan mengalami gangguan pertumbuhan (Govaerts dan Verhulst, 2010)

Dalam penelitian ini digunakan data Landsat-7 ETM+ dan SPOT-4, masing-masing memiliki kanal merah dan inframerah-dekat yang memiliki kisaran panjang gelombang radiasi agak berbeda. Kisaran spektrum merah adalah 0,63-0,69 μm (Landsat-7 ETM+) dan 0,61-0,68 μm (SPOT-4), sedangkan kisaran spektrum inframerah-dekat adalah 0,76-0,90 μm (Landsat-7 ETM+) dan 0,78 – 0,89 μm (SPOT-4). Kurva reflektansi kanal merah dan inframerah-dekat dari vegetasi dapat berubah apabila kondisi vegetasinya tidak sehat, sebagaimana dapat dilihat pada Gambar 5.8.

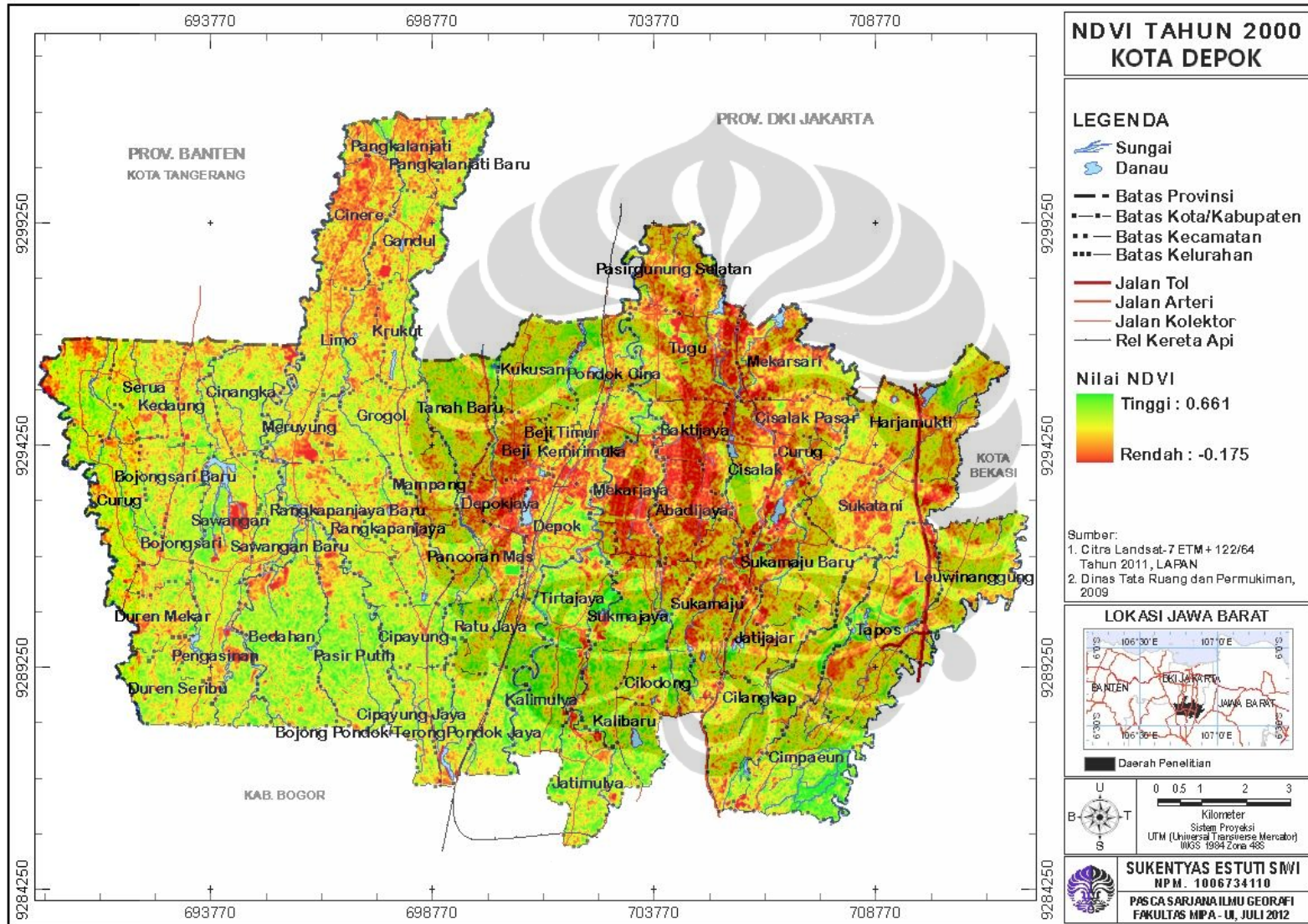
Secara teoritis nilai NDVI yang diperoleh akan berkisar antara -1 sampai +1. Secara umum nilai NDVI yang lebih kecil atau sama dengan nol

mencerminkan kondisi lahan non-vegetasi (seperti tanah terbuka, salju) atau permukaan bumi yang tertutup awan, sehingga nilai NDVI yang diperoleh berasal dari permukaan awan. Nilai NDVI yang lebih besar dari nol dan semakin mendekati 1 merupakan tutupan yang memiliki indeks vegetasi yang cukup rapat/tinggi. Fluktuasi nilai NDVI dari areal yang bervegetasi mencerminkan perbedaan kondisi pertumbuhan dan perkembangan vegetasi atau menggambarkan perbedaan jenis vegetasi. Menurut Malingreau (1987) nilai NDVI yang mencerminkan kondisi vegetasi berkisar antara 0,1 sampai 0,6. Nilai NDVI yang tinggi menunjukkan kondisi pertumbuhan vegetasi yang baik, artinya tingkat kehijauannya tinggi.

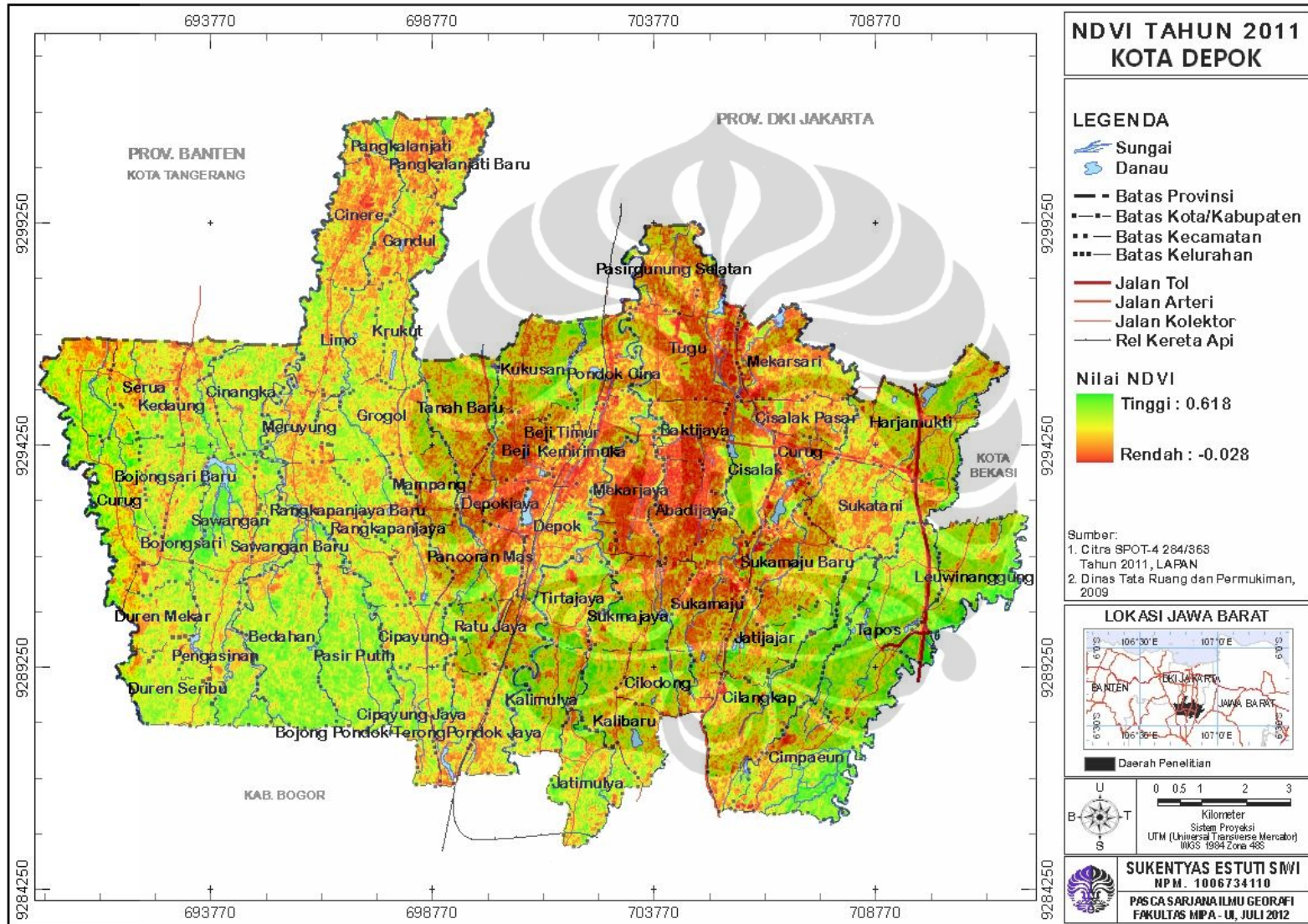
Informasi spasial kondisi tingkat kehijauan vegetasi berbasis NDVI di wilayah Kota Depok diperoleh berdasarkan hasil pengolahan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 (Gambar 5.9) dan SPOT-4 tahun 2011 (Gambar 5.10).

Warna hijau pada Gambar 5.9 dan Gambar 5.10 menunjukkan lahan yang bervegetasi dengan nilai NDVI maksimal 0,661 untuk citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan 0,618 untuk citra SPOT-4 tahun 2011. Selama kurun waktu antara tahun 2000 sampai dengan tahun 2011 dilihat dari nilai tertinggi NDVI, dapat dikatakan bahwa telah terjadi penurunan tingkat kehijauan vegetasi yang ada di Kota Depok.

Gradasi dari warna hijau ke warna merah menunjukkan gradasi nilai NDVI maksimal ke minimal. Nilai minimal NDVI (warna merah) untuk citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 adalah -0,175, sedangkan untuk citra SPOT-4 tahun 2011 adalah -0,028. Secara visual terlihat bahwa wilayah Kota Depok bagian utara di dominasi dengan nilai NDVI yang rendah (warna merah), seperti pada Kelurahan Depok Jaya, Beji, Mekar Jaya, Abadi Jaya, Baktijaya, Tugu, Cinere, Pangkalan Jati, Mekarsari, dan Kelurahan Pasirgunung Selatan. Sedangkan wilayah Kota Depok bagian selatan nilai NDVI-nya tinggi (warna hijau) yang mengindikasikan bahwa nilai kehijauan vegetasinya tinggi, seperti di Kelurahan Cimpaeun, Tapos, Leuwinanggung, Kalimulya, Bedahan dan Kelurahan Pasir Putih.



Gambar 5.9. Peta NDVI Tahun 2000 Kota Depok



Gambar 5.10. Peta NDVI Tahun 2011 Kota Depok

5.2.2. Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

Informasi tingkat kerapatan suatu vegetasi dapat diturunkan dari informasi yang diperoleh dari pengolahan NDVI. Pada penelitian ini tingkat kerapatan vegetasi dibagi menjadi tiga kategori berdasarkan nilai-nilai NDVI, yaitu: kerapatan tinggi, sedang, dan rendah. Interval kelas diperoleh dari hasil pengurangan nilai maksimum NDVI dengan nilai minimum untuk obyek bervegetasi. Hasil pengurangan tersebut selanjutnya dibagi tiga untuk mendapatkan tiga kelas kerapatan vegetasi.

Sebaran TKrV di wilayah Kota Depok berdasarkan hasil pengolahan indeks vegetasi NDVI disajikan pada Gambar 5.11 yang menggambarkan kondisi pada tahun 2000 dan pada Gambar 5.12 menggambar kondisi pada tahun 2011. Kedua gambar tersebut menjelaskan secara visual terlihat bahwa Kota Depok memiliki TKrV kategori tinggi dengan nilai NDVI berkisar antara 0,55 – 0,70, TKrV kategori sedang yang memiliki nilai NDVI berkisar antara 0,40 – 0,55, dan TKrV kategori rendah dengan nilai NDVI berkisar antara 0,25 - 0,40.

Tabel 5.3 menunjukkan hasil pengolahan citra Landsat-7 ETM+ tahun 2000 dan citra SPOT-4 tahun 2011 diperoleh bahwa TKrV yang mendominasi adalah TKrV dengan kategori rendah, yaitu sebanyak 8.630,18 ha (53,27%) dari total keseluruhan luas lahan bervegetasi yang terdeteksi pada tahun 2000.

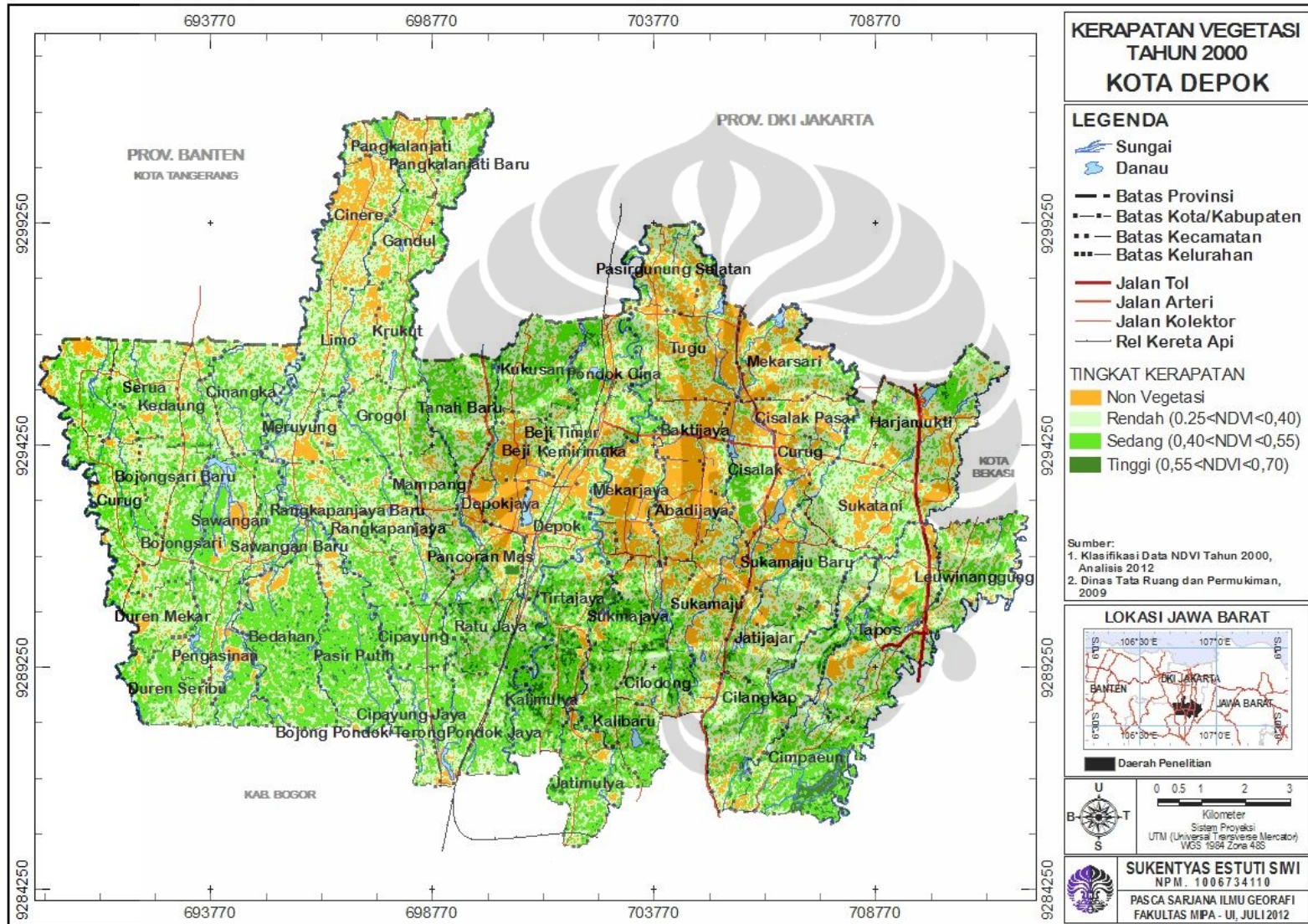
Selama kurun waktu 11 tahun (2000-2011) terjadi penurunan luas lahan bervegetasi dengan tingkat kerapatan rendah, yaitu sebesar 1.974,10 ha menjadi 6.656,08 ha (49,26%) terhadap total kerapatan vegetasi pada tahun 2011.

Tabel 5.2. Luas Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya di Kota Depok

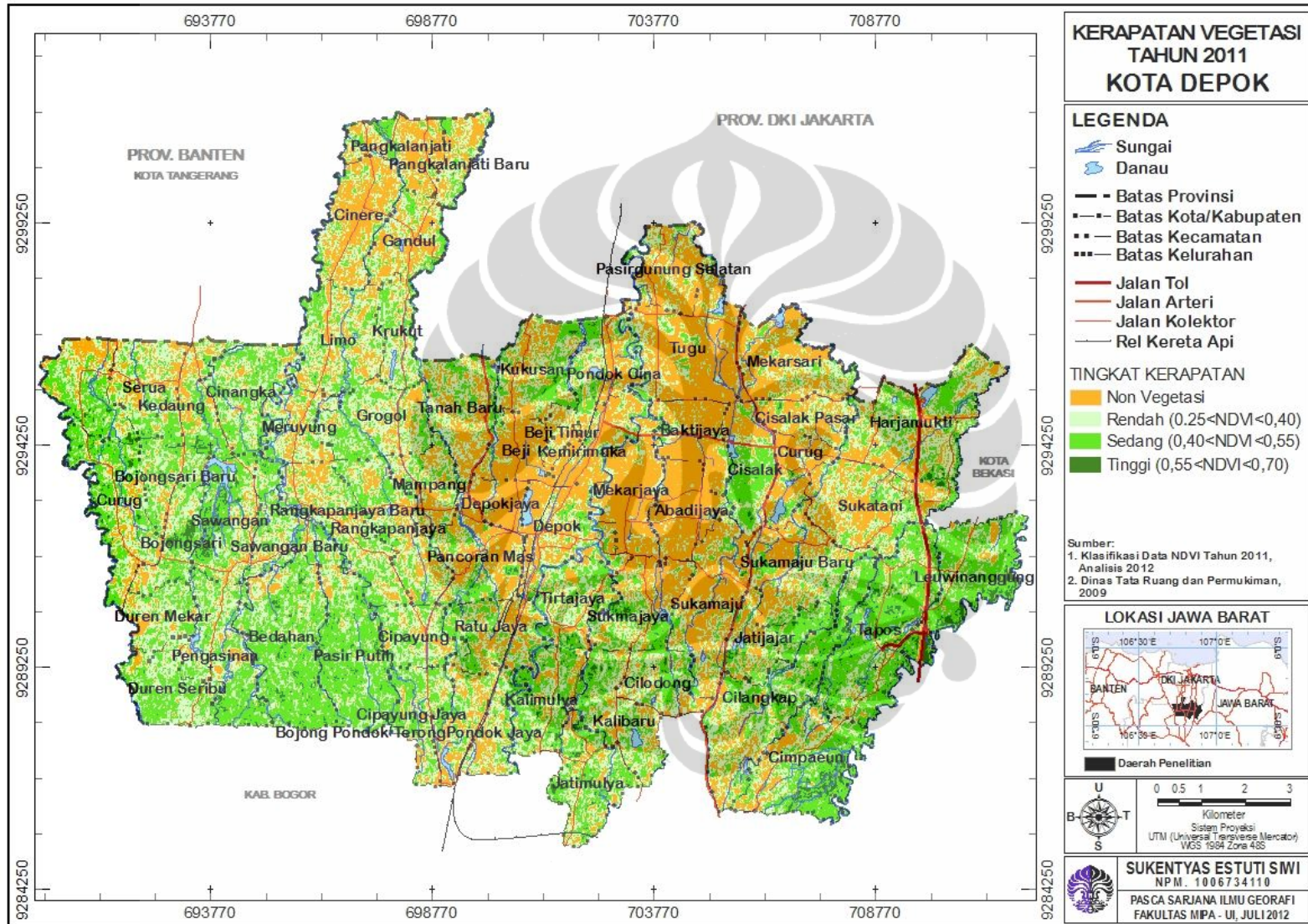
No	Tingkat Kerapatan	Tahun 2000		Tahun 2011		Perubahan Luas (ha)
		(ha)	(%)	(ha)	(%)	
1	Rendah	8.630,18	53,27	6.656,08	49,26	-1.974,10
2	Sedang	7.086,76	43,74	6.479,18	47,96	-607,58
3	Tinggi	485,12	2,99	375,58	2,78	-109,54
Total		16.202,07	100,00	13.510,85	100,00	-2.691,21

Ket: (-) penurunan

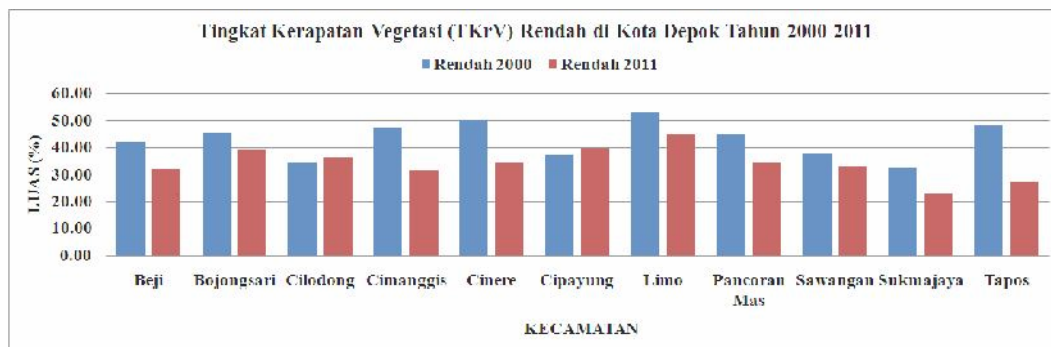
Sumber: Hasil analisis, 2012



Gambar 5.11. Distribusi Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2000



Gambar 5.12. Distribusi Tingkat Kerapatan Vegetasi Tahun 2011



Gambar 5.13. Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Rendah

Gambar 5.13 memperlihatkan adanya perubahan luasan untuk TKrV rendah di beberapa kecamatan. Penurunan luas terbanyak pada Kecamatan Tapos sebesar 1.564,25ha dari luasan 1.587,98 ha (48,40%) di tahun 2000 menjadi 880,73 ha (27,25%) di tahun 2011. Penurunan luas TKrV rendah di kecamatan ini terbanyak pada Kelurahan Tapos sebesar 183,70 ha dari luasan 309,61 ha (tahun 2000) menjadi 153,88 ha (tahun 2011). Hal ini dikarenakan penggunaan tanah hasil survey lapangan menunjukkan bahwa di kecamatan tersebut di dominasi oleh kebun campuran yang berupa semak, padang rumput, sawah dan tegalan yang merupakan penggunaan yang cepat mengalami perubahan.



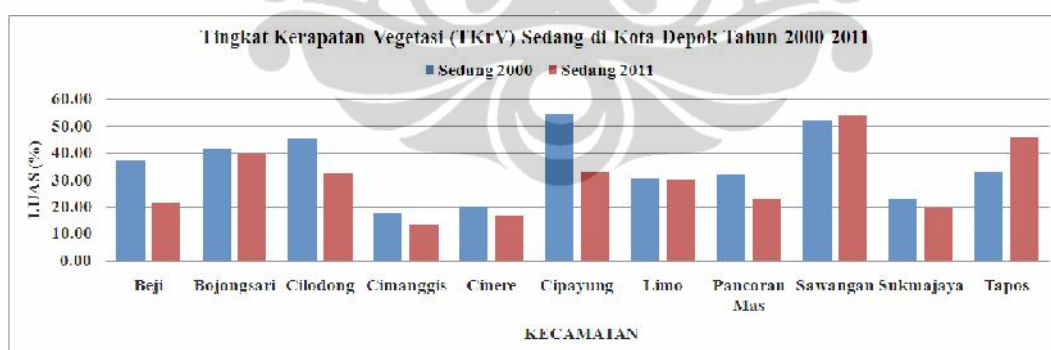
Gambar 5.14. Lapangan dengan TKrV Kategori Rendah di Kecamatan Pancoran Mas

Gambar 5.14 merupakan hasil survei lapangan TKrV kategori rendah yang mempunyai ciri-ciri seperti kerapatan tajuk, ketebalan tajuk, persentase tutupan tajuk, persentase tutupan vegetasi bawah yang rendah. Sedangkan nilai NDVI

menunjukkan nilai antara 0,25 dan 0,40. Contoh dari kategori ini adalah lapangan, sawah, dan semak.

Gambar 5.15 menjelaskan luasan TKrV kategori sedang di masing-masing kecamatan yang ada di wilayah Kota Depok berdasarkan rentang waktu antara tahun 2000 dan 2011. TkrV kategori sedang dengan luasan yang paling besar terdapat di Kecamatan Sawangan dan Kecamatan Tapos. yaitu pada tahun 2000 di Kecamatan Sawangan sebesar 1.347,13 ha (52,01%) dan Kecamatan Tapos sebesar 1.065,56 ha (32,97%), sedangkan pada tahun 2011 TKrV sedang di Kecamatan Sawangan sebesar 1.394,33 ha (53,84%) dan Kecamatan Tapos sebesar 1.484,02 ha (45,92%).

Penurunan terbanyak terdapat di Kecamatan Cipayung sebesar 247,41 ha dari luasan sebesar 633,01 ha (54,43%) di tahun 2000 menjadi 385,60 ha (33,16%) di tahun 2011. Sedangkan penambahan TKrV kategori sedang yang paling banyak terdapat di Kecamatan Tapos sebesar 418,46 ha dari luasan sebesar 1.065,56 ha (tahun 2000) menjadi 1.484,02 ha (tahun 2011). Selama 11 tahun terjadi penurunan dan penambahan luas TKrV, hal ini bisa saja terjadi dikarenakan adanya faktor lingkungan dan perubahan dari kondisi vegetasi itu sendiri.



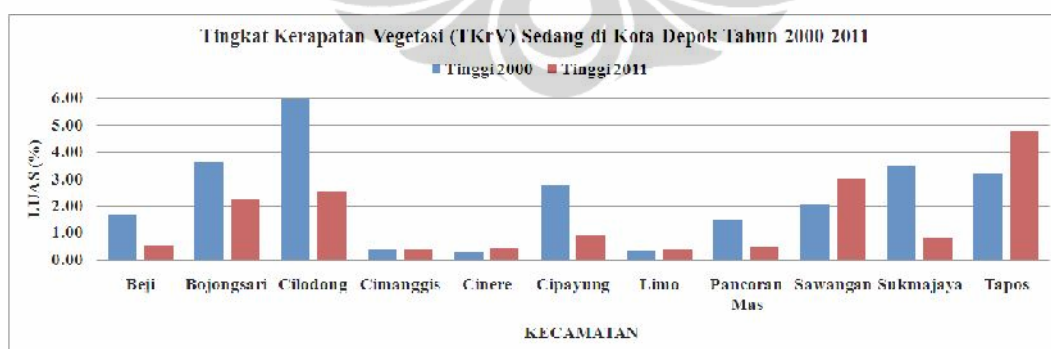
Gambar 5.15. Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Sedang

Gambar 5.16 merupakan hasil survei lapangan TKrV kategori sedang yang mempunyai ciri-ciri seperti kerapatan tajuk, ketebalan tajuk, persentase tutupan tajuk, dan persentase tutupan vegetasi bawah yang sedang. Sementara itu, nilai NDVI berkisar antara 0,40 dan 0,55. Contoh dari kategori ini adalah belukar dan atau kebun campuran.



Gambar 5.16. Belukar dengan TKrV Kategori Sedang di Kecamatan Cimanggis

Gambar 5.17 menunjukkan grafik TKrV kategori tinggi. Pada tahun 2000 dan 2011 kecamatan yang memiliki TKrV tinggi paling luas adalah Kecamatan Cilodong sebesar 95,59 ha (5,94%) dan Kecamatan Tapos 103,18 ha (3,19%). Penurunan luas TKrV tinggi terbanyak terjadi di Kecamatan Cilodong, yaitu sebesar -55,21 ha, dari luasan sebesar 95,59 ha (tahun 2000) menjadi 40,38 ha (tahun 2011). Penambahan luas TKrV tinggi terdapat di Kecamatan Tapos, yaitu sebesar 52,11 ha, dari luasan 103,18 ha (tahun 2000) menjadi 155,29 ha (tahun 2011). Rincian luas TKrV untuk masing-masing kecamatan dan kelurahan dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.1.



Gambar 5.17. Grafik Luasan Tingkat Kerapatan Vegetasi Tinggi

Gambar 5.18 merupakan hasil survei lapangan menunjukkan bahwa TKrV kategori tinggi mempunyai ciri-ciri seperti kerapatan tajuk, ketebalan tajuk, persentase tutupan tajuk, persentase tutupan vegetasi bawah yang tinggi.

Sementara itu, nilai NDVI berkisar antara 0,53 dan 0,7. Contoh dari kategori ini adalah hutan.



Gambar 5.18. Hutan di area Studio Alam TVRI dengan TKrV Kategori Tinggi di Kecamatan Sukmajaya

5.3. Hubungan Indeks Vegetasi dengan Ruang Hijau

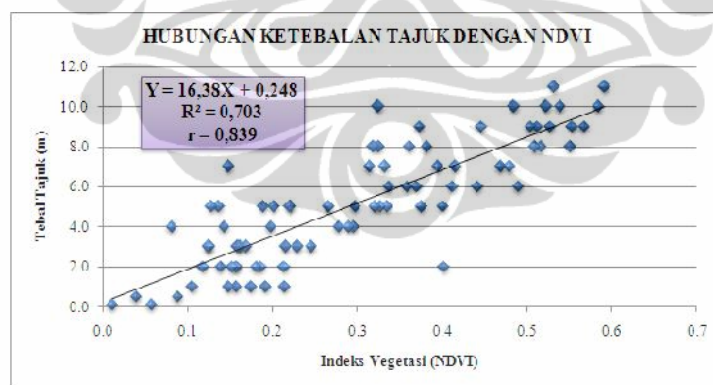
5.3.1. Hubungan NDVI dengan Karakteristik Tajuk

Secara teoritis, reflektansi radiasi matahari dalam bentuk gelombang elektromagnetik (GEM) yang mengenai pepohonan dipengaruhi oleh karakteristik tajuknya, dalam hal ini kerapatan tajuk, ketebalan tajuk dan persentase tutupan tajuk. Atas dasar itu, dilakukan analisis korelasi nilai NDVI dengan kerapatan tajuk, nilai NDVI dengan ketebalan tajuk dan nilai NDVI dengan persentase tutupan tajuk (Sobirin, 2001).

Distribusi spasial lokasi sampel yang telah disurvei pada bulan April 2012 sebanyak 80 sampel. Pemilihan titik sampel dilakukan secara acak berdasarkan strata kelas kerapatan vegetasi yang telah dibuat. Masing-masing sampel kemudian dicatat koordinat lokasinya dan dilakukan pengukuran terhadap karakteristik tajuk dan tutupan vegetasi bawah. Jika dilakukan metode overlay dengan hasil pengolahan NDVI citra Landsat-7 ETM+ dan SPOT-4 dalam perangkat lunak Arcgis 9.3, maka akan didapatkan nilai indeks vegetasi (NDVI) pada lokasi titik sampel.

Selanjutnya, nilai NDVI dikorelasikan dengan data hasil survei lapangan, yaitu kerapatan tajuk, ketebalan tajuk, dan persentase tutupan tajuk (Lampiran Tabel L.3). Analisis korelasi statistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara NDVI dengan karakteristik tajuk adalah korelasi Pearson. Korelasi ini mempunyai keuntungan antara lain: (1) untuk menyatakan ada atau tidaknya hubungan antara variabel X dengan variabel Y dan (2) untuk menyatakan besarnya sumbangan variabel satu terhadap yang lainnya yang dinyatakan dalam satuan persen (Usman, H. dan R. Purnomo S.A, 2000).

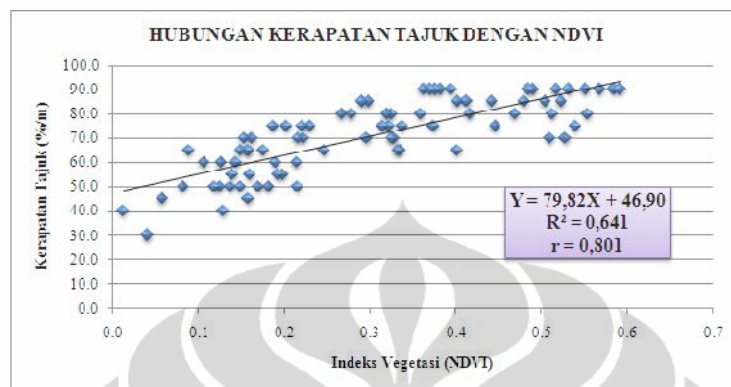
Hasil analisis korelasi antara NDVI dengan ketebalan tajuk diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,839$ pada tingkat signifikansi 95%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang kuat antara nilai NDVI dengan ketebalan tajuk. Ketebalan tajuk sangat berperan dalam merefleksikan gelombang elektromagnetik (GEM) pada band 3 (sinar merah) dan band 4 (sinar inframerah-dekat). Dengan demikian, semakin tebal tajuk vegetasi maka nilai NDVI semakin tinggi. Atas dasar koefisien korelasi itu, maka nilai NDVI selanjutnya dapat diprediksi melalui ketebalan tajuknya dengan persamaan matematis $Y = 16,38X + 0,248$ (Gambar 5.19).



Gambar 5.19. Grafik Hubungan Ketebalan Tajuk dengan NDVI

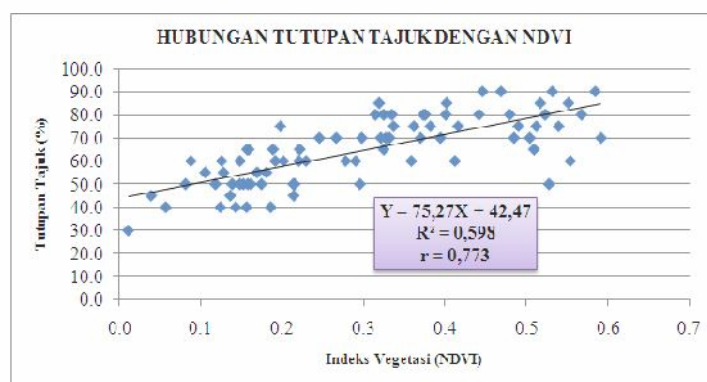
Hasil analisis korelasi antara NDVI dengan kerapatan tajuk diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,801$ pada tingkat signifikansi 95%. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang cukup kuat antara nilai NDVI dengan kerapatan tajuk. Dengan kata lain, dapat dikatakan bahwa kerapatan tajuk secara spasial hanya dapat memberikan andil terhadap variasi NDVI sekitar 64%, sisanya

dipengaruhi faktor lain. Atas dasar koefisien korelasi itu, maka nilai NDVI selanjutnya dapat diprediksi melalui kerapatan tajuknya dengan persamaan matematis $Y = 79,82X + 46,90$ (Gambar 5.20).



Gambar 5.20. Grafik Hubungan Kerapatan Tajuk dengan NDVI

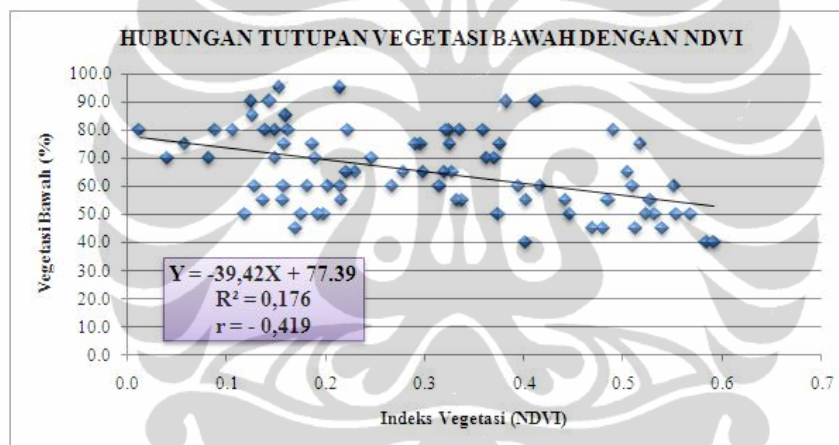
Hasil analisis korelasi antara NDVI dengan persentaseutupan tajuk diperoleh nilai koefisien korelasi $r = 0,773$ pada tingkat signifikansi 95%. Hal ini menunjukkan hubungan yang cukup kuat antara kedua variable tersebut. Berdasarkan nilai korelasi tersebut bisa ditentukan koefisien determinasinya, yang diperoleh nilai sebesar 59,8%. Artinya bahwa 59,8% keragaman persentaseutupan tajuk hanya bisa diterangkan/dijelaskan oleh tinggi rendahnya nilai NDVI. Sisanya, sebesar 40,2% mungkin disebabkan oleh faktor lain dan atau *error* (galat) dari percobaan. Secara matematis persamaan regresinya adalah $Y = 75,27X + 42,47$ (Gambar 5.21).



Gambar 5.21. Grafik Hubungan Persentase Tutupan Tajuk dengan NDVI

5.3.2. Hubungan NDVI dengan Persentase Tutupan Vegetasi Bawah

Tutupan vegetasi bawah yang menutup tanah di wilayah penelitian (80 lokasi sampel) sebagian besar didominasi oleh perdu, rerumputan, dan tanaman hias yang pendek-pendek. Hasil analisis korelasi statistik antara variabel nilai NDVI dengan persentase tutupan vegetasi bawah diperoleh nilai $r = -0,419$ pada tingkat signifikansi 95%. Korelasi tersebut dapat menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang bertentangan dan agak lemah antara kedua variable tersebut. Artinya, semakin sedikit persentase tutupan vegetasi maka nilai NDVI semakin tinggi. Akan tetapi kondisi ini hanya dapat dijelaskan oleh variasi nilai NDVI sebesar 17,6%. Sisanya sebesar 82,4% dipengaruhi faktor lain. Persamaan matematis untuk korelasi ini adalah $Y = -39,42 X + 77,39$ (Gambar 5.22).



Gambar 5.22. Grafik Hubungan Tutupan Vegetasi Bawah dengan NDVI

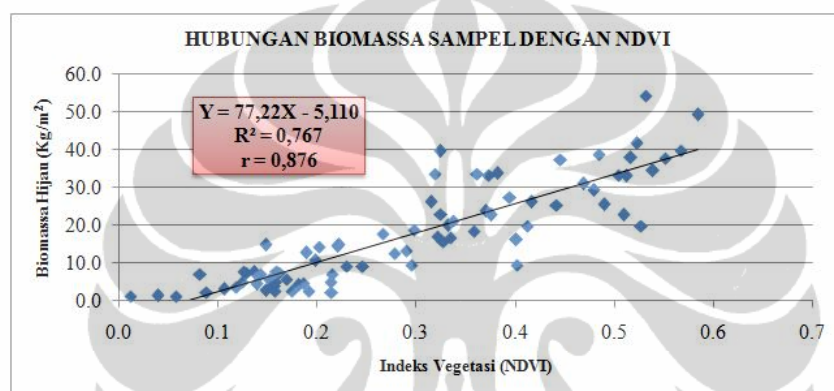
5.4. Biomassa Hijau

5.4.1. Hubungan Biomassa Hijau dengan NDVI

Karbondioкси (CO_2) adalah salah satu jenis gas rumah kaca yang menyebabkan pemanasan global. Vegetasi mempunyai kemampuan untuk menyerap gas CO_2 yang ada di udara. Untuk memaksimalkan fungsi vegetasi sebagai penyerap CO_2 , maka diperlukan vegetasi yang mempunyai daya serap CO_2 yang maksimal. Berdasarkan indeks vegetasi, khususnya NDVI, dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan biomassa hijau dalam vegetasi.

Diharapkan semakin tinggi kandungan biomassa suatu vegetasi berarti semakin banyak pula gas CO₂ yang diserap dari udara.

Dalam perhitungan estimasi kandungan biomassa pada 80 lokasi sampel dihitung melalui pendekatan yang dikemukakan Cox (1976) dan dimodifikasi, dengan asumsi bahwa standar biomassa untuk vegetasi atas setara dengan kandungan biomassa hijau areal pepohonan dan semak belukar yaitu 6,0 kg/m² dan untuk vegetasi bawah setara dengan persawahaan yaitu sebesar 1,5 kg/m² (Owen, 1974 dalam Yamamoto, 1983).



Gambar 5.23. Grafik Hubungan Biomassa Sampel dengan NDVI

Besarnya hubungan antara nilai NDVI dengan nilai biomassa hijau hasil survei pada 80 lokasi sampel dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.2. Selanjutnya dicari korelasinya menggunakan korelasi Pearson diperoleh nilai $r = 0,876$ pada tingkat signifikan 95%. Artinya, bahwa ada hubungan yang kuat antara nilai NDVI dengan biomassa hijau. Dalam hal ini, keragaman biomassa hijau hanya bisa diterangkan/dijelaskan oleh tinggi rendahnya nilai NDVI sebesar 76,7%, sisanya sebesar 23,3% dipengaruhi faktor lain. Persamaan matematis yang terbentuk dari persamaan regresinya adalah $Y = 77,22X - 5,110$ (Gambar 5.23).

5.4.2. Estimasi Biomassa Hijau

Dalam kaitannya dengan ruang hijau sebagai penyerap gas CO₂ di udara, secara teknis sulit untuk dibedakan menggunakan citra Landsat-7 ETM maupun

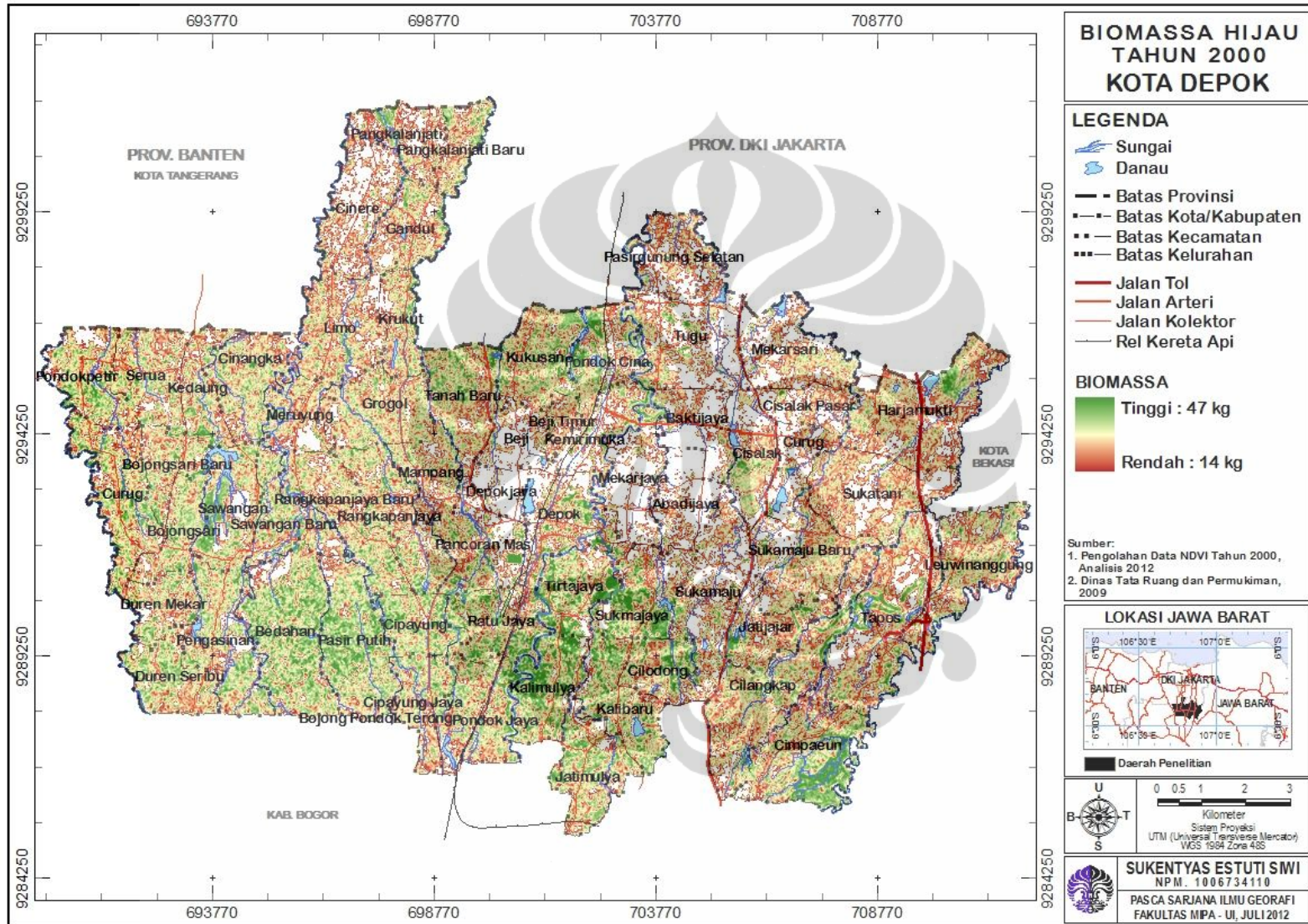
SPOT-4, sehingga perhitungan estimasi biomassa hijau di wilayah Kota Depok didasarkan pada persamaan $Y = 77,22X - 5,110$.

Estimasi biomassa hijau hanya dilakukan pada piksel-piksel yang mempunyai nilai NDVI lebih besar dari 0,25 dengan asumsi bahwa nilai di bawah 0,25 diidentifikasi bukan vegetasi, kemudian estimasi kandungan biomassa hijau di setiap piksel yang ada di wilayah kelurahan Kota Depok dijumlahkan untuk memperoleh nilai kandungan biomassa hijau per kelurahan.

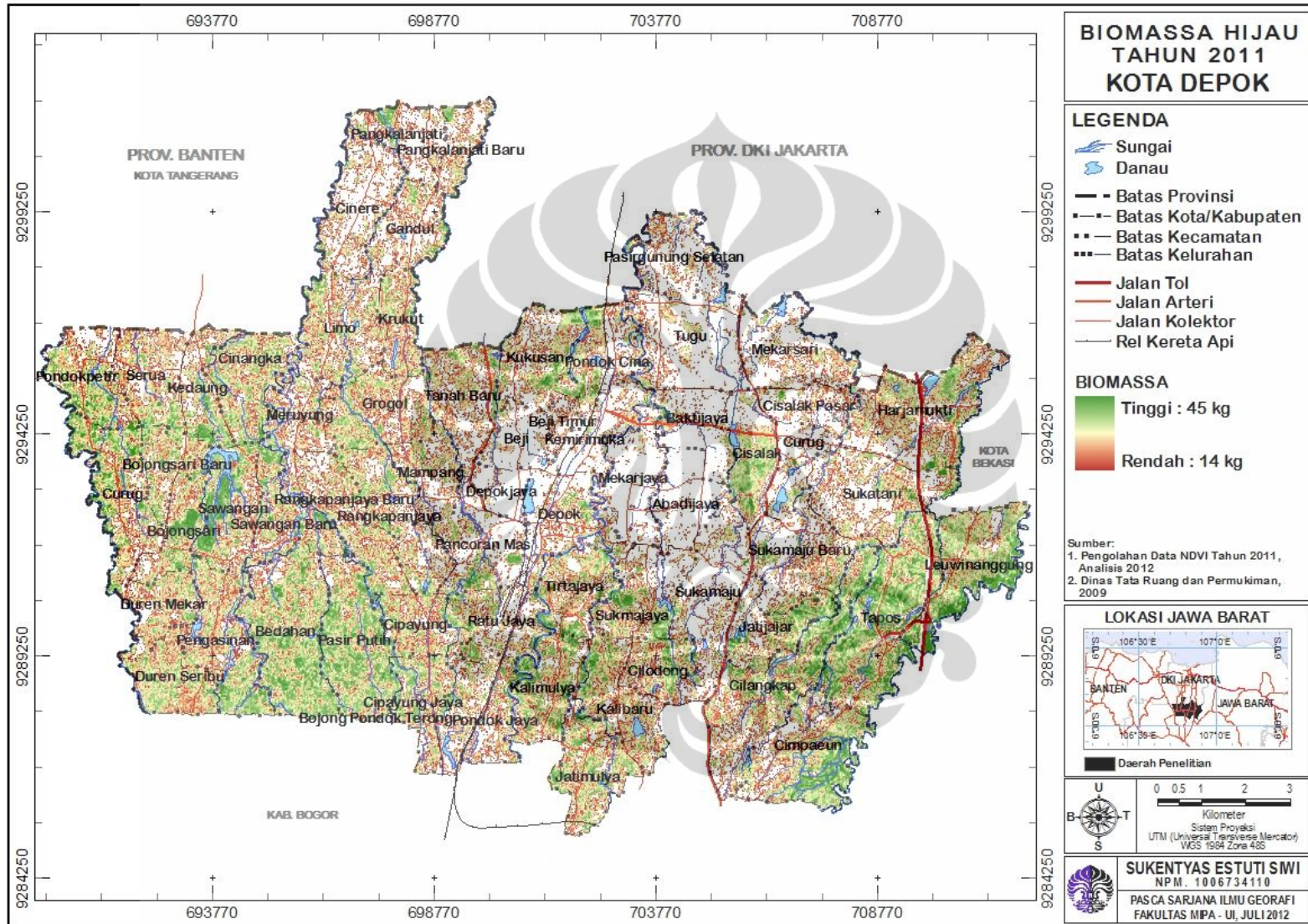
Informasi spasial kondisi biomassa hijau berbasis NDVI di wilayah Kota Depok disajikan pada Gambar 5.24 untuk tahun 2000 dan Gambar 5.25 untuk tahun 2011. Gambar 5.24 menunjukkan sebaran spasial dari kandungan biomassa hijau tahun 2000 di setiap kelurahan di Kota Depok. Pada tahun 2000 estimasi biomassa per piksel terendah sebesar 14 kg dan tertinggi 47 kg. Hasil perhitungan estimasi biomassa berdasarkan batas administrasi kelurahan diperoleh kelurahan dengan nilai terendah di Kelurahan Depok Jaya Kecamatan Pancoran Mas, yaitu sebesar 7.743 kg dan tertinggi di Kelurahan Bedahan Kecamatan Sawangan, yaitu sebesar 206.186 kg.

Gambar 5.25 menunjukkan sebaran spasial dari tingkat kandungan biomassa hijau tahun 2011 di setiap kelurahan di Kota Depok. Pada tahun 2011 estimasi biomassa per piksel terendah sebesar 14 kg dan tertinggi 45 kg. Hasil perhitungan estimasi biomassa berdasarkan batas administrasi kelurahan diperoleh kelurahan dengan nilai terendah di Kelurahan Depok Jaya Kecamatan Pancoran Mas, yaitu sebesar 4.446 kg dan tertinggi di Kelurahan Tapos Kecamatan Tapos sebesar 222.513 kg.

Hasil perhitungan berdasarkan tingkat kecamatan diperoleh kandungan biomassa hijau tertinggi ada di Kecamatan Tapos sebesar 930.111 kg di tahun 2000 dan 959.499 kg di tahun 2011. Hal ini dikarenakan sebagian besar wilayah kecamatan ini masih berupa lahan pertanian dan kebun campuran.



Gambar 5.24. Peta Kandungan Biomassa Hijau Tahun 2000



Gambar 5.25. Peta Tingkat Kandungan Biomassa Hijau Tahun 2011

Sedangkan kecamatan dengan kandungan biomassa terendah ada di Kecamatan Cinere sebesar 238.898 kg di tahun 2000 dan 184.836 kg di tahun 2011. Rendahnya biomassa hijau di kecamatan ini dikarenakan wilayah ini di dominasi oleh permukiman baik terstruktur maupun swadaya. Dengan demikian, kandungan biomassa hijau di wilayah Kota Depok pada tahun 2000 adalah sebesar 5.571.113 kg dan tahun 2011 sebesar 4.811.223 kg

Tabel 5.3. Estimasi Biomassa Hijau Menurut Kecamatan Tahun 2000-2011

No	Kecamatan	Biomassa Hijau		Perubahan Biomassa Tahun 2000-2011 (kg)
		Tahun 2000 (kg)	Tahun 2011 (kg)	
1	Kec. Beji	406.664	266.604	-140.060
2	Kec. Bojongsari	599.751	570.835	-28.916
3	Kec. Cilodong	521.591	414.339	-107.252
4	Kec. Cimanggis	430.118	325.270	-104.848
5	Kec. Cinere	238.898	184.836	-54.062
6	Kec. Cipayung	404.518	299.344	-105.174
7	Kec. Limo	331.320	313.388	-17.932
8	Kec. Pancoran Mas	487.380	357.218	-130.162
9	Kec. Sawangan	856.397	852.511	-3.886
10	Kec. Sukmajaya	364.365	267.379	-96.986
11	Kec. Tapos	930.111	959.499	29.388
Kota Depok		5.571.113	4.811.223	-759.890

Ket: (-) penurunan

Sumber: Hasil analisis, 2012

Tabel 5.3 menunjukkan hasil perhitungan perubahan biomassa hijau antara tahun 2000 dan 2011 ternyata terjadi penurunan biomassa hijau di Wilayah Kota Depok sebesar 759.890 kg. Sehingga rata-rata laju perubahan (penurunan) kandungan biomassa hijau tiap tahunnya sebesar ± 70.000 kg/tahun. Berdasarkan wilayah administrasi kecamatan, yang banyak mengalami penurunan kandungan biomassa hijau adalah Kecamatan Beji sebesar 140.060 kg dari 406.664 kg (tahun 2000) menjadi 266.604 kg (tahun 2011) yang disebabkan penurunan ruang hijau sebesar 384,84 ha. Perubahan ini dikarenakan Kecamatan Beji terletak berdekatan

dengan pusat pemerintahan dan pusat perdagangan dan jasa. Sehingga alih fungsi lahan dari belum terbangun menjadi terbangun sangat cepat perubahannya.

Kajian berdasarkan wilayah administrasi kelurahan, menunjukkan bahwa Kelurahan Tugu Kecamatan Cimanggis mengalami penurunan ruang hijau terbanyak sebesar 150,50 ha selama 11 tahun (2000-2011) dengan berkurangnya ruang hijau tersebut mengakibatkan kandungan biomassa hijau juga ikut berkurang sebesar 46.900 kg dari 96.770 kg (tahun 2000) menjadi 49.870 kg (tahun 2011). Penurunan ini dapat diindikasikan bahwa pada wilayah tersebut telah terjadi penurunan kuantitas vegetasinya seperti adanya penebangan atau kualitas vegetasinya seperti menurunnya kondisi vegetasi. Penambahan kandungan biomassa hijau terjadi di Kelurahan Tapos Kecamatan Tapos, yaitu sebesar 59.897 kg dari 165.616 kg (tahun 2000) menjadi 225.513 kg (tahun 2011). Penambahan tersebut dikarenakan pada wilayah ini terjadi penambahan luas ruang hijau sebesar 79,55 ha. Selain itu juga, kelurahan ini masih banyak terdapat lahan pertanian dan kebun campuran.

Perubahan biomassa hijau di wilayah Kota Depok ini dapat disebabkan antara lain terjadinya alih fungsi lahan dari lahan tidak terbangun menjadi lahan terbangun dan perubahan dari karakteristik vegetasi itu sendiri yang menyebabkan nilai indeks vegetasi menjadi bervariasi. Hasil perhitungan biomassa lebih secara rinci dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.3. tentang Estimasi Kandungan Biomassa Hijau Tingkat Kelurahan di Kota Depok antara Tahun 2000 dan 2011.

5.4.3. Biomassa Hijau Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

Dalam periode tahun 2000-2011 terjadi perubahan kandungan biomassa hijau, yang berlainan untuk masing-masing kategori TKrV (rendah, sedang, dan tinggi). Pada kategori TKrV kategori rendah terjadi penurunan sebesar 520.306 kg, yaitu dari 2.481.801 kg (tahun 2000) menjadi 1.961.495 (tahun 2011). Penurunan kandungan biomassa hijau pada TKrV kategori sedang adalah 207.343 kg, yaitu dari 2.882.473 kg (tahun 2000) menjadi 2.675.129 kg (tahun 2011). Sedangkan TKrV kategori tinggi menurun sebesar 32.240 kg, yaitu dari 206.839 kg (tahun 2000) menjadi 174.599 kg (tahun 2011). Perhitungan kandungan biomassa hijau berdasarkan TKrV dapat dilihat pada Tabel 5.4.

Tingkat kerapatan vegetasi berkaitan erat dengan tingkat kehijauan yang berarti dapat menentukan besarnya kandungan biomassa dalam vegetasi. Semakin tinggi kerapatan vegetasi, semakin kehijauannya tinggi maka kandungan biomassa hijau yang ada di dalam vegetasi tersebut semakin tinggi dan sebaliknya bila kerapatan vegetasinya rendah maka kandungan biomassa hijau dalam vegetasi juga rendah. Dengan kata lain, nilai kerapatan vegetasi berbanding lurus dengan nilai kandungan biomassa hijau.

Tabel 5.4. Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi

No	Tingkat Kerapatan Vegetasi	Nilai NDVI	Biomassa Tahun 2000 (kg)	Biomassa Tahun 2011 (kg)	Perubahan Biomassa Tahun 2000-2011 (kg)
1	Rendah	0,25 - 0,40	2.481.801	1.961.495	-520.306
2	Sedang	0,40 - 0,55	2.882.473	2.675.129	-207.343
3	Tinggi	0,55 - 0,70	206.839	174.599	-32.240
Biomassa Kota Depok			5.571.113	4.811.223	

Ket: (-) penurunan

Sumber: Hasil analisis, 2012

Hasil perhitungan biomassa hijau di wilayah Kota Depok menunjukkan bahwa terdapat tiga kecamatan yang memiliki kandungan biomassa hijau tinggi berdasarkan TKrV-nya yaitu Kecamatan Bojongsari, Kecamatan Sawangan, dan Kecamatan Tapos. Hal ini dikarenakan di ketiga wilayah tersebut masih banyak ditemui lahan berupa lahan pertanian dan kebun campuran. Perhitungan rinci untuk setiap kelurahan dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.4

5.5. Kemampuan Serap CO₂

Vegetasi hijau menyerap CO₂ dari udara untuk pertumbuhan dan perkembangannya melalui proses fotosintesis. Kombinasi karbon dari CO₂ dengan hidrogen diperlukan untuk membentuk gula sederhana yang disimpan di dalam jaringan. Sebagaimana diketahui, vegetasi melakukan fotosintesis untuk membentuk zat makanan atau energi yang dibutuhkan oleh tanaman tersebut.

Dalam proses fotosintesis vegetasi menyerap CO₂ dan air yang kemudian diubah menjadi *glukosa* dan oksigen dengan bantuan sinar matahari. Semua proses ini berlangsung di dalam klorofil. Kemampuan vegetasi sebagai penyerap CO₂ akan berbeda-beda. Faktor yang mempengaruhi daya serap CO₂ di antaranya kualitas klorofil, luas permukaan daun, umur daun, dan fase pertumbuhan vegetasi. Sementara itu, faktor eksternal vegetasi yang ikut menentukan daya serap CO₂ adalah suhu, sinar matahari, dan ketersediaan air (Dahlan, 2007).

Perhitungan estimasi daya serap CO₂ didapatkan dengan mengkonversi nilai kandungan biomassa berdasarkan rumus kimia fotosintesis dengan menggunakan konsep mol kimiawi. Persamaan kimia fotosintesis tersebut adalah sebagai berikut:



Dengan menerapkan persamaan tersebut didapatkan perhitungan estimasi daya serap CO₂ untuk setiap kelurahan di Kota Depok yang dapat dilihat secara rinci pada Lampiran Tabel L.4. Selanjutnya untuk melihat kemampuan ruang hijau dalam menyerap CO₂ maka perhitungan CO₂ tersebut diklasifikasikan berdasarkan kategori: (1) Kategori sangat rendah (< 72.000 kg); (2) Kategori rendah (72.000 kg - 137.000 kg); (3) Kategori sedang (137.000 kg - 200.000 kg); (4) Kategori tinggi (200.000 kg - 250.000 kg); dan (5) Kategori sangat tinggi (> 250.000 kg).

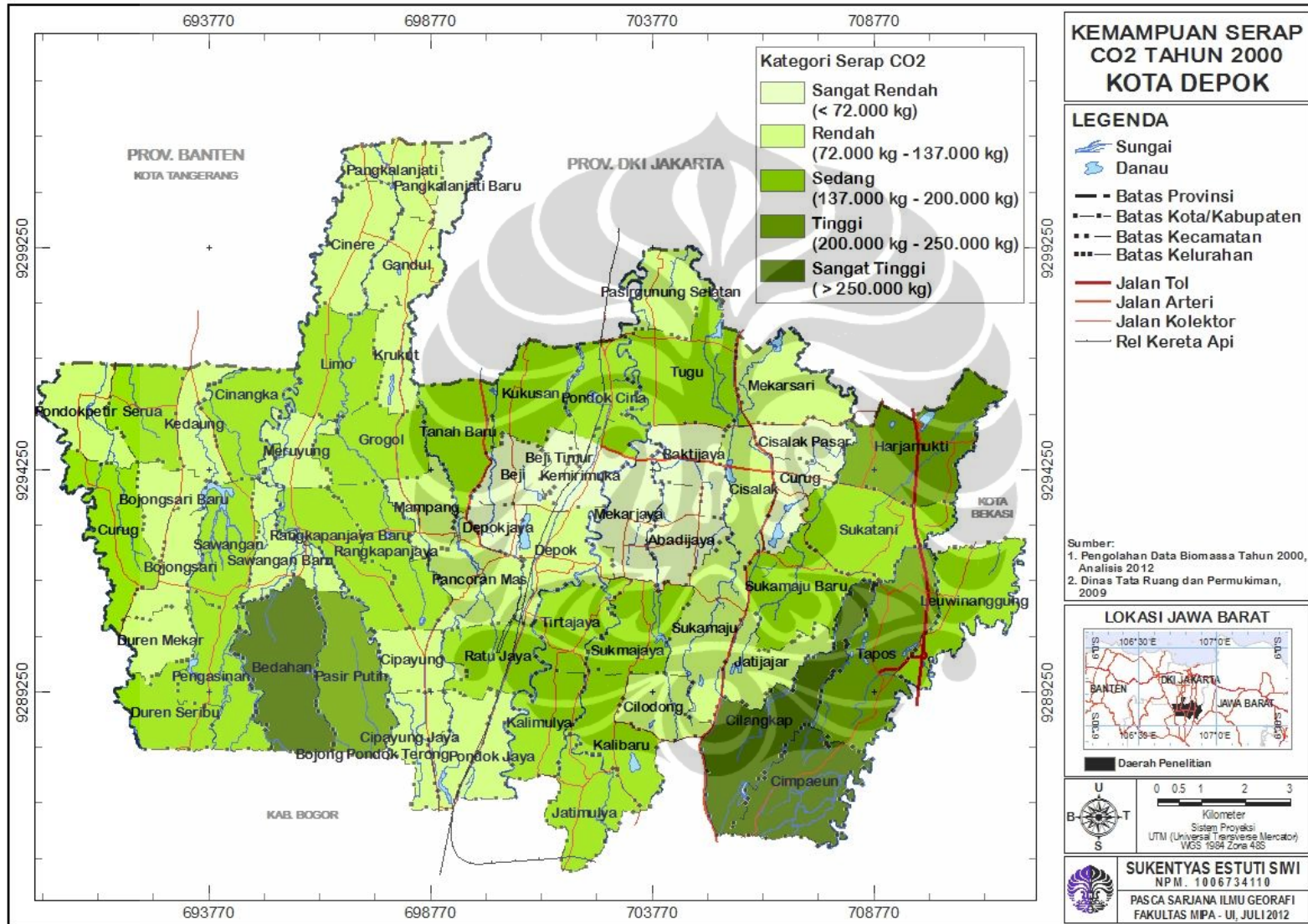
Informasi spasial kemampuan ruang hijau dalam menyerap CO₂ di wilayah Kota Depok disajikan pada Gambar 5.26 untuk tahun 2000 dan Gambar 5.27 untuk tahun 2011. Gambar 5.26 menunjukkan sebaran spasial dari kemampuan ruang hijau dalam menyerap CO₂ tahun 2000 di setiap kelurahan di Kota Depok. Kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂ di Kota Depok pada tahun 2000 sebesar 8.193.077 kg CO₂. Pada tahun 2000 terdapat 10 kelurahan masuk dalam kategori sangat rendah dengan nilai terendah terdapat di Kelurahan Depok Jaya Kecamatan Pancoran Mas, yaitu sebesar 11.389 kg CO₂. Kategori rendah sebanyak 24 kelurahan, kategori sedang 23 kelurahan, kategori tinggi 3 kelurahan, dan kategori sangat tinggi 3 kelurahan. Nilai kandungan biomassa hijau sangat

tinggi terdeteksi di Kelurahan Bedahan Kecamatan Sawangan, yaitu sebesar 303.357 kg CO₂.

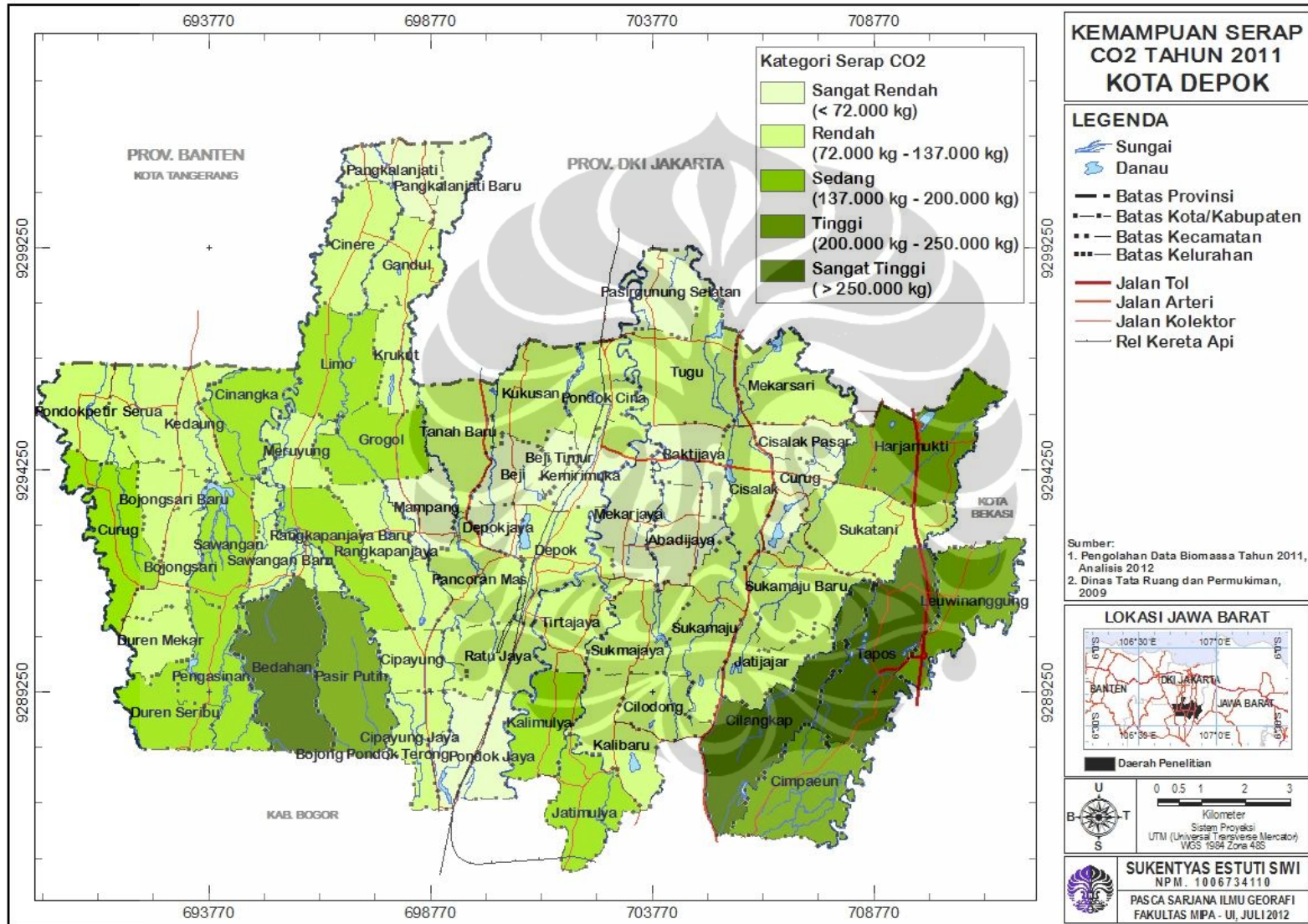
Gambar 5.27 menunjukkan sebaran spasial kemampuan ruang hijau dalam menyerap CO₂ di tingkat kelurahan pada tahun 2011. Kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂ di Kota Depok pada tahun 2011 sebesar 7.076.396 kg CO₂. Kemampuan menyerap CO₂ di setiap kelurahan berbeda-beda tergantung dari luasan ruang hijau yang ada. Hasil perhitungan diperoleh 15 kelurahan masuk dalam kategori sangat rendah. Kelurahan Depok Jaya Kecamatan Pancoran Mas memiliki kemampuan menyerap CO₂ paling rendah dibandingkan dengan kelurahan lainnya yaitu sebesar 6.539 kg CO₂. Hal ini dikarenakan kelurahan ini: (a) termasuk kelurahan yang padat permukimannya dengan koefisien dasar bangunan (KDB) tinggi (60-75%), (b) adanya perubahan luas ruang hijau sebesar 9,23 ha selama kurun waktu 11 tahun (tahun 2000-2011), dan (c) adanya faktor lingkungan dan kondisi vegetasinya yang kurang dapat menyerap CO₂.

Selanjutnya kelurahan yang masuk kategori rendah ada 31 kelurahan, kategori sedang 10 kelurahan, kategori tinggi 4 kelurahan, dan kategori sangat tinggi ada 3 kelurahan. Kelurahan Tapos Kecamatan Tapos merupakan kelurahan dengan kemampuan menyerap CO₂ paling besar yaitu sebesar 331.756 kg CO₂. Hal ini diketahui bahwa selama 11 tahun terjadi peningkatan luas ruang hijau sebesar 79,55 ha dan dimungkinkan vegetasi yang berada di kelurahan tersebut memiliki kemampuan penyerapan yang tinggi.

Gambar 5.28 menunjukkan sebaran perubahan kemampuan menyerap CO₂ berdasarkan wilayah administrasi kelurahan yang ada di wilayah Kota Depok. Hasil tumpang susun antara data kemampuan serap CO₂ tahun 2000 dan 2011, maka dapat diketahui kelurahan mana saja yang mengalami perubahan kemampuan menyerap CO₂ dan kelurahan yang tetap selama 11 tahun tidak berubah berdasarkan dari klasifikasi yang telah dibuat sebelumnya.



Gambar 5.26. Peta Kemampuan Serap CO₂ Kota Depok Tahun 2000



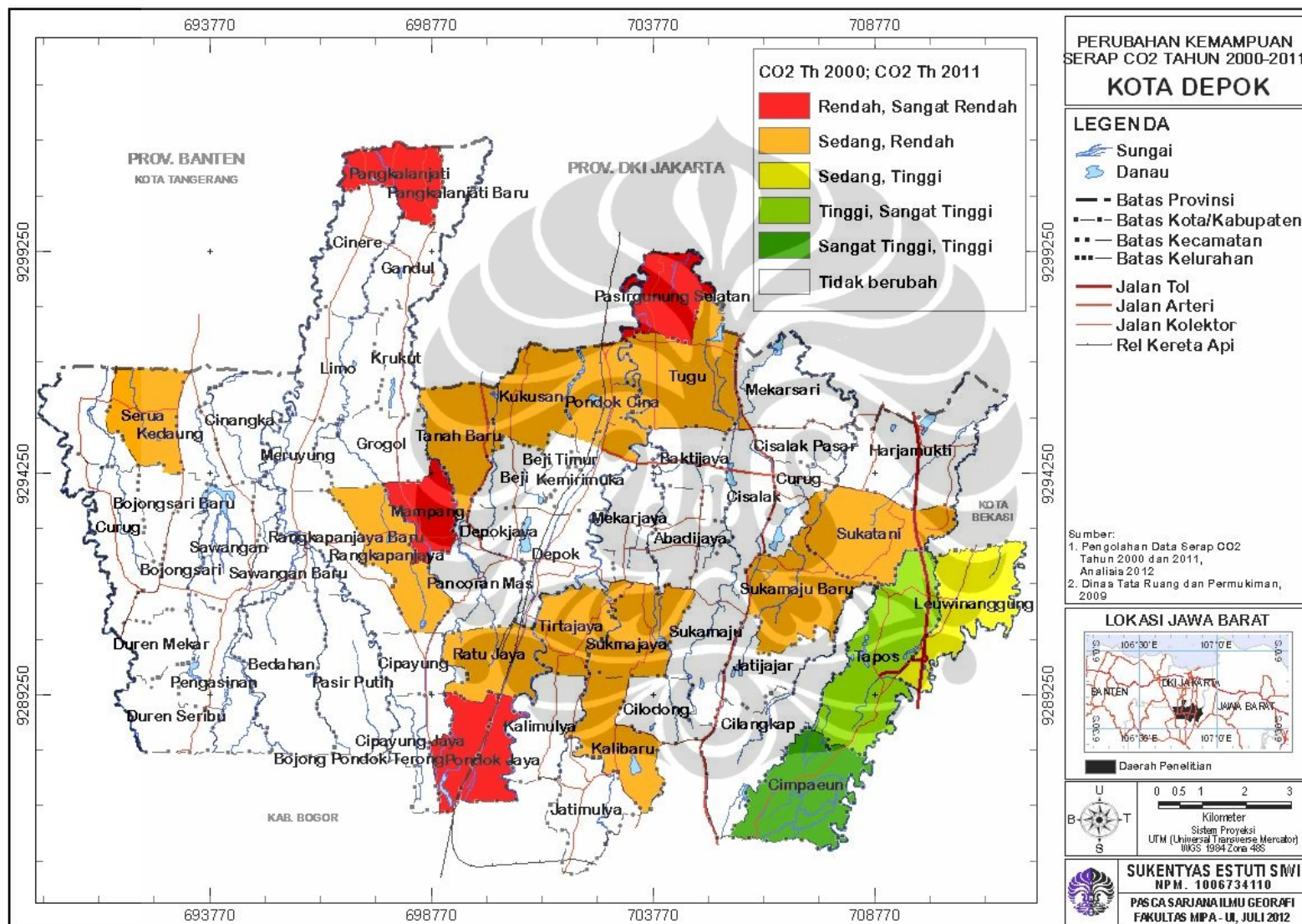
Gambar 5.27. Peta Kemampuan Serap CO₂ Kota Depok Tahun 2011

Secara spasial terlihat penurunan kemampuan serap CO₂ terjadi dikarenakan letak wilayah yang berubah berdekatan dengan pusat pemerintahan, pusat perdagangan dan jasa, pusat pendidikan, dan sarana perhubungan berupa jalan arteri. Kelurahan-kelurahan tersebut adalah Kelurahan Tugu, Pondok Cina, Tanah Baru, Ratu Jaya, Tirtajaya, dan Kelurahan Sukmajaya.

Sedangkan penambahan kandungan biomassa hijau seperti pada Kelurahan Tapos dan Kelurahan Leuwinanggung di Kecamatan Tapos dan Kelurahan Curug di Kecamatan Bojongsari dikarenakan wilayah-wilayah tersebut merupakan wilayah pertanian yang penggunaan tanahnya di dominasi sawah, tegalan, dan kebun campuran.

Perubahan kemampuan menyerap CO₂ dari kategori rendah ke sangat rendah terdapat di lima kelurahan, yaitu Kelurahan Pangkalan Jati, Pasirgunung Selatan, Mampang, Pondok Jaya dan Kelurahan Bojong Pondok Terong. Penurunan kemampuan kategori ini dikarenakan kelurahan tersebut merupakan kelurahan dengan kepadatan bangunan yang tinggi. Selain ini juga bisa dikarenakan kondisi vegetasinya kurang bisa menyerap CO₂.

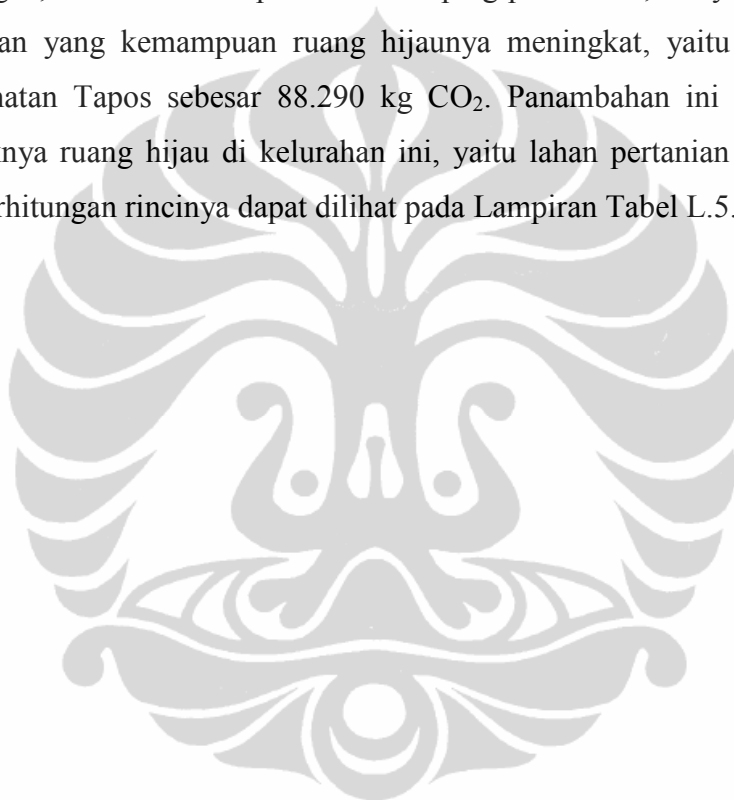
Berdasarkan perhitungan perubahan kemampuan ruang hijau dalam menyerap CO₂, antara tahun 2000 dan 2011 telah terjadi penurunan sebesar 1.116.681 kg CO₂. Dengan kata lain, rata-rata laju perubahannya sebesar ± 100.000 kg CO₂ per tahun. Berdasarkan wilayah administrasi kecamatan, ruang hijau yang paling besar mengalami penurunan kemampuan menyerap CO₂ adalah di Kecamatan Beji, yaitu sebesar 205.942 kg CO₂. Berdasarkan draft Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Depok Tahun 2011-2030, pemanfaatan lahan di Kecamatan Beji diperuntukkan sebagai kawasan perdagangan dan jasa, perumahan dengan kepadatan bangunan tinggi dan sedang, dan sebagai fasilitas pendidikan. Hal inilah yang menyebabkan terjadinya penurunan ruang hijau yang diikuti dengan penurunan kemampuan ruang hijau yang ada dalam menyerap CO₂.



Gambar 5.28. Peta Perubahan Kemampuan Serap CO₂ Tahun 2000-2011 di Kota Depok

Wilayah administrasi kelurahan yang banyak mengalami penurunan kemampuan menyerap CO₂ adalah Kelurahan Tugu Kecamatan Cimanggis mengalami penurunan kemampuan menyerap CO₂ dari kategori sedang turun menjadi kategori rendah, penurunannya sebesar 69.005 kg CO₂.

Berdasarkan pengolahan citra satelit ternyata terjadi penurunan luas ruang hijau sebesar 176,5 ha dari tahun 2000 sampai 2011. Berdasarkan survei lapangan, ruang hijau yang ada berupa sempadan sungai Ciliwung, pekarangan di kawasan industri, lapangan, dan kebun campuran. Di samping penurunan, ternyata terdapat pula kecamatan yang kemampuan ruang hijaunya meningkat, yaitu Kelurahan Tapos Kecamatan Tapos sebesar 88.290 kg CO₂. Panambahan ini disebabkan masih banyaknya ruang hijau di kelurahan ini, yaitu lahan pertanian dan kebun campuran. Perhitungan rincinya dapat dilihat pada Lampiran Tabel L.5.



BAB 6

KESIMPULAN dan SARAN

6.1. Kesimpulan

Hasil penelitian tentang kemampuan ruang hijau dalam menyerap gas CO₂ ini dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Kota Depok mengalami penurunan ruang hijau dari 80,89% di tahun 2000 menjadi 67,46% di tahun 2011. Sehingga selama kurun waktu 11 tahun (tahun 2000-2011) telah terjadi penurunan luas ruang hijau di wilayah Kota Depok sebesar 2.691,22 ha dan penurunan terbanyak ada di Kecamatan Beji.
2. Nilai NDVI yang bervariasi dapat digunakan untuk mengestimasi kandungan biomassa hijau yang ada di dalam vegetasi. Hal ini dibuktikan dengan nilai korelasi yang kuat antara NDVI dan biomassa sebesar $r = 0,876$ pada tingkat signifikan 95%.
3. Kandungan biomassa hijau yang ada di dalam ruang hijau berbanding lurus dengan kemampuan ruang hijau menyerap CO₂. Kota Depok selama kurun waktu 11 tahun (2000-2011) mengalami penurunan luas ruang hijau yang mengakibatkan menurunnya pula kandungan biomassa hijau sebesar 759.890 kg dan kemampuan ruang hijau tersebut dalam menyerap gas CO₂ sebesar 1.116.681 kg CO₂.

6.1. Saran

1. Melakukan penelitian lebih mendalam untuk mengetahui besaran emisi gas CO₂. Sehingga dapat diketahui apakah ruang hijau tersebut dapat mengurangi emisi yang ada di Kota Depok.
2. Mempertahankan ruang hijau yang ada sekarang (67,46%) dengan melestarikan ruang hijau yang masih ada, khususnya pada kawasan yang memiliki fungsi lindung seperti tidak melakukan konversi pada lahan pertanian/ sempadan sungai.
3. Masukan terhadap instrument peraturan perundangan untuk membuat Perda yang berkaitan dengan menjaga keberadaan dan keberlanjutan ruang hijau, serta penegakan hukum terhadap pelanggaran Perda.

4. Agar penurunan kemampuan ruang hijau menyerap CO₂ tidak semakin menurun, maka perlu dilakukan pemulihan terhadap ruang hijau yang menurun kemampuannya, menerapkan kebijakan pajak untuk emisi gas CO₂, dan menggalakkan penanaman pohon.



DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik Kota Depok. 2011. *Kota Depok Dalam Angka Tahun 2011*. BPS Kota Depok.
- Brown, S. 1997. *Estimating Biomass and Biomass Change of Tropical Forest. A Primer*. FAO. Forestry Paper No. 134. F AO, USA.
- Cox, G.W., 1976, *Laboratory Manual of General Ecology*, Wm.C.Brown Company Publishers, Iowa
- Dahlan, Endes. N. 2007. *Analisis Kebutuhan Luasan Hutan Kota Sebagai Sink Gas CO₂ Antropogenik dari Bahan Bakar Minyak dan Gas di Kota Bogor Dengan Pendekatan Sistem Dinamik*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Sunandar, E. 2009. *Daya Serap CO₂ dan Kebutuhan Ruang Hijau di DKI Jakarta*. Tesis Program Pasca Sarjana Ilmu Geografi. Departemen Geografi FMIPA UI. Depok.
- Elachi, C., Zyl, V.J. 2006. *Introduction to the Physic and Techniques of Remote Sensing*. John Willey & Sons Inc.. New Jersey.
- Field, C.B. and M. R. Raupach (Editors). 2004. *The Global Carbon Cycle: Integrating Humans, Climate, and the Natural World*. Island Press
- Horning, N., Robinson, J.A., Sterling, E.J., Turner, W., Spector, S., 2010. *Remote Sensing for Ecology and Conservation*. Oxford University Press, New York.
- Huete, A.R, and Glenn, E.P., 2011, *Remote Sensing of Ecosystem Structure and Function*, Advance in Environment Remote Sensing, p. 291. CRC Press. Boca Raton.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Summary for policymakers and technical summary of the working group II report*. WMO-UNDP.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2006. *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC National Greenhouse Gas Inventories Programme*. IGES, Japan.
- Kumar, Krisna (2002) *Penataan ruang sebagai dasar pengelolaan lingkungan : Pengkajian ruang terbuka hijau kota Depok*. Program Studi Ilmu Lingkungan. Program Pascasarjana. Universitas Indonesia. Jakarta

- Lal, Rattan (2008). *Sequestration of Atmospheric CO₂ in Global Carbon Pools*. Energy and Environmental Science 1: 86–100
- Liang, S. 2004. *Quantitative Remote Sensing of Land Surface*. John Willey & Sons Inc.. New Jersey.
- Lillesand, Thomas M. dan Kiefer, Ralph W. 1997. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Diterjemahkan : Dulbahri, Prapto Suharsono, Hartono, Suharyadi. Yogyakarta : Gajah Mada University Press.
- Lu D. 2005. *The Potential and Challenge of Remote Sensing-Based Biomass Estimation*. [Jurnal] International Journal of Remote Sensing, Vol. 27 No.7 Hal. 1297-1328.
- Mather, P.M. 2004. *Computer Processing of Remotely-Sensed Images An Introduction*. John Willey & Sons Inc. Chichester.
- Muis, Bos Ariadi. 2005. *Analisis Kebutuhan Ruang Terbuka Hijau Berdasarkan Kebutuhan Oksigen dan Air di Kota Depok*. Tesis. Sekolah Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.
- National Aeronautics and Space Administration [NASA]. 2001. *Landsat 7 Science Data Users Handbook*. 16 Desember 2011.
<http://landsathandbook.gsfc.nasa.gov>
- Peraturan Daerah Kota Depok No 2 Tahun 2006 tentang *Rencana Pembangunan Jangka Menengah Daerah (RPJMD)*
- Peraturan Menteri Dalam Negeri No.1 Tahun 2007 tentang *Penataan Ruang Terbuka Hijau Kawasan Perkotaan*.
- Peraturan Pemerintah Nomor 16 Tahun 2004 tentang *Penatagunaan Tanah*
- Pettorelli, N., Vik, J.O., Mysterud, A., Gaillard, J-M., Tucker, C.J., dan Stenseth, N.C. 2005. *Using the Satellite-derived NDVI to Assess Ecological Responses to Environmental Change*. Trends in Ecology and Evolution Vol. 20 No. 9. Hal. 503-510
- Pidwirny, M. 2006. *The Carbon Cycle. Fundamentals of Physical Geography*, 2nd Edition. [Online]. 16 Desember 2011.
<http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9r.html>.
- Purwadhi, F.S. 2001. *Interpretasi Citra Digital*. PT. Grasindo. Jakarta
- Shank, Michael. 2008. *Using Remote Sensing to Map Vegetation Density on a Reclaimed Surface Mine*. Incorporating Geospatial Technologies into SMCRA Business Processes. Atlanta.

- Simpson, J.R., and E.G. McPherson. 1999. *Carbon Dioxide Reduction Through Urban Forestry-Guidelines for Professional and Volunteer Tree Planters*. Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-171. Albany, CA: Pacific Southwest Research Station, Forest Service, U.S. Department of Agriculture.
- Spotimage. 2005. *SPOT Satellite Technical Data*. 22 April 2012. <http://www.astrium-geo.com>
- Sobirin. 2001. *Distribusi Kebutuhan Teoritis Ruang Hijau dan Kebutuhan Aktual Ruang Hijau di DKI Jakarta Tahun 1999*. Tesis Program Pasca Sarjana Ilmu Geografi. Departemen Geografi FMIPA UI. Depok.
- Song, C., Gray, J.M., Gao, F. 2011. *Remote Sensing of Vegetation with Landsat Imagery*. CRC Press. Boca Raton.
- Sumarwoto. Oto, 2002. *Lingkungan Hidup Wilayah Perkotaan*. Lembaga Ekologi Universitas Pejajaran Bandung.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 26 Tahun 2007 Tentang *Penataan Ruang*.
- Usman, H. dan R. Purnomo S.A. 2000. *Pengantar Statistika*. Jakarta : Bumi Aksara
- Waryono. T dan Rohkmatuloh, 2009. *Perhitungan Karbon Terrestrial pada Hutan Tropis Indonesia dalam Mendukung Upaya Bencana Pemanasan Global*. Laporan Akhir Riset Unggulan. Universitas Indonesia
- Waryono. T, 2011. *Kajian Akademik Potensi Ruang Terbuka Hijau Dalam Penurunan Gas Emisi di Jakarta*. Badan Pengelolaan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi DKI Jakarta.
- Yamamoto, H., 1983, *Remote sensing data for resources development master plan on north Banten area, West Java, Indonesia*, PUSDATA DPU-JICA, Jakarta.

Tabel L.1. Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011

No	Kecamatan	Kelurahan	TKrV Tahun 2000			TKrV Tahun 2011			Perubahan TKrV Tahun 2000-2011			Ruang Hijau (RH)		Perubahan RH
			Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	2000 (ha)	2011 (ha)	2000-2011 (ha)
1	Beji	Beji	63,47	22,58	0,89	30,82	10,82	0,00	-32,65	-11,76	-0,89	86,94	41,64	-45,30
		Beji Timur	42,65	13,92	0,11	26,66	2,96	0,00	-15,98	-10,96	-0,11	56,68	29,62	-27,05
		Kemirimuka	62,76	32,88	1,44	32,11	15,50	0,00	-30,65	-17,37	-1,44	97,07	47,62	-49,45
		Kukusan	141,10	173,39	3,41	118,10	106,23	3,54	-23,01	-67,16	0,13	317,90	227,86	-90,04
		Pondok Cina	133,50	130,32	12,82	106,20	93,72	2,87	-27,30	-36,60	-9,95	276,63	202,79	-73,85
		Tanah Baru	157,83	156,99	5,37	144,33	75,86	0,86	-13,50	-81,14	-4,51	320,19	221,05	-99,15
Total			601,31	530,07	24,03	458,23	305,08	7,27	-143,08	-224,99	-16,76	1.155,41	770,58	-384,84
2	Bojongsari	Bojongsari	86,15	106,21	8,63	79,28	83,89	15,22	-6,87	-22,33	6,59	200,99	178,39	-22,61
		Bojongsari Baru	96,20	80,03	10,44	76,38	87,32	3,14	-19,82	7,29	-7,30	186,66	166,84	-19,82
		Curug	198,90	182,49	14,27	150,80	196,70	13,75	-48,10	14,20	-0,52	395,66	361,25	-34,41
		Duren Mekar	92,34	72,08	9,57	91,49	64,28	0,50	-0,85	-7,79	-9,07	173,98	156,27	-17,71
		Duren Seribu	126,25	142,33	9,28	128,21	141,26	1,37	1,96	-1,07	-7,91	277,86	270,83	-7,02
		Pondokpetir	129,25	124,12	9,86	106,83	125,11	7,92	-22,42	0,99	-1,94	263,24	239,86	-23,38
		Serua	167,30	118,48	9,31	144,26	91,96	2,47	-23,04	-26,53	-6,84	295,10	238,69	-56,41
Total			896,38	825,74	71,36	777,25	790,51	44,37	-119,14	-35,23	-27,00	1.793,49	1.612,13	-181,36
3	Cilodong	Cilodong	95,39	93,89	10,11	94,47	70,15	2,58	-0,92	-23,74	-7,53	199,39	167,20	-32,19
		Jatimulya	101,88	180,06	21,91	123,36	144,17	14,58	21,48	-35,88	-7,33	303,84	282,11	-21,73
		Kalibaru	100,10	185,47	17,34	138,88	115,77	7,50	38,78	-69,69	-9,85	302,91	262,15	-40,76

Tabel L.1. Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011

No	Kecamatan	Kelurahan	TKrV Tahun 2000			TKrV Tahun 2011			Perubahan TKrV Tahun 2000-2011			Ruang Hijau (RH)		Perubahan RH
			Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	2000 (ha)	2011 (ha)	2000-2011 (ha)
3	Cilodong	Kalimulya	60,78	189,94	43,47	103,83	145,09	14,41	43,05	-44,85	-29,06	294,19	263,33	-30,86
		Sukamaju	197,89	79,24	2,76	122,73	45,91	1,31	-75,16	-33,33	-1,45	279,89	169,95	-109,93
		Total		728,59	95,59	583,27	521,10	40,38	27,22	-207,49	-55,21	1.380,22	1.144,74	-235,49
4	Cimanggis	Cisalak Pasar	84,15	20,28	0,44	61,76	13,37	1,00	-22,39	-6,90	0,56	104,86	76,13	-28,73
		Curug	68,08	17,52	1,00	41,21	11,72	0,37	-26,87	-5,80	-0,63	86,60	53,30	-33,30
		Harjamukti	337,44	150,58	2,98	245,10	174,30	5,84	-92,34	23,72	2,86	490,99	425,24	-65,75
		Mekarsari	169,33	58,90	0,89	115,83	31,62	0,25	-53,50	-27,28	-0,63	229,12	147,71	-81,41
		Pasirgunung Selatan	137,07	37,41	0,19	89,48	17,64	0,30	-47,59	-19,77	0,11	174,66	107,42	-67,25
		Tugu	211,55	87,97	2,62	117,69	33,83	0,12	-93,86	-54,14	-2,50	302,15	151,64	-150,50
		Total	1.007,62	372,66	8,11	671,07	282,49	7,89	-336,55	-90,17	-0,22	1.388,39	961,44	-426,95
5	Cinere	Cinere	172,11	30,63	0,45	117,00	41,17	0,14	-55,11	10,54	-0,32	203,20	158,31	-44,89
		Gandul	144,30	69,51	1,00	97,70	52,86	0,82	-46,60	-16,65	-0,18	214,81	151,38	-63,43
		Pangkalanjati	130,77	54,87	1,09	83,81	49,84	2,93	-46,95	-5,03	1,84	186,72	136,58	-50,14
		Pangkalanjati Baru	81,14	56,88	0,62	62,14	32,04	0,56	-19,00	-24,84	-0,06	138,64	94,74	-43,90
		Total	528,32	211,89	3,16	360,66	175,90	4,44	-167,66	-35,99	1,29	743,37	541,00	-202,36
6	Cipayung	Bojong Pondok Terong	89,04	111,04	2,18	84,96	53,84	0,69	-4,07	-57,20	-1,50	202,26	139,49	-62,77
		Cipayung	65,00	138,66	5,68	101,48	82,56	0,90	36,48	-56,10	-4,78	209,33	184,94	-24,39

Tabel L.1. Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011

No	Kecamatan	Kelurahan	TKrV Tahun 2000			TKrV Tahun 2011			Perubahan TKrV Tahun 2000-2011			Ruang Hijau (RH)		Perubahan RH
			Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	2000 (ha)	2011 (ha)	2000-2011 (ha)
6	Cipayung	Cipayung Jaya	102,24	121,99	1,90	90,18	109,39	1,75	-12,05	-12,60	-0,15	226,12	201,32	-24,80
		Pondok Jaya	59,96	96,99	11,13	74,91	43,74	4,68	14,95	-53,25	-6,45	168,08	123,32	-44,76
		Ratu Jaya	118,27	164,34	11,69	113,94	96,08	2,88	-4,34	-68,26	-8,81	294,30	212,90	-81,40
Total			434,50	633,01	32,58	465,48	385,60	10,90	30,98	-247,41	-21,69	1.100,09	861,98	-238,12
7	Limo	Grogol	192,37	143,61	1,10	170,16	125,21	1,65	-22,22	-18,41	0,56	337,08	297,02	-40,07
		Krukut	94,79	75,11	1,81	93,70	69,41	0,37	-1,09	-5,71	-1,44	171,71	163,47	-8,24
		Limo	249,81	96,90	0,94	187,54	122,46	1,99	-62,27	25,56	1,05	347,65	311,99	-35,66
		Meruyung	119,21	62,48	0,50	104,03	52,21	0,55	-15,18	-10,27	0,05	182,19	156,79	-25,40
Total			656,19	378,11	4,35	555,43	369,28	4,57	-100,76	-8,83	0,22	1.038,64	929,27	-109,37
8	Pancoran Mas	Depok	152,48	94,54	11,20	107,96	59,33	1,53	-44,52	-35,22	-9,68	258,23	168,82	-89,41
		Depokjaya	18,63	4,94	0,08	12,12	2,30		-6,51	-2,64	-0,08	23,64	14,41	-9,23
		Mampang	118,68	67,90	0,26	92,27	47,27	0,38	-26,41	-20,63	0,12	186,83	139,92	-46,92
		Pancoran Mas	159,10	106,72	9,66	101,02	69,57	4,33	-58,08	-37,15	-5,33	275,48	174,91	-100,56
		Rangkapanjaya	184,67	148,59	3,02	151,96	114,87	1,90	-32,70	-33,72	-1,12	336,27	268,73	-67,54
		Rangkapanjaya Baru	186,64	160,20	2,62	164,33	122,58	0,76	-22,31	-37,63	-1,86	349,46	287,66	-61,80
Total			820,18	582,89	26,84	629,65	415,91	8,90	-190,53	-166,98	-17,95	1.429,91	1.054,45	-375,46
9	Sawangan	Bedahan	158,89	366,22	21,55	166,02	362,38	19,60	7,14	-3,84	-1,96	546,66	548,00	1,34
		Cinangka	176,14	132,19	2,56	138,53	162,00	3,33	-37,61	29,81	0,77	310,90	303,86	-7,04

Tabel L.1. Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011

No	Kecamatan	Kelurahan	TKrV Tahun 2000			TKrV Tahun 2011			Perubahan TKrV Tahun 2000-2011			Ruang Hijau (RH)		Perubahan RH
			Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	2000 (ha)	2011 (ha)	2000-2011 (ha)
9	Sawangan	Kedaung	105,15	72,16	3,34	63,03	85,83	7,07	-42,12	13,67	3,73	180,64	155,92	-24,72
		Pasir Putih	127,09	305,32	15,64	116,98	313,93	13,56	-10,10	8,61	-2,08	448,04	444,47	-3,57
		Pengasinan	161,03	201,84	4,89	158,04	195,60	7,21	-2,98	-6,25	2,33	367,75	360,85	-6,90
		Sawangan	127,91	144,50	3,10	102,83	153,60	22,33	-25,09	9,10	19,23	275,51	278,76	3,25
		Sawangan Baru	124,04	124,89	1,61	112,49	121,00	4,03	-11,55	-3,90	2,42	250,54	237,51	-13,03
Total			980,24	1.347,13	52,68	857,92	1.394,33	77,12	-122,31	47,20	24,44	2.380,05	2.329,37	-50,68
10	Sukmajaya	Abadijaya	76,15	12,70	0,07	28,91	4,69		-47,23	-8,00	-0,07	88,91	33,61	-55,30
		Baktijaya	86,02	26,87	0,57	42,33	20,93	0,20	-43,70	-5,93	-0,36	113,45	63,46	-49,99
		Cisalak	115,73	64,03	1,17	70,16	116,48	1,66	-45,56	52,45	0,49	180,93	188,30	7,37
		Mekarjaya	96,09	36,64	1,93	54,85	14,32	0,98	-41,25	-22,31	-0,95	134,66	70,15	-64,51
		Sukmajaya	122,10	131,29	24,12	106,26	89,34	5,97	-15,83	-41,95	-18,15	277,50	201,57	-75,93
		Tirtajaya	89,07	139,59	35,39	113,90	109,19	5,66	24,84	-30,41	-29,73	264,05	228,75	-35,30
Total			585,15	411,11	63,24	416,41	354,96	14,48	-168,74	-56,15	-48,76	1.059,50	785,84	-273,66
11	Tapos	Cilangkap	291,20	241,25	11,96	198,03	275,18	15,25	-93,17	33,93	3,29	544,40	488,46	-55,94
		Cimpacun	136,60	248,94	67,55	120,98	232,63	41,36	-15,62	-16,32	-26,19	453,10	394,96	-58,13
		Jatijajar	128,21	68,66	6,61	67,86	112,73	8,29	-60,35	44,07	1,68	203,48	188,87	-14,61
		Leuwinanggung	223,03	148,76	0,80	75,32	259,76	48,19	-147,72	111,00	47,39	372,60	383,26	10,66
		Sukamaju Baru	216,75	102,98	1,67	138,77	84,72	1,63	-77,98	-18,26	-0,04	321,39	225,11	-96,28

Tabel L.1. Distribusi Ruang Hijau, Tingkat Kerapatan Vegetasi dan Perubahannya antara Tahun 2000 dan Tahun 2011

No	Kecamatan	Kelurahan	TKrV Tahun 2000			TKrV Tahun 2011			Perubahan TKrV Tahun 2000-2011			Ruang Hijau (RH)		Perubahan RH
			Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	Rendah (ha)	Sedang (ha)	Tinggi (ha)	2000 (ha)	2011 (ha)	2000-2011 (ha)
11	Tapos	Sukatani	258,85	75,45	0,50	153,88	98,99	3,73	-104,97	23,55	3,23	334,79	256,60	-78,19
		Tapos	309,61	179,53	14,09	125,91	420,02	36,84	-183,70	240,50	22,75	503,23	582,77	79,55
Total			1.564,25	1.065,56	103,18	880,73	1.484,02	155,29	-683,52	418,46	52,11	2.732,99	2.520,04	-212,95
Kota Depok			8.630,18	7.086,76	485,12	6.656,08	6.479,18	375,58	-1.974,10	-607,58	-109,54	16.202,07	13.510,85	-2.691,22

Tabel L.2. Uji Ketelitian Klasifikasi

Citra Klasifikasi tahun 2000	Citra Referensi tahun 2000		Total Baris	UA (%)
	Bukan Vegetasi	Vegetasi		
Bukan Vegetasi	1057	1	1058	99,9
Vegetasi	65	1086	1151	94,4
Total Kolom	1122	1087	2143	
PA (%)	94,2	99,9		
OA (%)	97,012			
Kappa statistic:	0.940			
Citra Klasifikasi tahun 2011	Citra Referensi tahun 2011		Total Baris	UA (%)
	Bukan Vegetasi	Vegetasi		
Bukan Vegetasi	1076	0	1076	100,0
Vegetasi	93	1064	1157	92,0
Total Kolom	1169	1064	2140	
PA (%)	92,0	100,0		
OA (%)	95,835			
Kappa statistic:	0.917			

Tabel L.3. Sampel Lapangan, Biomassa Lapangan, dan Nilai NDVI

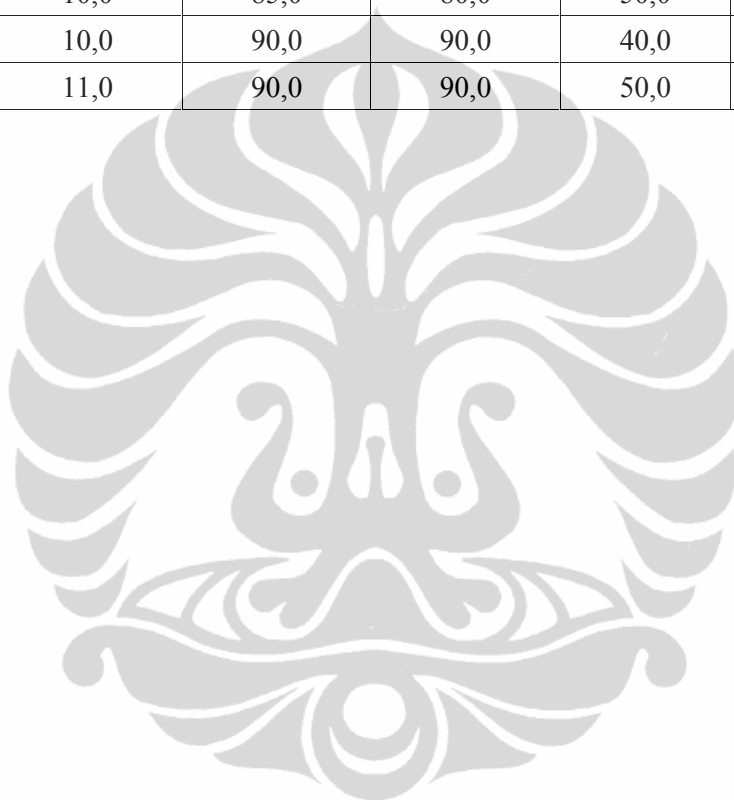
NO	NDVI	KETEBALAN TAJUK (m)	KERAPATAN TAJUK (%/m)	TUTUPAN TAJUK (%)	VEGETASI BAWAH (%)	BIOMASSA SAMPEL (kg)
1	0,05748	0,1	45,0	40,0	75,0	1,23
2	0,01145	0,1	40,0	30,0	80,0	1,27
3	0,03947	0,5	30,0	45,0	70,0	1,46
4	0,21445	1,0	50,0	45,0	60,0	2,25
5	0,08833	0,5	65,0	60,0	80,0	2,37
6	0,15731	1,0	45,0	65,0	60,0	2,66
7	0,17474	1,0	65,0	50,0	50,0	2,70
8	0,19176	1,0	55,0	60,0	50,0	2,73
9	0,14845	1,0	50,0	60,0	70,0	2,85
10	0,10578	1,0	60,0	55,0	80,0	3,18
11	0,11832	2,0	50,0	50,0	50,0	3,75
12	0,15647	2,0	65,0	40,0	55,0	3,95
13	0,18104	2,0	50,0	55,0	60,0	4,20
14	0,13894	2,0	55,0	50,0	80,0	4,50
15	0,18612	2,0	75,0	40,0	75,0	4,73
16	0,12436	3,0	50,0	40,0	90,0	4,95
17	0,21377	2,0	60,0	50,0	95,0	5,03
18	0,15799	2,0	65,0	50,0	75,0	5,03
19	0,15275	2,0	70,0	50,0	95,0	5,63
20	0,16954	3,0	50,0	55,0	45,0	5,63
21	0,08167	4,0	50,0	50,0	70,0	7,05
22	0,14327	4,0	60,0	40,0	90,0	7,11
23	0,21554	3,0	70,0	50,0	55,0	7,13
24	0,16178	3,0	70,0	50,0	80,0	7,50
25	0,12818	5,0	40,0	55,0	60,0	7,50
26	0,13657	5,0	50,0	45,0	55,0	7,58
27	0,15911	3,0	55,0	65,0	85,0	7,71
28	0,12593	3,0	60,0	60,0	85,0	7,76
29	0,22937	3,0	75,0	60,0	65,0	9,08
30	0,24584	3,0	65,0	70,0	70,0	9,24
31	0,40191	2,0	85,0	85,0	55,0	9,50
32	0,29545	4,0	70,0	50,0	75,0	9,53
33	0,19790	4,0	55,0	75,0	50,0	10,65
34	0,27801	4,0	80,0	60,0	65,0	12,50
35	0,18902	5,0	60,0	65,0	70,0	12,75

Tabel L.3. Sampel Lapangan, Biomassa Lapangan, dan Nilai NDVI

NO	NDVI	KETEBALAN TAJUK (m)	KERAPATAN TAJUK (%/m)	TUTUPAN TAJUK (%)	VEGETASI BAWAH (%)	BIOMASSA SAMPEL (kg)
36	0,29030	4,0	85,0	60,0	75,0	13,37
37	0,20169	5,0	75,0	60,0	60,0	14,40
38	0,22079	5,0	75,0	60,0	65,0	14,48
39	0,22167	5,0	70,0	65,0	80,0	14,85
40	0,14851	7,0	65,0	50,0	80,0	14,85
41	0,32727	5,0	70,0	70,0	65,0	15,68
42	0,40094	5,0	65,0	80,0	40,0	16,20
43	0,33471	5,0	65,0	80,0	80,0	16,80
44	0,32114	5,0	75,0	70,0	80,0	16,95
45	0,26649	5,0	80,0	70,0	60,0	17,70
46	0,35856	6,0	80,0	60,0	80,0	18,48
47	0,29778	5,0	85,0	70,0	65,0	18,83
48	0,41211	6,0	85,0	60,0	90,0	19,71
49	0,52741	9,0	70,0	50,0	55,0	19,73
50	0,33188	7,0	65,0	70,0	55,0	19,94
51	0,33693	6,0	75,0	75,0	55,0	21,08
52	0,37555	5,0	90,0	80,0	75,0	22,73
53	0,50913	8,0	70,0	65,0	60,0	22,74
54	0,32489	8,0	70,0	65,0	75,0	22,97
55	0,36983	6,0	90,0	70,0	70,0	23,73
56	0,44159	6,0	85,0	80,0	55,0	25,31
57	0,48992	6,0	90,0	75,0	80,0	25,50
58	0,41587	7,0	80,0	75,0	60,0	26,10
59	0,31459	7,0	75,0	80,0	60,0	26,10
60	0,39433	7,0	90,0	70,0	60,0	27,36
61	0,47931	7,0	85,0	80,0	45,0	29,24
62	0,46867	7,0	80,0	90,0	45,0	30,92
63	0,51194	9,0	80,0	75,0	45,0	33,08
64	0,50394	9,0	85,0	70,0	65,0	33,11
65	0,37356	9,0	75,0	80,0	50,0	33,15
66	0,36174	8,0	90,0	75,0	70,0	33,45
67	0,31911	8,0	80,0	85,0	65,0	33,62
68	0,38194	8,0	90,0	75,0	90,0	33,75
69	0,53921	10,0	75,0	75,0	45,0	34,43
70	0,44593	9,0	75,0	90,0	50,0	37,20

Tabel L.3. Sampel Lapangan, Biomassa Lapangan, dan Nilai NDVI

NO	NDVI	KETEBALAN TAJUK (m)	KERAPATAN TAJUK (%/m)	TUTUPAN TAJUK (%)	VEGETASI BAWAH (%)	BIOMASSA SAMPEL (kg)
71	0,55127	8,0	90,0	85,0	60,0	37,62
72	0,51672	8,0	90,0	85,0	75,0	37,85
73	0,48456	10,0	90,0	70,0	55,0	38,63
74	0,32462	10,0	80,0	80,0	80,0	39,60
75	0,56731	9,0	90,0	80,0	50,0	39,63
76	0,52268	10,0	85,0	80,0	50,0	41,55
77	0,58412	10,0	90,0	90,0	40,0	49,20
78	0,53155	11,0	90,0	90,0	50,0	54,21



Tabel L.4. Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

No	Kecamatan	Kelurahan	Biomassa vs TkrV tahun 2000			Biomassa vs TkrV tahun 2011		
			TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)	TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)
1	Beji	Beji	19923	9526	546	10491	4936	
		Beji Timur	13447	6511	79	8651	1707	
		Kemirimuka	19857	14462	706	11838	6725	
		Kukusan	43108	67142	1851	35460	40607	1631
		Pondok Cina	40029	54560	5331	32736	37876	1398
		Tanah Baru	46893	62031	2588	41049	31626	463
Total			183257	214232	11101	140225	123477	3492
2	Bojongsari	Bojongsari	25382	41109	1010	23392	36063	5484
		Bojongsari Baru	27918	34260	2024	22132	36475	1734
		Curug	57282	74448	4130	43851	83186	8215
		Duren Mekar	27300	30108	1456	26035	26911	302
		Duren Seribu	36801	56449	1321	38148	56140	805
		Pondokpetir	36975	48721	1400	31459	51417	4201
		Serua	46497	47065	1317	39733	36541	1157
Total			258155	332160	12658	224750	326733	21898
3	Cilodong	Cilodong	27637	39502	5189	26689	30691	1275
		Jatimulya	30768	76806	10171	36768	63821	6823
		Kalibaru	30968	79319	8960	39597	48933	3587
		Kalimulya	19053	81753	20392	30297	63775	7136
		Sukamaju	56185	35381	1668	34476	21357	575
Total			164611	312761	46380	167827	228577	19396

Tabel L.4. Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

No	Kecamatan	Kelurahan	Biomassa vs TkrV tahun 2000			Biomassa vs TkrV tahun 2011		
			TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)	TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)
4	Cimanggis	Cisalak Pasar	23746	8513	272	17139	8756	382
		Curug	20601	7654	510	12549	7517	197
		Harjamukti	90296	55919	1230	70101	71335	2831
		Mekarsari	48305	23316	428	32235	16743	192
		Pasirgunung Selatan	38863	14937	117	24825	11128	153
		Tugu	58077	37484	1469	33453	16337	80
Total			279888	147823	4026	190302	131816	3835
5	Cinere	Cinere	46896	14456	316	33477	20014	228
		Gandul	40396	28797	539	28537	23084	539
		Pangkalanjati	35345	23730	764	24063	21349	1809
		Pangkalanjati Baru	24218	23799	381	18585	13378	270
Total			146855	90782	2000	104662	77825	2846
6	Cipayung	Bojong Pondok Terong	26433	45374	1235	24006	22821	310
		Cipayung	19439	55716	3196	27863	34616	657
		Cipayung Jaya	29346	47665	765	25969	44002	766
		Pondok Jaya	17586	41351	6553	20917	19983	2429
		Ratu Jaya	35012	69485	6816	32788	41644	1801
Total			127816	259591	18565	131543	163066	5963

Tabel L.4. Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

No	Kecamatan	Kelurahan	Biomassa vs TkrV tahun 2000			Biomassa vs TkrV tahun 2011		
			TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)	TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)
7	Limo	Grogol	54595	55539	606	48364	50931	1099
		Krukut	26115	30537	1283	27336	28482	192
		Limo	67594	37392	508	53305	51010	1227
		Meruyung	33606	25349	272	29959	21845	392
Total			181910	148817	2669	158964	152268	2910
8	Pancoran Mas	Depok	43420	40869	5940	30728	25005	804
		Depokjaya	5531	2200	38	3452	1020	
		Mampang	33466	27036	152	26793	19972	159
		Pancoran Mas	44559	43687	4123	29116	27289	1880
		Rangkapanjaya	54444	61171	1719	43888	47658	1014
		Rangkapanjaya Baru	54017	65116	1518	47168	51531	687
Total			235437	240079	13490	181145	172475	4544
9	Sawangan	Bedahan	48975	146613	11284	51340	144720	9747
		Cinangka	51982	54177	1329	43301	66793	1737
		Kedaung	30446	30693	1432	20470	34178	3206
		Pasir Putih	38720	120480	8280	36046	121562	6421
		Pengasinan	47550	80643	2629	46394	77385	3671
		Sawangan	37663	55771	1687	30906	61677	9641
		Sawangan Baru	36571	52701	938	34978	50577	2245
Total			291907	541078	27579	263435	556892	36668

Tabel L.4. Kandungan Biomassa Berdasarkan Tingkat Kerapatan Vegetasi (TKrV)

No	Kecamatan	Kelurahan	Biomassa vs TkrV tahun 2000			Biomassa vs TkrV tahun 2011		
			TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)	TKrV Rendah (kg)	TkrV Sedang (kg)	TKrV Tinggi (kg)
10	Sukmajaya	Abadijaya	20986	5612	38	8223	2203	
		Baktijaya	23356	12433	305	12075	9564	191
		Cisalak	31258	22612	697	20760	38898	456
		Mekarjaya	26906	17672	1172	16014	9034	536
		Sukmajaya	34895	55775	11543	30336	37057	1982
		Tirtajaya	25692	59676	15054	33122	45524	2683
		Total		163093	173780	28809	120530	142280
11	Tapos	Cilangkap	86513	96652	6008	61739	112046	7748
		Cimpaeun	43380	103297	29394	39079	97552	19236
		Jatijajar	39662	30171	3310	24694	49228	4121
		Leuwinanggung	64779	57135	539	26738	104086	20143
		Sukamaju Baru	63951	39018	941	43516	35146	1005
		Sukatani	73089	30008	307	46802	41792	1940
		Tapos	85733	73323	7298	41611	165937	19073
Total		457107	429604	47797	284179	605787	73266	
Biomassa vs TkrV Kota Depok			2481801	2882473	206839	1961495	2675129	174599

Tabel L.5. Kemampuan Ruang Hijau Menyerap CO₂ menurut Kelurahan

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	CO ₂ 2000 (kg)	Keterangan	CO ₂ 2011 (kg)	Keterangan	Perubahan daya serap CO ₂ tahun 2000-2011 (kg)
1	Beji	Beji	43985	Sangat Rendah	22653	Sangat Rendah	-21.332
		Beji Timur	29422	Sangat Rendah	15184	Sangat Rendah	-14.238
		Kemirimuka	51187	Sangat Rendah	27175	Sangat Rendah	-24.012
		Kukusan	164033	Sedang	114140	Rendah	-49.893
		Pondok Cina	146423	Sedang	105563	Rendah	-40.860
		Tanah Baru	163046	Sedang	107439	Rendah	-55.607
Total			598096		392154		-205.942
2	Bojongsari	Bojongsari	98634	Rendah	94967	Rendah	-3.667
		Bojongsari Baru	93995	Rendah	88384	Rendah	-5.611
		Curug	198606	Sedang	198293	Sedang	-313
		Duren Mekar	86301	Rendah	78110	Rendah	-8.191
		Duren Seribu	138164	Sedang	139070	Sedang	906
		Pondokpetir	127637	Rendah	127373	Rendah	-264
		Serua	138963	Sedang	113325	Rendah	-25.638
Total			882300		839522		-42.778

Tabel L.5. Kemampuan Ruang Hijau Menyerap CO₂ menurut Kelurahan

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	CO ₂ 2000 (kg)	Keterangan	CO ₂ 2011 (kg)	Keterangan	Perubahan daya serap CO ₂ tahun 2000-2011 (kg)
3	Cilodong	Cilodong	105771	Rendah	85788	Rendah	-19.983
		Jatimulya	172476	Sedang	157662	Sedang	-14.814
		Kalibaru	174696	Sedang	135035	Rendah	-39.661
		Kalimulya	177515	Sedang	148030	Sedang	-29.485
		Sukamaju	136637	Rendah	82858	Rendah	-53.779
Total			767095		609373		-157.722
4	Cimanggis	Cisalak Pasar	47576	Sangat Rendah	38482	Sangat Rendah	-9.094
		Curug	42162	Sangat Rendah	29749	Sangat Rendah	-12.413
		Harjamukti	215694	Tinggi	211622	Tinggi	-4.072
		Mekarsari	105323	Rendah	72197	Sangat Rendah	-33.126
		Pasirgunung Selatan	79202	Rendah	52996	Sangat Rendah	-26.206
		Tugu	142352	Sedang	73347	Sangat Rendah	-69.005
Total			632309		478393		-153.916
5	Cinere	Cinere	90549	Rendah	78773	Rendah	-11.776
		Gandul	102110	Rendah	76617	Rendah	-25.493
		Pangkalanjati	87749	Rendah	69134	Sangat Rendah	-18.615
		Pangkalanjati Baru	70967	Sangat Rendah	47325	Sangat Rendah	-23.642
Total			351375		271849		-79.526

Tabel L.5. Kemampuan Ruang Hijau Menyerap CO₂ menurut Kelurahan

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	CO ₂ 2000 (kg)	Keterangan	CO ₂ 2011 (kg)	Keterangan	Perubahan daya serap CO ₂ tahun 2000-2011 (kg)
6	Cipayung	Bojong Pondok Terong	107110	Rendah	69202	Sangat Rendah	-37.908
		Cipayung	114862	Rendah	92673	Rendah	-22.189
		Cipayung Jaya	114001	Rendah	103690	Rendah	-10.311
		Pondok Jaya	95910	Rendah	63206	Sangat Rendah	-32.704
		Ratu Jaya	163208	Sedang	111499	Rendah	-51.709
Total			595091		440270		-154.821
7	Limo	Grogol	161829	Sedang	147338	Sedang	-14.491
		Krukut	84544	Rendah	82265	Rendah	-2.279
		Limo	154485	Sedang	154728	Sedang	243
		Meruyung	86329	Rendah	76542	Rendah	-9.787
Total			487187		460873		-26.314
8	Pancoran Mas	Depok	132417	Rendah	82987	Rendah	-49.430
		Depokjaya	11389	Sangat Rendah	6539	Sangat Rendah	-4.850
		Mampang	88990	Rendah	68806	Sangat Rendah	-20.184
		Pancoran Mas	135402	Rendah	85420	Rendah	-49.982
		Rangkapanjaya	171909	Sedang	135834	Rendah	-36.075
		Rangkapanjaya Baru	176594	Sedang	145768	Sedang	-30.826
Total			716701		525354		-191.347

Tabel L.5. Kemampuan Ruang Hijau Menyerap CO₂ menurut Kelurahan

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	CO ₂ 2000 (kg)	Keterangan	CO ₂ 2011 (kg)	Keterangan	Perubahan daya serap CO ₂ tahun 2000-2011 (kg)
9	Sawangan	Bedahan	303357	Sangat Tinggi	301396	Sangat Tinggi	-1.961
		Cinangka	156897	Sedang	163640	Sedang	6.743
		Kedaung	91553	Rendah	84535	Rendah	-7.018
		Pasir Putih	245486	Tinggi	239916	Tinggi	-5.570
		Pengasinan	191348	Sedang	186685	Sedang	-4.663
		Sawangan	139032	Sedang	149126	Sedang	10.094
		Sawangan Baru	132082	Rendah	128603	Rendah	-3.479
	Total		1259755		1253901		-5.854
10	Sukmajaya	Abadijaya	39066	Sangat Rendah	15334	Sangat Rendah	-23.732
		Baktijaya	52953	Sangat Rendah	32018	Sangat Rendah	-20.935
		Cisalak	79604	Rendah	88052	Rendah	8.448
		Mekarjaya	67047	Sangat Rendah	37422	Sangat Rendah	-29.625
		Sukmajaya	149874	Sedang	101487	Rendah	-48.387
		Tirtajaya	147194	Sedang	118985	Rendah	-28.209
			Total		535738		393298

Tabel L.5. Kemampuan Ruang Hijau Menyerap CO₂ menurut Kelurahan

NO	KECAMATAN	KELURAHAN	CO ₂ 2000 (kg)	Keterangan	CO ₂ 2011 (kg)	Keterangan	Perubahan daya serap CO ₂ tahun 2000-2011 (kg)
11	Tapos	Cilangkap	276854	Sangat Tinggi	266383	Sangat Tinggi	-10.471
		Cimpaeun	257480	Tinggi	228061	Tinggi	-29.419
		Jatijajar	107255	Rendah	114390	Rendah	7.135
		Leuwinanggung	179278	Sedang	221201	Tinggi	41.923
		Sukamaju Baru	151874	Sedang	116819	Rendah	-35.055
		Sukatani	151223	Sedang	132799	Rendah	-18.424
		Tapos	243466	Tinggi	331756	Sangat Tinggi	88.290
	Total		1367430		1411409		43.979
	Kota Depok		8.193.077		7.076.396		-1.116.681